

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO  
MESTRADO EM DINÂMICAS DO ESPAÇO HABITADO- DEHA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**SUSTENTABILIDADE ENERGÉTICA NO PROGRAMA DE  
HABITAÇÃO VENEZUELANO GMVV: SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS  
NO RESIDENCIAL CIUDAD TIUNA, CARACAS-VE**

ORIANA YENAHÍ ANDRADE SERRANO

Maceió, 2022.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO  
MESTRADO EM DINÂMICAS DO ESPAÇO HABITADO- DEHA

ORIANA YENAHÍ ANDRADE SERRANO

**SUSTENTABILIDADE ENERGÉTICA NO PROGRAMA DE  
HABITAÇÃO VENEZUELANO GMVV: SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS  
NO RESIDENCIAL CIUDAD TIUNA, CARACAS-VE**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas como requisito final para obtenção do grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Márcio Toledo

Maceió, 2022.

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**  
**Divisão de Tratamento Técnico**

Bibliotecária: Taciana Sousa dos Santos – CRB-4 – 2062

S487s Serrano, Oriana Yenahi Andrade.  
Sustentabilidade energética no programa de habitação venezuelano  
GMVV: simulação de cenários no Residencial Ciudad Tiuna, Caracas-VE /  
Oriana Yenahi Andrade Serrano. – 2022.  
181 f. : il. color.

Orientador: Alexandre Márcio Toledo.  
Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade  
Federal de Alagoas. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Programa de  
Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Maceió, 2022.

Bibliografia: f. 137-143.

Apêndices: f. 144-160.

Anexos: f. 161-181.

1. Sustentabilidade energética. 2. Programa habitacional - Caracas  
(Venezuela). 3. Simulação termoenergética. I. Título.

CDU: 728.2: 620.92 (87)

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Organização dos Estados Americanos que por meio do Programa de Bolsas PAEC OEA-GCUB Brasil 2019 possibilitou a realização deste trabalho, e a todo aquele que compartilhou no caminho um café, uma boa conversa, um sorriso, e no tempo do Covid 19 uma videochamada.

Podem se sentir parte desta conquista.

## RESUMO

O ideal de progresso da era industrial, baseado na infinidade de recursos, refletiu-se com maior força no setor da construção, do que a ideia da sustentabilidade. No entanto, na atualidade, com o aquecimento global, produzido em grande parte pelo uso indiscriminado de energia, essa visão tem perdido validade, abrindo espaço a outras formas energeticamente mais sustentáveis de abordar a prática construtiva, como a Arquitetura Bioclimática, os Edifícios de Energia Zero e a Arquitetura Regenerativa. Assim, a presente dissertação de mestrado em arquitetura e urbanismo objetiva avaliar o impacto da incorporação de estratégias e parâmetros de desenho pertinentes à sustentabilidade energética no mais recente Programa Habitacional Venezuelano, a GMVV. A pesquisa com foco na observação do desempenho energético, utiliza o procedimento de simulação computacional sobre uma situação tipo do Programa, para a avaliação comparativa de três cenários de desempenho: o Cenário Base com as características de desempenho originais do caso modelo; o Cenário Modificado 1, com a incorporação de estratégias bioclimáticas e de eficiência de equipamentos para a otimização do consumo; e, o Cenário Modificado 2 com a incorporação de 396 módulos fotovoltaicos na cobertura e  $\frac{1}{4}$  da energia dos 1992 módulos instalados no estacionamento para a redução das emissões de CO<sub>2</sub>. Utilizou-se como Caso Modelo o Edifício Tipo C do Residencial *Ciudad Tiuna* em Caracas-Venezuela, o software *Climate Consultant 6*® de apoio na definição das diretrizes de modificação e o *Ecodesigner* do *Graphisoft Archicad 23*® para a simulação termoenergética. De acordo aos resultados obtidos, o Cenário Base associa-se a um consumo de energia de 132,39 kWh/m<sup>2</sup>a, uma emissão de CO<sub>2</sub> de 14,42 kg/m<sup>2</sup>a, e a limitação de 7.649 h/a (87% das horas do ano) de desconforto por calor). Sendo o ganho solar (44,7%) e a iluminação e equipamentos (41,03%) as principais fontes de ganho energético na edificação. Por sua parte o Cenário Modificado 1, mostrou uma redução de: -33% do consumo energético global obtido no Cenário Base, com a maior percentagem de redução para o uso de equipamentos e iluminação; -52,2% das horas com necessidade de refrigeração; e, 6,1% das emissões de CO<sub>2</sub>. Já no Cenário Modificado 2, a porcentagem de redução das emissões de carbono alcançou -20,5% em comparação às emissões do Cenário Base. A sustentabilidade energética na GMVV passa assim pela incorporação de: práticas bioclimáticas que permitam aproveitar os fluxos naturais de energia no local, minimizando o ganho de calor solar e permitindo que as correntes de ar naturais resfriem os espaços internos e eliminem o excesso de umidade; um perfil de consumo mais eficiente que procure o uso de ventiladores para favorecer as perdas de calor, uso de luminárias LED, diminuição de uso de secadora de roupa com garantia de espaços para a secagem natural, e preferência pelos equipamentos mais eficientes, a gás quando possível, e sempre que acompanhados com sistemas alternativos de geração de energia (fotovoltaica no caso da Caracas) e parcelas de vegetação com folhagem para favorecer a diminuição do impacto dos gases de efeito estufa gerados no funcionamento das edificações.

**Palavras Chaves:** Sustentabilidade energética, *Gran Misión Vivienda Venezuela*, *Ecodesigner*, Desempenho energético residencial.

## ABSTRACT

The ideal of industrial age progress based on the infinity of resources was reflected more strongly in the construction sector than the idea of sustainability. However, in the current situation of global warming, largely produced by the indiscriminate use of energy, this vision has lost validity, opening the way to other methods of approaching constructive practice, pointing out the Bioclimatic Architecture, the Zero Energy Buildings, and the Regenerative Architecture. Thus, the present master's thesis in architecture and urbanism aims to test strategies and project parameters relevant to the energy sustainability of the most recent Venezuelan Housing Program, the "*Gran Misión Vivienda Venezuela (GMVV)*". The research focused on the observation of energy performance, and uses the computational simulation procedure on a typical situation of the Program, for the comparative evaluation of three performance scenarios: the Base Scenario with the original performance characteristics of the model case; the Modified Scenario 1, with the incorporation of bioclimatic strategies and equipment efficiency for the scope of consumption optimization; and the Modified Scenario 2 with the incorporation of 396 photovoltaic modules on the roof and ¼ of the energy of the 1992 modules installed in the parking lot to improve the reduction of CO<sub>2</sub> emissions. The Type C Building of the Residencial *Ciudad Tiuna* in Caracas-Venezuela was used as a Model Case, as support software in the definition of the modification guidelines, the Climate Consultant 6®, and the Ecodesigner of Graphisoft Archicad 23® for thermos energetic simulation. According to the results obtained, the Base Scenario is associated with an energy consumption of 132.39 kWh/m<sup>2</sup>a, CO<sub>2</sub> emission of 14.42 kg/m<sup>2</sup>a, and the performance limitation of 7,649 h/a (87% of the hours of the year) for heat discomfort. Solar gain (44.7%) and lighting and equipment consumption (41.03%) are the main sources of energy gain in the building. On the other hand, Modified Scenario 1 showed a reduction of -33% of the global energy consumption obtained in the Base Scenario, with the highest percentage of reduction in the energy needed for the use of equipment and lighting; -52.2% of hours requiring refrigeration; and 6.1% of CO<sub>2</sub> emissions. In Modified Scenario 2, the percentage of reduction in carbon emissions reached -20.5% compared to the Base Scenario emissions. Energy sustainability at GMVV thus involves the incorporation of bioclimatic practices that make it possible to take advantage of the natural flows of energy in the place, minimizing solar heat gain and allowing natural air currents to cool internal spaces and eliminate excess humidity; a more efficient consumption profile that favors the use of fans to promote heat loss, use LED lighting, reduction in the use of clothes dryers by guaranteeing spaces for natural drying, and preference for the most efficient equipment, gas when possible, and whenever accompanied by alternative energy generation systems (photovoltaic in the case of Caracas) and plots of vegetation with foliage to favor the reduction of the impact of greenhouse gases generated in the functioning of buildings.

**Keywords:** Energy sustainability, Gran Misión Vivienda Venezuela, Ecodesigner, Residential Energy Performance.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Cronologia dos principais acontecimentos político-econômicos na Venezuela e as habitações construídas por ano pelo setor público .....	18
<b>Figura 2.</b> Potencial teórico de energias renováveis na Venezuela.....	32
<b>Figura 3.</b> Comparação da evolução do consumo elétrico per-capita no mundo, centro e Sul América e Venezuela.....	34
<b>Figura 4.</b> Comparação da cronologia de acontecimentos político-econômicos relevantes, habitações construídas pelo setor público e o comportamento do setor elétrico na Venezuela.....	35
<b>Figura 5.</b> Trajetória do design ambientalmente responsável.....	44
<b>Figura 6.</b> Princípios de desenho dos NZEB.....	48
<b>Figura 7.</b> Projeto Edifício Jardín Hospedero e Nectarífero em Calí-Colombia da Husos Architecture.....	51
<b>Figura 8.</b> Formas de Integração da energia solar ao projeto arquitetônico.....	60
<b>Figura 9.</b> Clima de Caracas-VE.....	69
<b>Figura 10.</b> A) Mapa da Cidade Metropolitana de Caracas. B) Localização do Residencial Ciudad Tiuna na Cidade Metropolitana de Caracas .....	71
<b>Figura 11.</b> Localização do caso modelo dentro do Residencial Ciudad Tiuna .....	72
<b>Figura 12.</b> Maquete 3d do Caso Modelo .....	73
<b>Figura 13.</b> Detalhamento das janelas e fachada principal do Caso Modelo.....	74
<b>Figura 14.</b> Blocos térmicos trabalhados na simulação.....	82
<b>Figura 15.</b> Definição espacial do Cenário Modificado 1.....	87
<b>Figura 16.</b> Disposição dos módulos fotovoltaicos no Cenário Modificado 2 .....	89
<b>Figura 17.</b> Resultado de Balanço Energético do Modelo Base (MD) .....	94
<b>Figura 18.</b> Resultados do perfil de temperatura diária do Modelo Base nos dias 21 de março/junho/setembro/dezembro .....	95
<b>Figura 19.</b> Resultados de Consumo por Objetivos do Modelo Base (MB).....	98
<b>Figura 20.</b> Carta Psicrométrica da Cidade Metropolitana de Caracas.....	101
<b>Figura 21.</b> Avaliação da correspondência entre as práticas bioclimáticas sugeridas pelo Climate Consultant 6® para Caracas, e a realidade do Caso Modelo. ....	102
<b>Figura 22.</b> Interação da ventilação e iluminação de Caracas com o Caso Modelo .....	103
<b>Figura 23.</b> Resultados de Balanço Energético do Modelo Modificado 1 .....	106
<b>Figura 24.</b> Resultados do perfil de temperatura diária do Cenário Modificado 1 nos dias 21 de março/junho/setembro/dezembro .....	109
<b>Figura 25.</b> Interação da ventilação e iluminação de Caracas com o Cenário Modificado 1 .....	111
<b>Figura 26.</b> Resultados de Consumo por objetivos e fontes de energia do Cenário Modificado 1.....	113
<b>Figura 27.</b> Resultado do Percurso do sol sobre as superfícies horizontais as 9:30 e 15.30 h nos solstícios de Verão e Inverno.....	116
<b>Figura 28.</b> Resultados de consumo de energia por objetivos no Cenário Modificado 2 .....	121
<b>Figura 29.</b> Comparação de desempenho bioclimático dos CB e CM1 de acordo com as estratégias proposta no Climate Consultant para o local .....	128

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1.</b> Panorama referencial dos hábitos de consumo por equipamento de uma família de classe média venezuelana atual.....	37
<b>Quadro 2.</b> Alcances da arquitetura energeticamente sustentável.....	52
<b>Quadro 3.</b> Parâmetros de avaliação da pesquisa de acordo com as características da arquitetura energeticamente sustentável.....	86
<b>Quadro 4.</b> Comparação do desempenho energético dos blocos térmicos do Modelo Base .....	97
<b>Quadro 5.</b> Comparação dos valores médios dos blocos térmicos agrupado de acordo a sua orientação no Cenário Base.....	97
<b>Quadro 6.</b> Comparação do desempenho energético dos blocos térmicos do Cenário Modificado 1 .....	109
<b>Quadro 7.</b> Comparação dos valores médios dos blocos térmicos agrupados de acordo a orientação no cenário Modificado 1.....	112
<b>Quadro 8.</b> Análise de sombreamento no Caso Modelo .....	115
<b>Quadro 9.</b> Irradiação solar média anual sobre superfície inclinada a 10,6º em Caracas.....	117
<b>Quadro 10.</b> Comparação dos resultados de desempenho dos blocos térmicos no CB e CM1 .....	126

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> <i>Dados de entrada no procedimento de simulação da NBR 15.575 (2021)</i> .....	55
<b>Tabela 2.</b> <i>Dados de saída no procedimento de simulação da NBR 15.575 (2021)</i> .....	56
<b>Tabela 3.</b> <i>Possibilidades de consumo por equipamento do Caso Modelo</i> .....	76
<b>Tabela 4.</b> <i>Parâmetros de análise do Software Climate Consultant ®</i> .....	78
<b>Tabela 5.</b> <i>Dados de configuração do entorno de simulação</i> .....	83
<b>Tabela 6.</b> <i>Dados de configuração do Perfil de Operação para simulação do Cenário Base</i> .....	84
<b>Tabela 7.</b> <i>Distribuição dos módulos fotovoltaicos no Cenário Modificado 2</i> .....	90
<b>Tabela 8.</b> <i>Potencial y geração fotovoltaica instalada no Caso Modelo</i> .....	119
<b>Tabela 9.</b> <i>Ajuste da geração fotovoltaica à realidade de sombreamento do Caso Modelo</i> .....	119
<b>Tabela 10.</b> <i>Contribuição da geração fotovoltaica na redução de consumo elétrico no Caso Modelo</i> .....	120
<b>Tabela 11.</b> <i>Comparativa de resultados base do CB e o CM1</i> .....	122
<b>Tabela 12.</b> <i>Comparativa dos ganhos no balanço energético do CB e o CM1</i> .....	124
<b>Tabela 13.</b> <i>Comparação de resultados de emissão de CO<sub>2</sub> dos três cenários de simulação</i> .....	129

# SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
<b>CONTEXTO</b> .....	<b>15</b>
<b>PROBLEMA DE PESQUISA</b> .....	<b>19</b>
<b>OBJETIVO GERAL</b> .....	<b>24</b>
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	<b>24</b>
<b>JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>24</b>
<b>ESTRUTURA DO TRABALHO</b> .....	<b>26</b>
<b>CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>28</b>
<b>1.1 A GRAN MISIÓN VIVIENDA VENEZUELA (GMVV)</b> .....	<b>28</b>
1.1.1 DIRETRIZES DO PROGRAMA GMVV.....	28
1.1.1.1 Aspectos Urbano-Arquitetônicos .....	28
1.1.1.2 Aspectos Energéticos.....	29
1.1.2 PRÁTICA ENERGÉTICA NA GMVV.....	32
1.1.2.1 Panorama Local de Geração de Energia .....	32
1.1.2.2 Panorama Local de Consumo de Energia .....	33
1.1.2.3 Hábitos de Consumo no Setor Residencial.....	36
<b>1.2 A SUSTENTABILIDADE ENERGÉTICA NA ARQUITETURA</b> .....	<b>38</b>
1.2.1 CONCEITUAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE .....	38
1.2.2 PRÁTICAS DE SUSTENTABILIDADE ENERGÉTICA NA ARQUITETURA.....	42
1.2.2.1 Arquitetura Bioclimática.....	45
1.2.2.2 Edifícios de Energia Zero (ZEB).....	46
1.2.2.3 Arquitetura Regenerativa.....	49
<b>1.3 A AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ENERGÉTICO SUSTENTÁVEL (DES)</b> .....	<b>52</b>
1.3.1 AVALIAÇÃO DA OTIMIZAÇÃO DO CONSUMO ENERGÉTICO .....	53
1.3.2 AVALIAÇÃO DO BALANÇO DO DESEQUILÍBRIO AMBIENTAL.....	57
1.3.3 TECNOLOGIAS DE AVALIAÇÃO .....	62
1.3.3.1 Ferramentas de Referência.....	62
1.3.3.2 Ferramentas de Simulação.....	63
<b>1.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO 1</b> .....	<b>65</b>
<b>CAPÍTULO 2: PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	<b>68</b>

<b>2.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....</b>	<b>68</b>
<b>2.2 CARACTERIZAÇÃO DO CASO MODELO .....</b>	<b>68</b>
2.2.1 LOCALIZAÇÃO .....	69
2.2.1.1 Condicionantes Físicas.....	69
2.2.1.2 Condicionantes Sociais .....	70
2.2.2 CRITÉRIOS URBANO-ARQUITETÔNICOS .....	72
2.2.3 MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO .....	74
2.2.4 EQUIPAMENTOS E HÁBITOS DE CONSUMO ENERGÉTICO.....	74
<b>2.3 SOFTWARES UTILIZADOS.....</b>	<b>76</b>
2.3.1 CLIMATE CONSULTANT® .....	76
2.3.1.1 Critérios de Escolha .....	76
2.3.1.2 Caracterização e Funcionamento do Software.....	77
2.3.2 ECODESIGNER DO GRAPHISOFT ARCHICAD 23®.....	78
2.3.2.1 Critérios de Escolha .....	79
2.3.2.2 Caracterização e Funcionamento do Software.....	79
<b>2.4 METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO .....</b>	<b>81</b>
2.4.1 ETAPA 1: SIMULAÇÃO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DO CENÁRIO BASE .....	81
2.4.2 ETAPA 2: DEFINIÇÃO DAS DIRETRIZES DE MODIFICAÇÃO .....	85
2.4.3 ETAPA 3: SIMULAÇÃO DE DESEMPENHO DOS CENÁRIOS MODIFICADOS.....	86
2.4.3.1 Cenário Modificado 1 (CM1) .....	87
2.4.3.2 Cenário Modificado 2 (CM2) .....	88
2.4.4 ETAPA 4: ANÁLISE COMPARATIVA DE RESULTADOS.....	91
<b>2.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO 2 .....</b>	<b>91</b>
<b><u>CAPÍTULO 3: RESULTADOS DE DESEMPENHO ENERGÉTICO .....</u></b>	<b><u>93</u></b>
<b>3.1 RESULTADOS DE SIMULAÇÃO DO CENÁRIO BASE (CB) .....</b>	<b>93</b>
<b>3.2 DIRETRIZES DE MODIFICAÇÃO PARA A OTIMIZAÇÃO DO CONSUMO .....</b>	<b>99</b>
3.2.1 ANÁLISE DAS ESTRATÉGIAS DE DESIGN BIOCLIMÁTICO PARA CARACAS.....	99
3.2.2 ANÁLISE DA REALIDADE BIOCLIMÁTICA DO CASO MODELO .....	101
3.2.3 ALTERAÇÕES INCORPORADAS AO CENÁRIO MODIFICADO 1 (CM1) .....	104
<b>3.3 RESULTADOS DO CENÁRIO MODIFICADO 1 (CM1) .....</b>	<b>105</b>
<b>3.4 DIRETRIZES DE MODIFICAÇÃO PARA O EQUILÍBRIO AMBIENTAL.....</b>	<b>113</b>
3.4.1 ANÁLISE DE SOMBREAMENTO DO CASO MODELO .....	113
3.4.2 ANÁLISE DE IRRADIAÇÃO SOLAR EM CARACAS.....	116
3.4.3 ALTERAÇÕES INCORPORADAS AO CENÁRIO MODIFICADO 2 (CM2) .....	118

<b>3.5 RESULTADOS DO CENÁRIO MODIFICADO 2 (CM2)</b> .....	<b>120</b>
<b>3.6 ANÁLISE COMPARATIVA DOS RESULTADOS</b> .....	<b>122</b>
3.6.1 OTIMIZAÇÃO DO CONSUMO.....	122
3.6.2 BALANÇO ENERGÉTICO.....	129
<b>3.7 CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO 3</b> .....	<b>131</b>
<b><u>CONCLUSÕES</u></b> .....	<b><u>132</u></b>
<b>OTIMIZAÇÃO DO CONSUMO ENERGÉTICO</b> .....	<b>133</b>
<b>EQUILIBRIO ENERGÉTICO</b> .....	<b>134</b>
<b>ALCANÇE DO SOFTWARE ARCHICAD ECODESIGNER</b> .....	<b>135</b>
<b>LIMITAÇÕES DA PESQUISA</b> .....	<b>137</b>
<b>SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS</b> .....	<b>137</b>
<b><u>REFERÊNCIAS</u></b> .....	<b><u>139</u></b>
<b><u>APÊNDICES</u></b> .....	<b><u>146</u></b>
<b>APÊNDICE A: PARÂMETROS DE ANÁLISE DO ECODESIGNER ARCHICAD 23 ®</b> .....	<b>146</b>
<b>APÊNDICE B: ESTUDO DE SOMBREAMENTO EM COBERTA</b> .....	<b>147</b>
<b>APÊNDICE C: ESTUDO DE SOMBREAMENTO EM FACHADA SUDOESTE</b> .....	<b>151</b>
<b>APÊNDICE D: ESTUDO DE SOMBREAMENTO EM FACHADA NORDESTE</b> .....	<b>154</b>
<b>APÊNDICE E: DETALHAMENTO DOS DADOS CONSIDERADOS PELO SOFTWARE PARA A ANÁLISE ENERGÉTICA (BLOCO H-NE-LE-01)</b> .....	<b>155</b>
<b>APÊNDICE F: DETALHAMENTO DOS DADOS CONSIDERADOS PELO SOFTWARE PARA A ANÁLISE ENERGÉTICA (BLOCO H-NE-CE-02)</b> .....	<b>156</b>
<b>APÊNDICE G: DETALHAMENTO DOS DADOS CONSIDERADOS PELO SOFTWARE PARA A ANÁLISE ENERGÉTICA (BLOCO H-NE-CD-03)</b> .....	<b>157</b>
<b>APÊNDICE H: DETALHAMENTO DOS DADOS CONSIDERADOS PELO SOFTWARE PARA A ANÁLISE ENERGÉTICA (BLOCO H-NE-LD-04)</b> .....	<b>158</b>
<b>APÊNDICE I: DETALHAMENTO DOS DADOS CONSIDERADOS PELO SOFTWARE PARA A ANÁLISE ENERGÉTICA (BLOCO H-SO-LE-05)</b> .....	<b>159</b>
<b>APÊNDICE J: DETALHAMENTO DOS DADOS CONSIDERADOS PELO SOFTWARE PARA A ANÁLISE ENERGÉTICA (BLOCO H-SO-CE-06)</b> .....	<b>160</b>
<b>APÊNDICE K: DETALHAMENTO DOS DADOS CONSIDERADOS PELO SOFTWARE PARA A ANÁLISE ENERGÉTICA (BLOCO H-SO-CD-07)</b> .....	<b>161</b>

<b>APÊNDICE L: DETALHAMENTO DOS DADOS CONSIDERADOS PELO SOFTWARE PARA A ANÁLISE ENERGÉTICA (BLOCO H-SO-LD-08)</b> .....	<b>162</b>
<b><u>ANEXOS</u></b> .....	<b><u>163</u></b>
<b>ANEXO 1: RESULTADOS DO CENÁRIO BASE</b> .....	<b>163</b>
<b>ANEXO 2: RESULTADOS CENÁRIO MODIFICADO 1</b> .....	<b>172</b>
<b>ANEXO 3: RESULTADOS CENÁRIO MODIFICADO 2</b> .....	<b>181</b>

## INTRODUÇÃO

---

Para a arquitetura, a forma não é o mais importante,  
sua principal missão é resolver fatos humanos.

Carlos Raul Villanueva<sup>1</sup>

### CONTEXTO

O acesso à moradia é um problema antigo na Venezuela (GUERRA, 2017), a história contemporânea do país está carregada de variados projetos estaduais de habitação social, entre eles: o Banco Obrero (1928); o Plano Cerro Piloto (1954); o Impulso a Cidades Satélites (1983-2000); e o Plano de Habilidade Física de Bairros (1999-2005), os quais apesar de terem obtido melhoras de habitabilidade para seus beneficiários, não conseguiram resolver a amplitude da problemática contemporânea (SILVA, 2015). Assim, o déficit de moradia continuou a crescer, e para o ano 2011 quando foi lançado pelo Estado venezuelano o Programa Nacional da *Gran Misión Vivienda Venezuela (GMVV)* a demanda já alcançava as 3.742.226 de famílias em todo o país (MINVIH, 2015) de uma população total, estimada em 2022 em 29.479.455 pessoas.

A GMVV é um programa governamental de habitação desenvolvido a partir do ano 2011 como parte de um conjunto de políticas públicas denominadas “*Misiones*” que foram adotadas pelo Estado Venezuelano, no governo de Hugo Chávez, para atender de forma mais expedita vários setores e temas sociais: educação, saúde, produtividade, alimentação, habitat entre outros.

As “*Misiones*” são segundo a Lei Orgânica de Missões, Grandes Missões e Micro Missões (2014) uma política pública destinada a materializar de forma massiva, acelerada e progressiva as condições para o exercício efetivo e gozo universal de um

---

<sup>1</sup> Tradução livre do original: *Para la arquitectura la forma no es lo más importante, su principal misión es resolver hechos humanos.*

ou mais direitos sociais de pessoas ou grupos de pessoas, que combina a agilização dos processos do Estado com a participação direta do povo em seus esforços pela erradicação da pobreza e a conquista popular dos direitos sociais consagrados na Constituição da República Bolivariana da Venezuela

Este sistema paralelo de políticas públicas tem sido por sua abrangência na prática um tópico polêmico no âmbito nacional, inclusive, alguns autores o destacam como uma das principais causas na notável diminuição da pobreza nacional (de 48,6% em 2002 a 21,2% em 2012, segundo dados publicados pela CEPAL 2013- 2014), assim como do aumento da equidade na distribuição da renda do petróleo, e a diminuição da desigualdade social e concentração da riqueza (CARIOLA; FERNANDEZ; JUNGEMANN, 2015), enquanto outros o expõem como uma ferramenta política para o aumento da concentração de poder do Estado, com déficit na transparência da gestão, difusão e confiabilidade da informação (GUERRA, 2017; SOONETS, 2018).

No setor habitacional, a política adotou o nome de *“Mision Vivienda Venezuela”*, sendo estruturada legalmente como *“Gran Misión”* por sua abrangência massiva e intersetorial, criando-se para sua administração o *“Organo Superior de Vivienda”* com jurisdição nacional a cargo do Presidente da República e 24 órgãos estatais (1 para cada estado). Origina-se com a função de garantir moradia digna e plena satisfação das necessidades fundamentais para as famílias venezuelanas em condições mais precárias, que não tinham acesso a uma habitação formal (SOONETS, 2018). E como consequência do acumulado déficit habitacional do país que em territórios de vertiginoso crescimento urbano como a Região Metropolitana de Caracas, atingia 50,3% da população (INE, 2001), e que se tornou ainda mais evidente produto das fortes chuvas registradas no ano de 2010, que deixaram sem teto uma

grande parte desta população, em sua maioria moradores prévios de setores precários localmente conhecidos como “bairros”<sup>2</sup>.

Porém, com o avanço da política, e uma vez superada a emergência das chuvas, a GMVV entrou em uma fase de consolidação para fazer frente ao déficit habitacional estrutural (CARIOLA; FERNANDEZ; JUNGEMANN, 2015). Expandindo os objetivos e integrando como beneficiários os trabalhadores do setor público, ultrapassando assim a meta inicial de construir dois milhões de habitações entre 2011-2017, para a meta de três milhões no período 2013-2019.

A envergadura dessas metas, que beneficiariam aproximadamente a 35% da população, conduziu a tomada de todo o aparelho do Estado sobre a questão da habitação, incluindo tanto a instituição formalmente encarregada da área, o “*Ministerio del Poder Popular para Vivienda e Habitat*” (MINVIH) como também instituições de outras áreas, com capacidade de execução de obra como PDVSA (*Petróleos de Venezuela*), Metrô de Caracas, “*Oficina Presidencial de Planes y Proyectos Especiales*” (OPPPE), Prefeituras e Governações, além de empresas de propriedade social e/ou privadas, nacionais e internacionais. Esse e outros fatores estratégicos no setor financeiro, jurídico, logísticos e urbanos permitiram segundo dados oficiais que no final de 2015 fossem concluídas 1.000.016 de habitações (MINVIH, 2016).

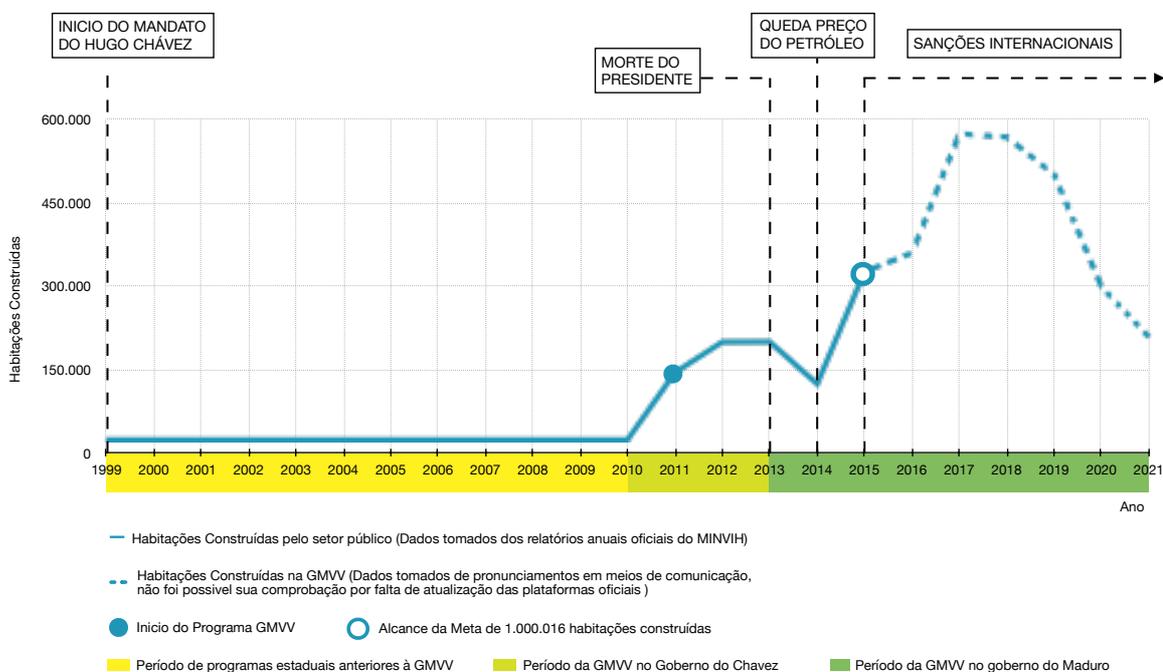
Esse dado de habitações concluídas entre 2011-2015 constitui 3 vezes mais a somatória de habitações construídas pelo setor público em toda a década anterior (1999-2010) com média de 25.936 habitações por ano, e duas vezes as construídas nos dois últimos períodos presidenciais diferenciados da política atual entre (1989-1998), com média de 49.833 habitações por ano (CARIOLA; FERNANDEZ;

---

<sup>2</sup> O equivalente às favelas brasileiras.

JUNGEMANN, 2015), situando o Programa como o maior processo urbano contemporâneo do país nas últimas décadas (Figura 1), ressaltado não só pelo número de habitações construídas, como também pela localização das mesmas, que no caso das grandes cidades, como a capital Caracas, foram em grande medida, inseridas em ruas icônicas da localidade, com acesso direto a toda estrutura e infraestrutura de serviços que a cidade já possuía (SOONETS, 2018).

A análise cronológica dos dados de habitações construídas, comparada com os acontecimentos político-econômicos locais (Figura 1) permite visualizar por um lado, o relevante poder do Estado dentro do mercado habitacional venezuelano, e por outro, a vulnerabilidade da continuidade desse impacto produto da uni dependência da indústria do petróleo e a direta relação com os acontecimentos políticos do país, altamente agitado em anos recentes. Destaca-se que, a partir do 2015, o acesso público a dados oficiais do Programa diminuiu, só sendo possível o acesso aos dados publicados nos meios de comunicação, sem possibilidade de comprovação.



**Figura 1.** Cronologia dos principais acontecimentos político-econômicos na Venezuela e as habitações construídas por ano pelo setor público

Fonte: Elaboração com base nos Relatórios Anuais Oficiais do Ministério de Habitação e Hábitat da Venezuela (MINVIH)

No entanto, com o fim do ciclo de preços altos do petróleo, e o crítico aumento dos problemas políticos, sociais e econômicos na Venezuela, se fez presente a falta dos investimentos necessários para a manutenção dos equipamentos existentes e a planejada expansão do sistema elétrico nacional, intensificando o uso do reservatório hidroelétrico do Guri a ponto de ameaçar sua operacionalidade, e levando em consequência a constantes interrupções do serviço em vários estados (SATURNO, 2018). Assim, o acesso formal aos serviços de energia elétrica, uma das grandes conquistas do Programa de Habitação, tornou-se a nova primeira necessidade, tanto para os moradores dos novos edifícios quanto para os demais habitantes do país.

## PROBLEMA DE PESQUISA

A conduta energética de uma sociedade vem ligada ao grau de industrialização do país, sua localização geográfica, e o nível de vida da população. Conseqüentemente, em países que têm como principal fonte de riquezas o petróleo, é comum a presença de altos padrões de consumo energético (MARQUES, 2016).

A Venezuela, como petro-estado<sup>3</sup>, mostra, por um lado, uma histórica tendência ao alto consumo energético, com uma média per capita que até o ano de 2010 se manteve acima da média anual tanto da região de Centro e Sul América quanto do mundo, sendo o setor residencial o segundo maior consumidor, apenas atrás do setor industrial (IEA, 2020). Por outro lado, uma contínua falta de interesse pela economia de energia e pela diversificação das fontes de geração.

---

<sup>3</sup> Conceito introduzido por Terry Lynn Karl (1997) para denominar o conjunto de Estados altamente dependentes da exportação de hidrocarbonetos, com associado desgaste dos demais setores produtivos, e que tendem a forjar relações de patrocínio com suas sociedades, enquanto administram e distribuem renda. Nessa medida, desde que haja renda suficiente, a estabilidade econômica e política pode ser garantida, mas diante de condições adversas, é muito provável que ocorram períodos de instabilidade (M.M CHAUSTRE VIRGÜEZ; V. M. MIJARES, 2020).

Em consequência, conceitos e práticas arquitetônicas para a melhoria do desempenho energético, que tomaram grande força no âmbito mundial pela crise energética dos anos 70, foram absorvidos no âmbito local mais do ponto de vista do conforto interno e diminuição da toxicidade do que da eficiência energética e diversificação de fontes para a redução do consumo (ACOSTA, 2019).

Essa reflexão inicialmente referida ao âmbito acadêmico, tem seu eco tanto na escala legislativa macro do Estado, quanto na escala prática construtiva dos programas habitacionais locais, como na GMVV, os quais embora que desenvolvidos em contextos tropicais com reconhecido potencial para a utilização de fontes de energias alternativas, especialmente as eólicas e fotovoltaicas (POSSO RIVERA, 2004); (RODRIGUEZ; SERA; RODRIGUEZ, 2015), apresentam escasso desenvolvimento de referências, metodologias e/ou procedimentos de avaliação quanto à sustentabilidade energética na arquitetura.

Entendendo a sustentabilidade como o conjunto de processos e ações destinadas a satisfazer as necessidades presentes sem comprometer as opções para as necessidades futuras (SARTORI; LATRÔNICO; CAMPOS, 2014), e que no âmbito energético na atualidade, precisa abranger estratégias tanto para a diminuição do consumo quanto para o balanço do desequilíbrio ambiental a causa das emissões de gases de efeito estufa (ACOSTA, 2019; REED, 2007; SACHS, 2007).

Como indicado por Geller (2003), uma produção não sustentável de energia causa mudanças climáticas aceleradas, um rápido esgotamento dos recursos naturais e um colapso urbano. Pelo que o paradoxo energético venezuelano, de alto consumo e pouco interesse na diversificação das fontes de geração, somado às recentes declarações da ONU no seu informe sobre as mudanças climáticas, que demanda a redução global das emissões de efeito estufa à metade para 2030, e a zero para 2050

(IPCC, 2021), enfatizam a necessidade de um repensar da prática arquitetônica local, com um olhar focado não só no interesse social, típico do discurso das políticas públicas de ampla escala, como também na sua interação com estratégias práticas, parâmetros quantificáveis e tecnologias pertinentes para o escopo de um desempenho energeticamente sustentável. Para isso faz-se necessária uma abordagem de tripla ação que possibilite simultaneamente a equilibrada integração de táticas de design passivo, ativo e regenerativo (ACOSTA, 2019; REED, 2007; SACHS, 2007), permitindo no referente à otimização do consumo, uma redução na demanda de energia sem prejuízo no conforto da edificação, e quanto ao escopo do equilíbrio ambiental, a substituição significativa de energias fósseis por fontes renováveis integradas com tecnologias que permitam o sequestro dos gases de efeito estufa gerados nos processos próprios do uso das edificações.

Esta abordagem se torna ainda mais urgente nas áreas urbanas associadas ao alto consumo energético como é o caso da Caracas Metropolitana<sup>4</sup> aglomerado urbano fragmentado, política, física e socialmente, com alta densidade populacional, fruto das migrações internas campo-cidade, após o início da exploração petrolífera. Essas características levaram a um desenvolvimento particular do Programa de Habitação estadual, pois ao contrário do interior do país, onde a maioria das casas são edifícios baixos localizados na periferia, em Caracas quase todas habitações estão localizadas em edifícios de média-alta densidade, muitas vezes até no centro da cidade e em avenidas emblemáticas.

---

<sup>4</sup> Para efeitos desta pesquisa, considerou-se a Caracas Metropolitana como utilizada na pesquisa de Cariola; Fernandez; Jungemann (2015). Inclui-se a cidade de Caracas ou Região Metropolitana (Município de Libertador mais quatro (4) municípios do estado de Miranda: Baruta, Chacao, El Hatillo e Sucre) e as sub-regiões periurbanas: Alto Mirandinos, Tuy Médio, Guarenas - Guatire, Caucagua (Município de Acevedo) e Vargas.

A pesquisa de Cariola; Fernandez; Jungemann (2015) organiza a localização das unidades da GMV na Caracas Metropolitana de acordo a três estratégias:

1. Construção de edifícios residenciais isolados ou em conjuntos habitacionais de pequena e média dimensão, em zonas centrais da cidade com condições de serviços e mobilidade.
2. Intervenções de grande e médio porte em áreas de expansão imediata da cidade, incluindo as chamadas "cidades socialistas", planejadas para incorporar grandes volumes de população.
3. Intervenções de médio e grande porte em grandes terrenos nas sub-regiões da periferia metropolitana, principalmente nos Valles del Tuy e Vargas.

De acordo com Soonets (2018), esta primeira estratégia de localização central, que tirou partido de terrenos subutilizados e bem servidos, tornou o programa habitacional pouco convencional e, na sua escala, inédito. Adicionalmente, desde o ponto de vista quantitativo, o impacto do Programa mostrou-se positivo, dando resposta a 20% do déficit de habitações da cidade<sup>5</sup>.

No entanto, a inserção das construções habitacionais no tecido urbano, apresenta-se como um tema polêmico dentro da forte polaridade político-social do País. Encontrando-se por um lado autores que a descrevem como uma grande "democratização do solo urbano" que tem permitido a inclusão e integração de várias camadas da sociedade (CARIOLA et al., 2014), enquanto outros a adjetivam como "outra forma de segregação" em alusão à violência interna nas edificações, a rejeição dos residentes prévios das zonas de inserção, e ao desrespeito das normativas urbanas de obrigatória aplicação para entidades privadas (SOONETS, 2018). Assim

---

<sup>5</sup> Cálculos da Soonets, 2018 do total de unidades construídas em relação ao déficit trabalhado no *Plan Caracas 2020*.

como uma das causas do desabastecimento de serviços básicos e o deterioramento da infraestrutura urbana existente (BAUTISTA, 2019).

Outro ponto de controvérsia em relação ao desenvolvimento do Programa é a rigidez dos modelos tipológicos arquitetônicos, que em muitos casos assemelham os tipos modernos, trazendo suas vantagens racionais, mas também seus problemas. Destaca-se neste ponto a pesquisa de Guerra (2017), que analisa possibilidades de reconfiguração espacial nas tipologia BB12 e C12 umas das mais comuns na cidade capital, concluindo que valores de flexibilidade devem ser incluídos na construção de novas edificações residenciais e na reconfiguração das já habitadas para a garantia do seu uso prolongado e sustentável.

Por sua parte, no que refere às análises pós-ocupação, de desempenho energético ou impacto ambiental das edificações construídas dentro do Programa, não foram encontradas na literatura relatórios, referências ou pesquisas sobre o tema.

Assim, em suma são duas as considerações que ressaltam em torno da GMV e seu desenvolvimento na Caracas Metropolitana: 1) as pesquisas desenvolvidas sobre o Programa têm apontado mais à análise sócio-político que à instrumentalização e análise técnica para a melhoria do desempenho físico das construções; e 2) se faz visível o caráter quantitativo predominante na gestão do Programa, deixando num plano secundário a mostra de referências de caráter qualitativo, evidenciando assim a necessidade de aprofundamento de pesquisas de caráter técnico que permitam além de avaliar o existente, normatizar e propor adaptações arquitetônicas relativas ao seu impacto na sustentabilidade energética.

Portanto, um estudo que venha visibilizar, analisar e quantificar o impacto que táticas de desenho passivo, ativo e/ou regenerativo podem ter no desempenho energético

de uma edificação representativa do Programa Habitacional Venezuelano GMVV em Caracas, torna-se fundamental para referenciar plausíveis ações para o escopo de um sistema habitacional local, energeticamente mais sustentável.

### OBJETIVO GERAL

Avaliar estratégias e parâmetros de projeto pertinentes à sustentabilidade energética no Programa Habitacional Venezuelano GMVV.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar conceitos, ações e critérios de análise, associados à sustentabilidade energética na arquitetura.
- Identificar estratégias de plausível aplicação para a melhoria do desempenho energético de edificações residenciais multifamiliares em Caracas, VE.
- Avaliar comparativamente o desempenho energético de uma edificação representativa do Programa (caso modelo), em diferentes cenários referenciais, de acordo com as estratégias para a melhoria de desempenho energético previamente definidas.
- Quantificar a pertinência das estratégias simuladas na melhoria do desempenho energético do Programa Habitacional Venezuelano (GMVV).

### JUSTIFICATIVA

A sustentabilidade no desempenho energético das edificações traz benefícios diretamente, tanto no micro, para os usuários das habitações, quanto no macro, para o país e o meio ambiente. Dentre os benefícios diretos para os usuários, destacam-se: o aumento virtual da renda, por meio do uso de meios passivos para o conforto luminoso e/ou térmico, que diminuem a necessidade de consumo de energia elétrica; e o aumento da qualidade de vida e saúde, pela melhoria do conforto. A recente pandemia do Coronavírus<sup>19</sup>, tem evidenciado a importância que a energia solar e a

renovação do ar têm nos espaços, pelo que a interação controlada desses elementos naturais com as edificações mostra-se como uma necessidade prioritária para a vida humana.

Conseqüentemente, no âmbito global, dados do último relatório da ONU (2021) revelam que o aquecimento global não é mais um problema do futuro, mas do presente, que precisa de respostas contundentes, tanto no curto como no médio prazo. Nesse contexto, uma visão holística que inclua estratégias tanto para a otimização do consumo energético quanto para o escopo do equilíbrio ambiental torna-se uma imperativa, e a promoção de sua prática no ambiente mais direto do homem, a habitação, uma oportunidade para estimular essa consciência energética.

No caso específico da Venezuela, esta situação se torna ainda mais urgente não só pelas esperadas secas previstas na região ante o aquecimento global, como também pelo atraso regulatório, metodológico e tecnológico referente à sustentabilidade energética que se tem no país. Portanto, sendo a construção de habitações pelo Programa GMVV uma das áreas de maior alcance dentro do repertório construtivo nacional nas últimas décadas, o estudo comparativo do seu desempenho energético em diferentes cenários incorporando práticas associadas à sustentabilidade energética, permitirá contextualizar seus benefícios e ampliar o panorama de possibilidades aplicáveis para o escopo de uma arquitetura local energeticamente sustentável.

Em síntese, o estudo proposto permitirá estabelecer um referencial base sobre o impacto que ações estratégicas de projeto alinhadas à sustentabilidade energética têm no desempenho energético de uma edificação do Programa, visando expandir o foco sobre os alcances do Programa de Habitação Venezuelano ou programas semelhantes, já não só referido ao âmbito social, como também de forma integrada ao energético-ambiental, a dizer, ao âmbito sustentável. Finalmente no âmbito

peçoal a pesquisa é uma oportunidade para a ampliação do marco referencial da prática profissional, com a integração de novos conceitos que sem dúvida enriquecem o campo de recursos para a projeção de espaços adaptados às realidades humanas contemporâneas.

## ESTRUTURA DO TRABALHO

A presente dissertação de mestrado em arquitetura e urbanismo estrutura-se em três capítulos:

No capítulo 1, apresentam-se os principais conceitos abordados no trabalho. Começando com a descrição das diretrizes arquitetônicas e energéticas do Programa Habitacional foco desta pesquisa, a *Gran Misión Vivienda Venezuela (GMVV)*. Seguidamente, apresentam-se três conceitos arquitetônicos contemporâneos, que serviram como referência para a compreensão do alcance e implicações da sustentabilidade energética no espaço construído: a Arquitetura Bioclimática, os Edifícios de Energia Zero, e a Arquitetura Regenerativa. E, finalmente, mostra-se um compêndio das tecnologias, e procedimentos de avaliação, com base nos quais foram definidos os critérios de análise dos cenários de simulação trabalhados nesta pesquisa.

No capítulo 2, são expostos os procedimentos metodológicos, iniciando com a classificação da pesquisa, e a caracterização da edificação selecionada como Caso Modelo. Seguidamente, é apresentada a caracterização dos softwares utilizados: o *Climate Consultant®* e o *Ecodesigner do Graphisoft Archicad 23®*, bem como as etapas de avaliação, organizadas em quatro fases: 1) Simulação de desempenho do Cenário Base; 2) Definição de estratégias de modificação dos cenários; 3) Simulação de desempenho dos cenários modificados; e, 4) Análise comparativa dos resultados.

No capítulo 3, discutem-se os resultados da simulação de desempenho energético do Cenário Base, e a definição das correspondentes alterações a serem incorporadas nos Cenários Modificados de Simulação (CM1-CM2) direcionados respectivamente à otimização de consumo e o balanço do desequilíbrio ambiental. Em continuação, discutem-se os resultados de desempenho energético dos cenários modificados CM1 e CM2, assim como a análise comparativa dos resultados obtidos com foco na especificação do seu alcance e pertinência para o escopo da sustentabilidade energética do Programa Habitacional Venezuelano GMVV.

## CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO

---

Neste capítulo, apresentam-se os principais conceitos abordados no trabalho. Começando com a descrição das diretrizes do Programa Habitacional foco desta pesquisa, a *Gran Misión Vivienda Venezuela (GMVV)*. Seguidamente, apresentam-se três conceitos arquitetônicos contemporâneos, que serviram como referência para a compreensão do alcance da sustentabilidade energética no espaço construído: a Arquitetura Bioclimática, os Edifícios de Energia Zero, e a Arquitetura Regenerativa. E, finalmente, mostra-se um compêndio das tecnologias, e procedimentos de avaliação, a partir dos quais foram definidos os critérios de análise dos cenários de simulação trabalhados nesta pesquisa.

### 1.1 A GRAN MISIÓN VIVIENDA VENEZUELA (GMVV)

#### 1.1.1 DIRETRIZES DO PROGRAMA GMVV

Os alinhamentos gerais que os conjuntos habitacionais devem atender dentro do Programa de Habitação GMVV estão especificados em Resolução da Normativa Oficial da República Bolivariana da Venezuela Número 40.215, de 26 julho de 2013. Dentre eles, destacam-se a continuação os aspectos urbano-arquitetônicos e energéticos.

##### 1.1.1.1 Aspectos Urbano-Arquitetônicos

Nos aspectos urbanos-arquitetônicos priorizam o modelo de cidade compacta, impulsando edificações de alta densidade e baixa altura, favorecendo residências unifamiliares e multifamiliares que compartilhem áreas comuns, e promovam o uso do transporte coletivo e a mobilidade de pedestres.

Quanto ao uso do solo, a normativa estabelece uma área mínima de 6% de terreno reservado para equipamentos; 10% reservado para áreas verdes, arborizadas e contínuas; usos mistos das plantas baixas e terraços; e, três tipologias de habitação,

todas naturalmente ventiladas e iluminadas, com área de sala, cozinha, sala de jantar e lavanderia, mas com variações na metragem, quantidades de quartos e banheiros.

Do mesmo modo se faz referência à preferência por residenciais que considerem sistemas de captação de água para reutilização, reciclagem, gestão e destinação de resíduos sólidos, bem como critérios de eficiência energética para climatização e iluminação, e o uso de energias alternativas para a complementação das necessidades energéticas, mas sem maiores especificações de parâmetro de execução em qualquer um desses aspectos.

#### 1.1.1.2 Aspectos Energéticos

No caso da Venezuela, embora possua uma normativa regulatória vigente para o uso racional e eficiente da energia, promulgada no ano 2011 (GOVERNMENT OF VENEZUELA, 2011), a instrumentalização prática para a sustentabilidade no setor da construção civil encontra-se ainda numa fase muito incipiente. A norma foca mais em alinhamentos de certificação de equipamentos e políticas de educação para a diminuição do consumo energético que em diretrizes concretas para o âmbito construtivo.

De acordo com Acosta (2019), a condição de país petrolífero levou a que conceitos associados à economia de energia, como a Arquitetura Bioclimática que tomaram força mundial depois da crise energética dos anos 70, fossem interpretados localmente mais relacionados à oferta de variações espaciais para a melhoria do conforto térmico do que à economia de energia, desvinculando assim a prática construtiva do seu potencial para a diminuição do consumo energético. A pesquisa de Walsh et al. (2014) sobre o panorama do zoneamento bioclimático nas Américas é uma amostra da enorme dívida que as normativas venezuelanas têm com o setor

energético na construção, ainda sem padronização nem metodologia regularizada de classificação local.

Como consequência, quando a crise energética se fez presente no país em meados do 2010, as estratégias normativas e comunicacionais que se desenvolveram como resposta se focaram mais na punição e controle do alto consumo, do que na garantia da eficiência energética, ou na instrumentalização para o escopo de objetivos a longo prazo. As políticas habitacionais se desenvolveram sem diretrizes regulatórias ou referenciais claras para seu consumo energético.

Por sua vez, no caso da GMVV, essa falta de instrumentos regulatórios levou na prática ao desenvolvimento da política habitacional sem referências claras de consumo e geração energética, além daqueles preenchidos por programas estaduais paralelos, associados à GMVV, conhecidos como "*Mi casa bien equipada*" que outorgava facilidades na aquisição de equipamentos elétricos a preços mais baixos que o mercado, e a "*Misión Eléctrica Venezuela*" que procurava a conscientização da população no uso racional da energia elétrica.

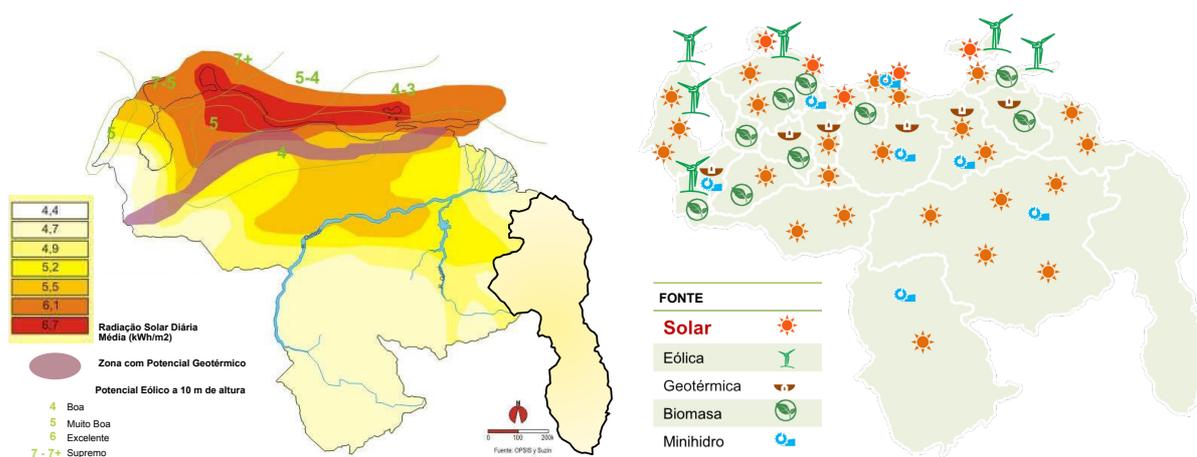
Em sua primeira fase, esse Plano impulsionou a mudança das luminárias incandescentes por fluorescentes, e posteriormente estabeleceu bandas de consumo energético por setor e localização, dentro das quais se continuaria com subsídio do 80% de custo por parte do Estado. Mas sob o padrão de consumo típico do País, não necessariamente eficiente, e que no caso do setor residencial, por exemplo, vai na faixa de 500 kWh ao mês para o Distrito Capital e Região Andina, e 1300 kWh para a Região Zuliana (MIPPCI, 2014).

No entanto, no setor acadêmico, pesquisas como a de Rosales (2013); Sosa e Siem (2004a); Posso Rivera (2004); Rodriguez et. al. (2015) referem parte do embasamento

teórico já desenvolvido para a necessária instrumentalização normativa da prática construtiva sustentável no país. As duas primeiras pesquisas, apresentam uma proposta de classificação bioclimática para a Venezuela a partir da subdivisão do território em 6 grandes zonas, as quais são associadas a recomendações de desenho passivo e estratégias para o eficiente uso de equipamentos segundo as características de consumo locais.

Por sua parte, as duas pesquisas (MARRERO,2014) referem estudos sobre o desenvolvimento de energias alternativas, concluindo que de acordo com as características físico-geográficas da Venezuela, os sistemas híbridos (eólicos-fotovoltaicos) têm o maior potencial e projeção de uso na arquitetura local. Porém, ambos pesquisadores, alertam que a concretização destas projeções depende de um desenvolvimento tecnológico viável e competitivo, com apoio determinado do Estado por meio de políticas de estímulo e apoio financeiro e do estabelecimento de uma cultura energética inspirada no respeito ao meio ambiente, na economia de energia e na sustentabilidade.

Nesta linha, Marrero (2014), gerente da *Fundación para el Desarrollo del Servicio Eléctrico* (FUNDELEC), em seus estudos setoriza o valioso estoque de recursos energéticos naturais com o que o país conta (solar, eólica, hídrica, e biomassa), apontando a diversificação da matriz energética para mitigar a dependência de recursos fósseis, e destaca: a capacidade de radiação solar na maior parte do território com ênfase na fronteira norte-costeira; a definição de dois polos com potencial eólico nas Regiões Insulares e Zuliana; e uma zona com potencial geotérmico no interior do território que vai desde a Região Andina até a Região Nor-Oriental (Figura 2)



**Figura 2.** Potencial teórico de energias renováveis na Venezuela

Fonte: Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica, Caracas-VE, 2014.

### 1.1.2 PRÁTICA ENERGÉTICA NA GMVW

Na Venezuela, todas as atividades do setor elétrico são coordenadas de maneira centralizada pelo Estado sob a figura da CORPOELEC (Corporação Elétrica Nacional), pelo que a prática energética do Programa Habitacional GMVW está diretamente sujeita ao controle nacional. Em continuação, apresenta-se um aprofundamento desse panorama, desde suas características mais relevantes na geração e consumo de energia, assim como os hábitos de consumo no setor residencial.

#### 1.1.2.1 Panorama Local de Geração de Energia

No referente à geração de energia, o Sistema de Interconexão Nacional (SIN), é composto por: as grandes centrais hidroelétricas da Cuenca do Rio Caroní, ao sul do país, principal fonte de energia elétrica, desenvolvidas em meados do século XX; o Complexo Termelétrico do Centro, desenvolvido nos anos 70 como suporte de garantia para o acesso permanente e contínuo de eletricidade ao setor industrial-petrolífero; e, as amplas redes de transmissão e distribuição ao longo do território. No início, o SIN era administrado de forma setorializada por um conjunto de empresas públicas e privadas, até o ano 2010 quando todas as atividades do setor foram centralizadas pelo Estado sob a figura da CORPOELEC.

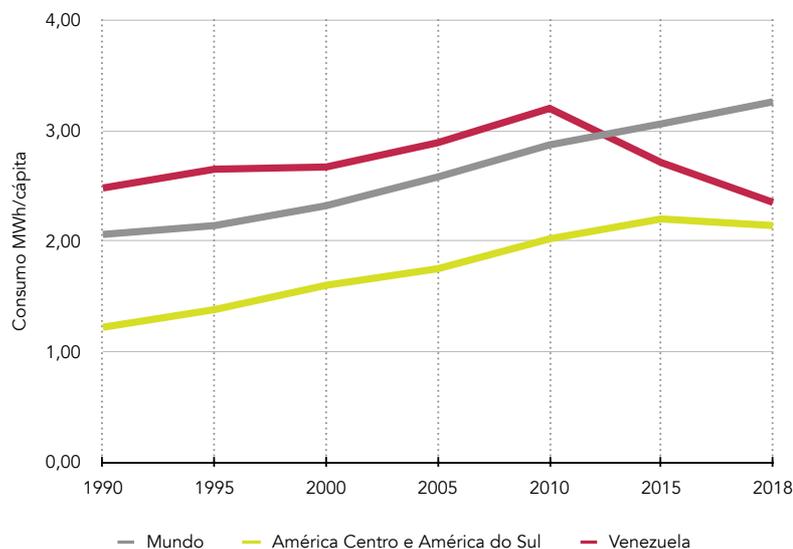
Nos primeiros anos, as reservas planejadas do SIN permitiram imunidade aos ciclos hidrológicos adversos que caracterizam o país, mas com o passar do tempo a diminuição da efetividade no sistema se fez presente. Desde 2010, pesquisadores venezuelanos vêm alertando sobre a comprometida confiabilidade do Sistema, produto da criticamente reduzida folga entre oferta e demanda de potência e energia (VILLEGAS et al., 2010). Já para o ano 2007, 79% do parque gerador tinha mais de 20 anos, e a indisponibilidade das centrais térmicas estava na ordem de 30%, enquanto as hidrelétricas apresentavam indisponibilidade de 10% (CVG, 2007). Assim, o uso do reservatório de Guri tornou-se intenso a ponto de ameaçar sua operabilidade, levando às contínuas interrupções do serviço elétrico em todo o país e às conseqüentes declarações de estados de emergência no setor, que ainda hoje são parte da realidade cotidiana.

Adicionalmente, como uma das conseqüências do aquecimento global, o uso da água como fonte de geração de energia elétrica, característico da América Latina, e que em linhas gerais associava-se a uma matriz sustentável, é agora um assunto polêmico, associado ao desmatamento e inundação de grandes áreas de territórios para a construção dos reservatórios, à geração de grandes quantidades de metano pelo acúmulo de sedimentos nas barragens, e à insegurança da periodicidade dos fluxos e ciclos naturais ante às mudanças climáticas (HERNÁNDEZ TÉLLEZ, 2019; IEA, 2021).

#### 1.1.2.2 Panorama Local de Consumo de Energia

Na escala local da Venezuela, a comparação da evolução do consumo elétrico per capita (IEA, 2020), mostra uma histórica tendência de consumo elétrico superior à média mundial e regional da América Latina, até o ano 2010, quando atingiu seu ponto mais alto em 3,2 MWh/per capita. A dependência da indústria de petróleo, e o conseqüente desenvolvimento de uma sociedade de consumo ilimitado,

característico dos petro-estados inverteram a tendência de crescimento do consumo elétrico, influenciada pela crise do setor petrolífero nacional (Figura 3).



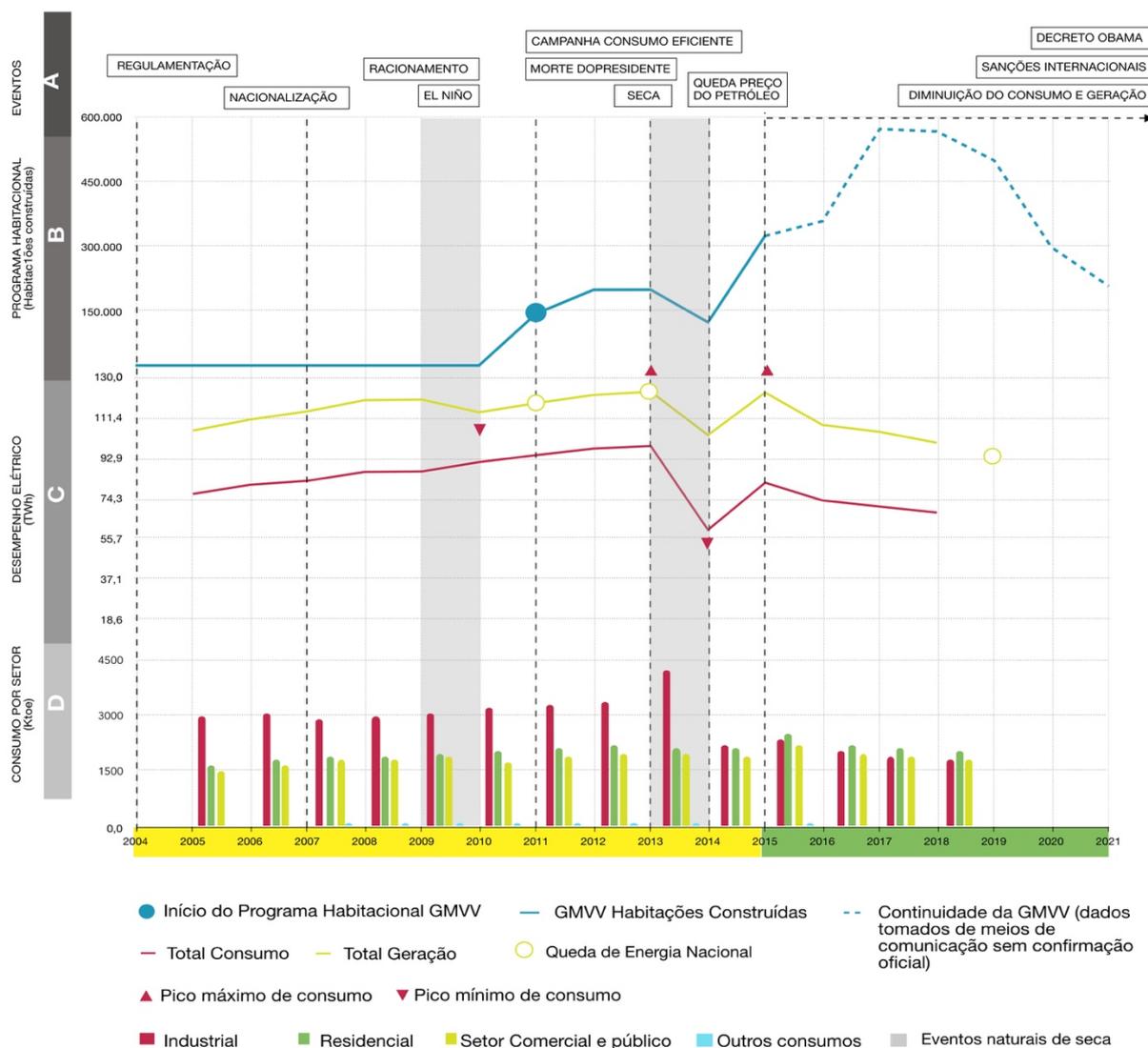
**Figura 3.** Comparação da evolução do consumo elétrico per-capita no mundo, centro e Sul América e Venezuela

Fonte: Elaboração com base em dados da IEA, 2020.

A indústria, historicamente, representou o setor de maior consumo na Venezuela. No entanto, essa tendência tem sofrido uma importante variação a partir do ano 2014, produto da forte queda dos preços do petróleo, com a consequente exacerbação da crise local e diminuição da produção nacional. Assim, a partir do ano 2015 o setor residencial, historicamente entendido como segundo entre os setores de consumo, passou a liderar a lista de consumidores na escala local, tornando ainda mais relevante o aprofundamento no funcionamento deste setor (Figura 4.D).

No referente aos serviços, quando comparados dados de consumo e geração elétrica entre os anos 2010 (antes da GMVV) e o ano 2014 (com mais de 1 milhão de habitações construídas), evidencia-se em primeira instância que a inserção destas novas habitações não causou um impacto destacado na tendência de consumo elétrico no país (Figura 4.B e 4.C). Porém, pesquisadores como Bautista (2019) advertem que no caso dos grandes conglomerados urbanos como Caracas, a política

de manter um esquema de superpopulação, sem levar em conta melhorias na infraestrutura, nem investimentos em obras viárias e paisagismo, afetou a continuidade da paisagem e aumentou os problemas de abastecimento de água potável e serviço de eletricidade na cidade.



**Figura 4.** Comparação da cronologia de acontecimentos político-econômicos relevantes, habitações construídas pelo setor público e o comportamento do setor elétrico na Venezuela.

Fonte: Elaboração com base em dados da IEA, 2020 e Relatórios oficiais dos Ministérios correspondentes.

Em contrapartida, dentre alguns fatores que se mostram como historicamente relevantes dentro do comportamento elétrico local, destacam-se os ciclos naturais de seca e chuva, os ciclos econômicos de aumento ou queda do preço do petróleo, e os

acontecimentos políticos de impacto internacional, como a morte do Presidente Hugo Chávez ou a imposição das sanções dos Estados Unidos e da União Europeia ao País (Figura 4.A).

### 1.1.2.3 Hábitos de Consumo no Setor Residencial

De acordo com informações do Ministério do Poder Popular para Energia Elétrica (MPPEE), para o ano 2016, 40% da demanda nacional de eletricidade correspondeu ao setor residencial. Em relação à distribuição desse consumo, nas habitações com ar condicionado central, este se torna o equipamento de maior consumo, seguido em ordem descendente pela refrigeração de alimentos, a iluminação interna, o cuidado com a roupa, o aquecimento de água, televisão e cocção de alimentos (SOSA GRIFFIN; SIEM, 2004a).

Mais recentemente, Quiroz (2016) refere à distribuição de consumo no setor residencial repartida percentualmente da seguinte forma: climatização (32%), refrigeração de alimentos (20%), iluminação (13%), aquecimento de água (11%), equipamentos de informática e de entretenimento (9%), cuidado com a roupa (7%), cozinha (7%), e outros (1%).

No que refere à GMVV, estes hábitos de consumo se vêm influenciados pela associação a outros dois programas estaduais, a "*Misión Eléctrica Venezuela*" e "*Mi casa bien equipada*". O primeiro forneceu luminárias fluorescentes aos residenciais, estabeleceu referenciais de potência média dos equipamentos mais comuns no setor residencial local, e bandas de consumo máximo por estado, porém com padrões de consumo ainda altos, que no caso de Caracas se estimou para 500 kWh/m. Enquanto ao segundo programa, facilitava a aquisição de equipamentos com preços mais baixos dos encontrados no mercado, para fins de climatização (ar condicionado ou ventilador), refrigeração (geladeiras), iluminação (luminárias fluorescentes), cozinha

(de fogão e forno elétrico ou a gás), limpeza de roupas (lavadora e secadora) entretenimento (TV) e outros.

No Quadro 1 mostra-se uma série de dados referentes ao consumo elétrico de uma família de classe média venezuelana, coletados de diferentes pesquisas, com a finalidade de definir um panorama geral dos hábitos de consumo por equipamento local. Apresentam-se, assim, as opções de equipamentos disponíveis no Programa “*Mi casa bien equipada*” (MCBE) em função dos principais usos de consumo no setor residencial, referenciadas por Quiroz (2016). Considerando também as horas de consumo mensal por equipamento referenciadas por Sosa Griffin; Siem (2004), e as potências médias dos equipamentos fornecidas pela “*Misión Eléctrica Venezuela*”.

CONSUMO ELÉTRICO DE FAMÍLIA CLASSE MÉDIA VENEZUELANA					
%	Usos setor Residencial	MCBE	Equipamento	Horas de uso	Potência (W)
32	Climatização	<input checked="" type="checkbox"/>	Ar- Condicionado		2000
		<input checked="" type="checkbox"/>	Ventilador de Chão		80
20	Refrigeração	<input checked="" type="checkbox"/>	Geladeira	240	480
13	Iluminação	<input checked="" type="checkbox"/>	Fluorescente	120	15
11	Aquecimento de Água		Aquecedor Elétrico	45	2000
			Aquecedor a Gás	45	
7	Cozinha	<input checked="" type="checkbox"/>	Fogão Elétrico	30	5000
		<input checked="" type="checkbox"/>	Forno Elétrico	30	1500
		<input checked="" type="checkbox"/>	Cozinha a Gás	60	X
		<input checked="" type="checkbox"/>	Microondas	15	800
7	Limpeza de roupas	<input checked="" type="checkbox"/>	Lavadora	30	2000
		<input checked="" type="checkbox"/>	Secadora	30	3000
9	Entretenimento e Informática	<input checked="" type="checkbox"/>	TV		80
1	Outros				

Obs: Os dados de horas de uso estão calculadas para um mês (30 dias)

▶ Dados Horas de Uso tomados da (SOSA ; SIEM, 2004).

▶ Valores de potências médias dos equipamentos tomadas da “Misión Eléctrica Venezuela”

Equipamento disponível no Programa Estadual “Mi Casa Bien Equipada” (MCBE)

**Quadro 1.** Panorama referencial dos hábitos de consumo por equipamento de uma família de classe média venezuelana atual

Fonte: Elaborado com base em dados de Misión Eléctrica Venezuela, Mi Casa Bien Equipada e as pesquisas de Quiroz (2016) e Sosa Griffin; Siem (2004)

É possível observar que a MCBE fornece variedade nos equipamentos para fins de climatização (ar-condicionado ou ventilador de chão) e cozinha (de fonte elétrica ou gás), porém com falta na oferta de equipamentos para o aquecimento de água e informática. Em relação às horas de consumo os valores mais completos encontrados vão associados a dados da Eletricidade de Caracas (1997) utilizados na pesquisa da Sosa Griffin; Siem (2004) pelo que se faz evidente para pesquisas futuras a necessidade da atualização, ampliação e divulgação desta informação.

## 1.2 A SUSTENTABILIDADE ENERGÉTICA NA ARQUITETURA

### 1.2.1 CONCEITUAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE

A sustentabilidade é um conceito ainda em desenvolvimento (ROMEIRO, 2001), existindo divergências até mesmo em relação aos conceitos de sustentabilidade, desenvolvimento sustentável e ecodesenvolvimento, que para alguns autores são termos complementares e para outros são sinônimos (ABDALA, 2020) .

Para Ultramari (2003), por exemplo, o desenvolvimento sustentável denota um processo contínuo com vistas ao futuro, sem que o presente seja adiado, enquanto a sustentabilidade representa em si um fim. Em contrapartida, Sartori; Latrônico; Campos (2014) entendem a sustentabilidade como o conjunto de processos e ações que tem como finalidade atingir o desenvolvimento sustentável, quer dizer, um desenvolvimento que satisfaça as necessidades presentes sem comprometer as opções para as necessidades das gerações futuras. As características de processo e finalidade mostram-se assim inversos, ainda que complementares entre ambas definições.

Já em relação ao ecodesenvolvimento, a principal diferença exposta em relação ao desenvolvimento sustentável é o caráter local das ações e objetivos do primeiro,

associado a uma abordagem territorial, e o caráter global das ações do segundo (MONTIBELLER FILHO, 1999).

Outro ponto de controvérsia em relação ao conceito da sustentabilidade é seu alcance. Os três pilares da sustentabilidade conhecidos como "*Triple Botton Line*", por exemplo, referem inicialmente o desenvolvimento sustentável em função da interação de três características: economicamente viável, ambientalmente correto, e socialmente justo (ELKINGTON, 2012). A este respeito, alguns autores argumentam que, sendo a sustentabilidade um termo que provém da biologia e da ecologia, sua lógica é circular e inclusiva, com um âmbito de ação naturalmente muito mais amplo, e dimensões mais abrangentes, com tendência à interdependência e ao equilíbrio dinâmico (BOFF, 2012, pág. 45; IAQUINTO, 2018), referendo à sustentabilidade como um conceito multifatorial e conseqüentemente multidimensional na vida humana.

O que significa que na prática a interpretação dos objetivos da sustentabilidade estarão associados ao âmbito onde o homem coloque o foco. No caso de autores como Guimarães (2003), com foco nas ciências naturais, a sustentabilidade está relacionada à homeostase, quer dizer, à capacidade dos ecossistemas de absorver ou de se recuperar das agressões derivadas das ações humanas, pelo que seu principal objetivo é a conservação e o uso racional do estoque de recursos naturais incorporados às atividades produtivas. A sustentabilidade está destinada assim, a manter a vitalidade e a integridade da Mãe Terra, com todos os elementos que possibilitam a existência e reprodução da vida nela (BOFF, 2012).

Por outro lado, Barbieri (1997) caracteriza a sustentabilidade como um conceito plural que possui vários sentidos e valores e que não está relacionado apenas ao meio ambiente, mas também a uma sociedade globalmente mais justa. Essa dimensão

social e multiterritorial é apresentada por Almeida (2002) de forma política e normativa, integra à sustentabilidade uma postura não imediatista, com planejamento no curto, médio e o longo prazo de ações locais, geograficamente restritas, que tenham em sua replicabilidade um efeito global.

Já para autores como o Dussel (2019), a sustentabilidade é uma ideologia, um valor, uma ética, associada a uma nova visão transversal do mundo com alcance na economia, na política, na natureza, na educação, enfim, na vida, para se criar uma nova ética, a ética ambiental.

No entanto, ainda que as visões conceituais e alcances associados à sustentabilidade sejam variadas, existe um consenso geral na consideração do uso massivo e intensivo da energia fóssil como uma das maiores causas das modificações do entorno (MCNEILL; ENGELKE, 2014) e, por conseguinte, da abertura e popularização das discussões em torno à sustentabilidade e todas suas variações conceituais. Assim, recomendações em relação a aspectos energéticos têm-se mantido historicamente presentes nos diferentes relatórios mundiais referentes ao tema da sustentabilidade.

Na Agenda 21, por exemplo, relatório final da conferência da ONU no Rio de Janeiro 1992, quando pela primeira vez se expõe uma série de recomendações oficiais para o escopo de construções sustentáveis, a sustentabilidade energética é abordada desde estratégias alinhadas à garantia de acesso à energia, à procura de tecnologias eficientes que permitiriam a redução da demanda energética, e à incorporação progressiva de fontes de energias renováveis (UNCHS,1993).

Nesta linha, o Conselho Mundial de Energia (WEC - por suas siglas em inglês), oferece uma definição da sustentabilidade energética, entendida como o equilíbrio entre três dimensões principais: segurança energética, equidade social e mitigação do impacto

ambiental. As duas primeiras dimensões referidas ao acesso à infraestrutura energética e sua confiabilidade para o atendimento da demanda, enquanto a última abrange a garantia de eficiência energética do processo (oferta e demanda) e favorecimento do fornecimento de energia com base em fontes renováveis e outras fontes de baixo carbono (WEC,2011).

Mais recentemente, na Nova Agenda Urbana da Conferência Habitat III - 2016, essa visão da sustentabilidade energética, focada sobretudo na garantia social do serviço energético, integrou-se com alinhamentos de sustentabilidade ambiental, favorecendo com mais força o uso de energias limpas, associado ao uso eficiente da terra e dos recursos no desenvolvimento urbano; protegendo ecossistemas e a biodiversidade, favorecendo a adoção de estilos de vida saudáveis em harmonia com a natureza; promovendo padrões de consumo e produção sustentáveis; fortalecendo a resiliência urbana; reduzindo o risco de desastres; e propiciando a mitigação e a adaptação às mudanças climáticas (ONU HABITAT, 2016).

Porém, na atualidade, dados recentes da ONU revelam que o aquecimento global produzido em grande parte pelo uso indiscriminado de energia fóssil já tem causado mudanças irreversíveis no clima, e que a seguir nesse ritmo, a vida na Terra ficaria comprometida, o foco primário da sustentabilidade energética tem-se concentrado na redução das emissões de efeito estufa, sendo necessário para parar o aumento das temperaturas , reduzir as emissões à metade para 2030 e chegar a emissões zero para 2050 (IPCC, 2021).

A esse respeito, um sistema de tripla ação que como exposto por Sachs (2007 p.32) permita simultaneamente "a redução drástica do perfil da demanda energética, a substituição significativa das energias fósseis por energias não-poluentes e, por último, o sequestro de uma parcela significativa dos gases com "efeito estufa" se

mostra como o caracterizador da sustentabilidade energética na atualidade, abrangendo nesta definição processos que permitam tanto a diminuição do consumo energético quanto o balanço do desequilíbrio ambiental a causa das emissões de gases de efeito estufa.

Ações tão exigentes poderiam ser vistas como impossíveis na realidade da cultura energética atual, mas conforme indicado por Sachs (2007, p.22) “ nenhuma das transições energéticas do passado se fez por causa do esgotamento físico de uma fonte de energia (...) todas elas ocorreram graças à identificação de uma nova fonte de energia com qualidades superiores e custos inferiores”. Os custos globais desta forma de desenvolvimento energético estão sendo evidentemente altos, daí o imperativo de sua reconfiguração.

### 1.2.2 PRÁTICAS DE SUSTENTABILIDADE ENERGÉTICA NA ARQUITETURA

Como visto existem varia possibilidades de aproximações ao tema da sustentabilidade, mas como vem alertando há décadas Cilentto (1997) no caso da sustentabilidade aplicada à arquitetura, o problema não tem sido a falta de conceituação, mas sim passar de declarações e compromissos para ações concretas. A utilização da energia fóssil ainda como principal fonte de energia no mundo, é uma clara prova da veracidade dessa afirmação.

Na atualidade, a operação e construção de edificações é responsável por mais de um terço do consumo global de energia final, e quase 40% do total de emissões diretas e indiretas de CO<sub>2</sub> para a atmosfera (*United Nation Environment Programme, 2020*). Além disso, espera-se que essa demanda continue crescendo, impulsionada por melhor acesso à energia nos países em desenvolvimento, maior propriedade e uso de dispositivos que consomem energia, e o rápido crescimento global na construção

de edifícios, valorizando ao setor como um dos mais relevantes para a implementação de estratégias que permitam o escopo da sustentabilidade energética.

Porém, quando pensado o repertório atual do design urbano e arquitetônico desde a perspectiva de Van Der Ryan e Cowel (1996, p.9) “como uma manipulação intencional de elementos e processos para satisfazer uma necessidade ou desejo percebido”, sendo neste caso esse desejo a sustentabilidade, tem sentido afirmar que como o mesmo autor indica

“Em muitos aspectos, a crise ambiental é uma crise de design. É uma consequência de como as coisas são feitas, os edifícios são construídos e as paisagens são usadas. O design manifesta a cultura, e a cultura se apoia firmemente na base do que acreditamos ser verdade sobre o mundo” (Tradução do autor) <sup>6</sup>

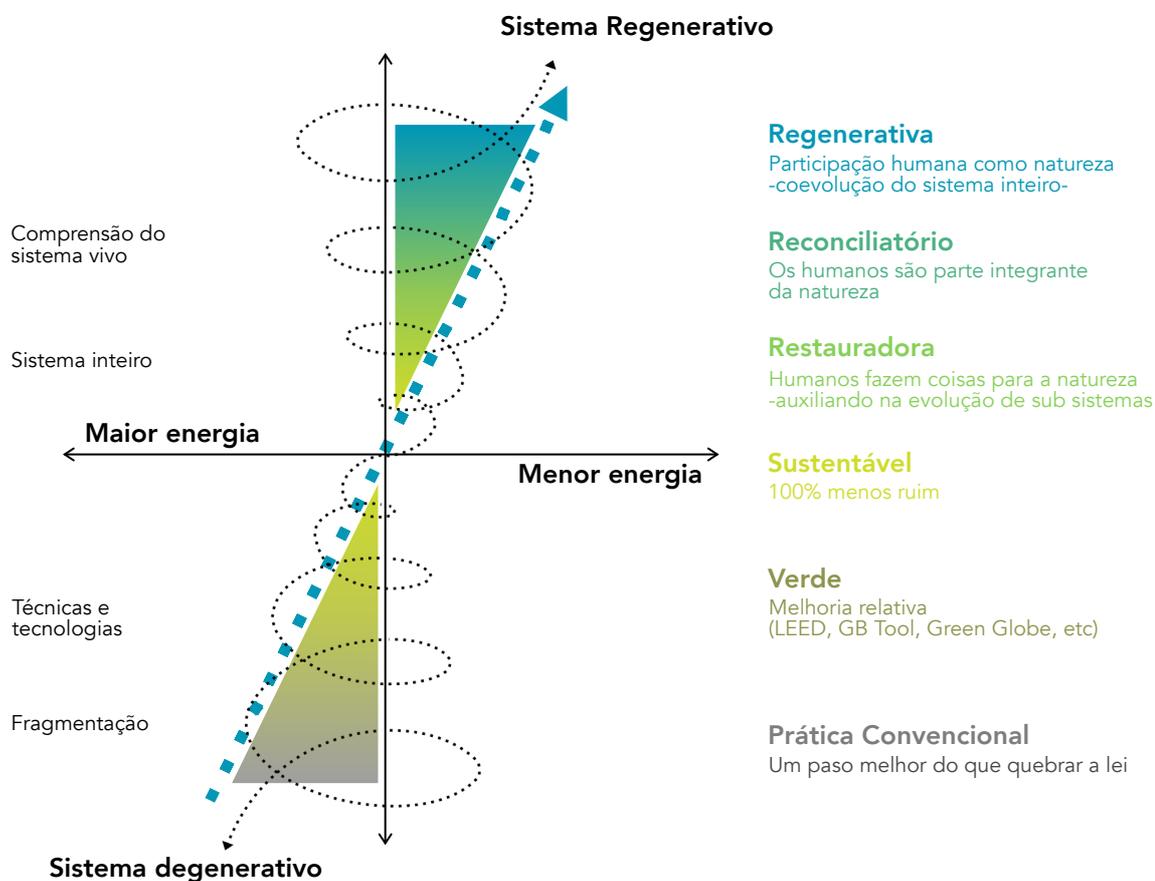
O ideal de progresso da era industrial, baseado na infinidade de recursos, refletiu-se com maior força no setor da construção que a ideia da sustentabilidade. Assim, na prática, o consumo ilimitado de recursos, tanto materiais como energéticos, se fez presente sem um controle maior do que as limitações de acessibilidade econômica. No entanto, na atualidade, na finitude real e já comprovada da Terra, essa visão tem perdido validade, abrindo passo a outras formas de abordar a prática construtiva.

Uma abordagem que dá luzes do quanto a sustentabilidade energética é entendida desde as estratégias de tripla ação exposta por Sachs (2007) implicar no âmbito do espaço construído, vem sendo trabalhada por Bill Reed (2007), o qual destaca que uma mudança de um modelo econômico fragmentado (atual) a um completo (sustentável) carrega necessariamente um deslocamento do modelo cultural “por meio do enquadramento e compreensão das inter-relações dos sistemas vivos de

---

<sup>6</sup> *In many ways, the environmental crisis is a design crisis. It is a consequence of how things are made, buildings are constructed, and landscapes are used. Design manifests culture, and culture rests firmly on the foundation of what we believe to be true about the world.*

forma integrada (...) o papel dos designers e interessados é criar um sistema completo de relacionamentos mutuamente benéficos”. (Tradução da autora)<sup>7</sup>



**Figura 5.** Trajetória do design ambientalmente responsável

Fonte: Tradução do gráfico "Trajectory of Environmentally Responsible Design" do (REED, 2007)

O autor refere assim, o design ambientalmente correto, como um processo ou trajetória que vai desde o sistema degenerativo (modelo econômico atual) até o sistema regenerativo (meta), sendo a sustentabilidade o espaço neutro entre um e outro modelo (Figura 5). A neutralidade da sustentabilidade referida, entende-se desde a perspectiva do escopo do equilíbrio, pelo que no caso da energia por exemplo, implicaria que a energia que se consome e a que se gera na edificação é

<sup>7</sup> The shift from a fragmented to a whole systems model is the significant cultural leap that consumer society needs to make – through framing and understanding living system interrelationships in an integrated way (...) The role of designers and stakeholders is to create a whole system of mutually beneficial relationships.

quantitativamente a mesma, pelo que os danos ao meio ambiente por consumo energético se zeram.

A seguir, o passo da sustentabilidade à regeneração (estágio no qual se geram mais benefícios ambientais que prejuízos por consumo) é dividido em três níveis de aprendizagem: o primeiro voltado para a eficiência “fazer as coisas melhor ao invés de fazer coisas melhores”; o segundo, um nível mais profundo, focado em “ver as coisas de maneira diferente”, que permite passar da eficiência para a eficácia, mas ainda com falta de clareza do para que dessa eficácia; e finalmente o nível três, de regeneração, com eficácia no desenho para a vida integrada do sistema Terra.

#### 1.2.2.1 Arquitetura Bioclimática

A Arquitetura Bioclimática é, em geral, a bioclimatologia aplicada à arquitetura, ou como indica Adam (2011, p.57): é a prática que “investiga as relações entre os seres humanos (animais homeotérmicos) e as características climáticas de um local (...) com o objetivo de minimizar a quantidade de energia operante consumida no edifício.” As características climáticas naturais de um local estão em constante interação com as edificações, transformando assim as condições dos espaços internos e o conforto dos usuários que neles habitam. Por conseguinte, um controle racional dessa interação permite tirar o maior partido das características climáticas naturais garantindo um trabalho a favor do conforto dos usuários com o menor consumo energético.

Como indicado por Vivas (2011), esta ideia não é exclusiva dos tempos modernos. Civilizações de todo o mundo tem incorporado o raciocínio do clima à prática construtiva dos espaços, sobretudo no que diz respeito às moradias. Nessa mesma linha, Edwards (2008) revela como nos textos de Vitruvius, conforto e clima faziam parte do modelo triangular de *firmitas, venustas e utilitas* (solidez, beleza e utilidade),

em louvor da iluminação e ventilação natural como agentes mediadores entre o conforto interno e o ambiente externo.

Assim, o aporte moderno seria no caso o aprofundamento desses conceitos e sua integração com a noção de eficiência energética, entendida por Lamberts; Dutra; pereira (1997, p.14) como "a obtenção de um serviço com baixo dispêndio de energia (...) um edifício é mais eficiente energeticamente que outro quando proporciona as mesmas condições ambientais com menor consumo de energia". No entanto, a natureza dinâmica e multidimensional do clima faz da prática bioclimática uma tarefa complexa, pelo qual tem sido fundamental a aplicação de métodos de zoneamento bioclimático capazes de agrupar e relacionar a complexidade do clima em meso-escala com as condições desejáveis de conforto dos usuários, estabelecendo a partir deles os parâmetros e estratégias arquitetônicas mais adequadas para cada caso.

Na escala da América Latina, dentre os métodos de zoneamento mais utilizados se baseiam nos seguintes parâmetros: o de Graus-dias de aquecimento ou resfriamento, a Carta Psicrométrica de Givoni, e a Temperatura Efetiva Corrigida (WALSH; CHEBEL LABAKI; CÓSTOLA, 2014). Pela aplicação do zoneamento bioclimático, se faz possível definir com mais clareza as estratégias bioclimáticas adequadas para a prática arquitetônica. No caso do Brasil, por exemplo, a aplicação da Carta Psicrométrica para países em desenvolvimento de Givoni (1992), permitiu a definição de oito zonas bioclimáticas, e as consequentes estratégias de design a serem adotadas de acordo com a caracterização climática do local e seu posicionamento em relação à zona de conforto definida.

#### 1.2.2.2 Edifícios de Energia Zero (ZEB)

Na evolução do alto desempenho energético nas edificações, práticas para a diminuição de consumo, como adaptação bioclimática e eficiência energética nos

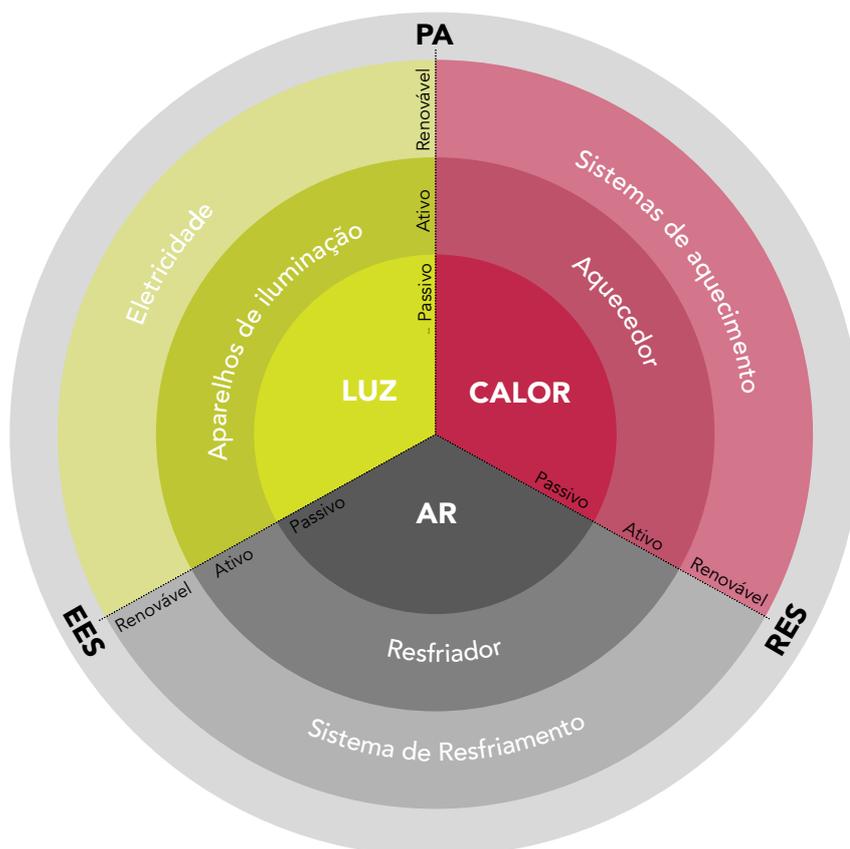
sistemas de resfriamento/aquecimento, iluminação e equipamentos, começaram a se articular com ideias de geração de energia limpa e auto sustentação.

É assim que surgem os Edifícios de Energia Zero ou Zero Energy Buildings (ZEB), edificações de alto desempenho energético com funcionamento integrado a fontes de energia renováveis no local, que lhe permitem de maneira autônoma igualar ou mesmo superar o consumo requerido pelo edifício num período anual (D'AMANZO; MERCADO; GANEM-KARLEN, 2020). Nesses edifícios, a necessidade de energia de fontes convencionais é muito baixa ou quase igual a zero (daí o termo), e seu principal objetivo é o balanço energético para a diminuição ou neutralização do impacto ambiental das edificações.

O diferencial dos ZEB em relação a outras propostas de sustentabilidade em edificações é que o escopo do alto desempenho energético é conseguido por meio da integração de diferentes práticas de comprovada eficiência no campo da arquitetura sustentável. Assim, estratégias de desenho passivo ou bioclimático (PA) para a diminuição da necessidade de consumo, são combinadas com o uso racional de equipamentos e sistemas energeticamente eficientes (EES) e com a adequação de fontes de energia renovável (RES) que permitem compensar a demanda de energia dos equipamentos para o confortável funcionamento da edificação (AELENEI et al., 2013b) (Figura 6).

Quando visto desde o tipo de balanço energético alcançado, os ZEB são classificados segundo Torcellini et al. (2006) em quatro tipos: Rede Local de Energia Zero (*Local Net Zero Site Energy*), que produz a energia necessária para seu funcionamento anual do local ou terreno de implantação; Rede de Produção de Energia Zero (*Net Zero Source Energy*), edifício que produz a energia necessária para operação anual por meio de energias renováveis; Rede de Custo de Energia Zero (*Net Zero Cost Energy*),

no qual o custo de energia para consumo anual é zero, devido à troca de energia excedente com a distribuidora; e finalmente, os Rede de Emissão de Energia Zero (*Net Zero Energy Emission*), que produz tanta energia renovável livre de emissões quanto a que utiliza de fontes de energia que produzem emissões.



**Figura 6.** Princípios de desenho dos NZEB

Fonte: Tradução do gráfico "NZEB Design" do (AELENEI et al., 2013a p.6)

De acordo com Dalbem et al. (2015) uma das maneiras de alcançar edifícios com alto desempenho, como NZEBs, é a utilização do conceito "*Passivhaus*", cujo principal objetivo é reduzir o consumo de energia das edificações, sendo o limite de energia primária de 120kWh/m<sup>2</sup>.ano.

O *Passivhaus Institute* exige o cumprimento dos seguintes cinco critérios para que o projeto possa receber certificação: a) A demanda de energia para aquecimento não deve ser superior a 15 kWh/(m<sup>2</sup>.a), ou a carga térmica não deve ser superior a

10W/m<sup>2</sup>; b) a demanda de energia para resfriamento não deve ser superior a 15 kWh/(m<sup>2</sup>.a); c) a demanda de energia primária, energia total a ser usada para todas as aplicações domésticas (aquecimento, água quente e eletricidade doméstica) não deve exceder 120 kWh/(m<sup>2</sup>.a); d) o edifício deve ser hermético, com um máximo de 0,60 renovações de ar por hora à pressão de 50 Pascal ;e) o conforto térmico deve ser atendido para todas as áreas de permanência durante o inverno, bem como no verão, não ultrapassando 10% das horas em um determinado ano à temperatura de 25 °C. A mesma autora indica ainda que o conceito *Passivhaus* surgiu para atender requisitos de climas frios, nos climas mais amenos, como no Brasil, atender aos princípios da certificação *Passivhaus* é possível, mais utilizando valores menos exigentes de transmitância térmica da envoltória opaca e fechamentos transparentes.

Retomando as ideias de Sachs (2007), em relação à sustentabilidade, é possível afirmar que o principal valor dos ZEB é que se focam na aplicação integrada de diferentes estratégias, com impacto simultâneo tanto na redução do perfil de demanda quanto na substituição significativa das energias fósseis, porém com necessidade de inclusão de estratégias que apontem ao sequestro dos gases geradores efeito estufa, o que leva à proposta da arquitetura regenerativa.

### 1.2.2.3 Arquitetura Regenerativa

A partir da crescente preocupação pelo aquecimento global e as consequentes alterações sobre o sistema Terra, vêm ressoando os conceitos de arquitetura regenerativa e design no Antropoceno. Ambos conceitos argumentam que nesta nova era do Antropoceno<sup>8</sup>, a natureza precisa assumir um novo caráter, fazendo-se

---

<sup>8</sup> Antropoceno: época geológica, contínua ao Holoceno, que é caracterizada por alteração dos sistemas naturais do planeta Terra, produto da descontrolada influência humana. Tem início associado a finais do século XVIII, no apogeu da produção tecno-industrial e do acelerado crescimento populacional (CRUTZEN,2002).

necessário não só “sustentar”, mas sim “reparar” ou “regenerar”, incorporando assim à sustentabilidade a noção de resiliência<sup>9</sup>.

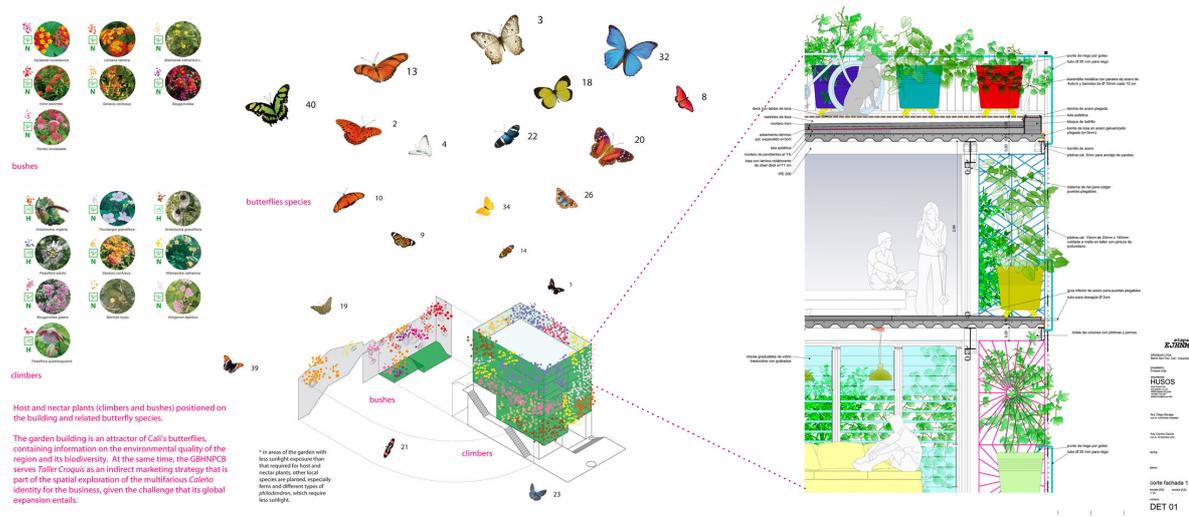
De acordo com Littman (2009), tudo o que se constrói tem potencial para a integração com o mundo natural como um parceiro igual de coevolução, incorporando nesta noção de arquitetura não só o local como também os sistemas, a energia, a construção, a fauna, a flora, etc. A arquitetura regenerativa apresenta-se assim como uma evolução dos conceitos da bioarquitetura, pela qual os sistemas naturais são assumidos como suportes da vida, mas adaptados aos tempos do Antropoceno, cujos sistemas naturais apresentam mudanças com as que as construções se deverão integrar e coevoluir de maneira positiva, impulsando em favorecendo em primeira instância à restauração do ambiente natural e posteriormente sua regeneração.

Por sua parte, Clegg (2012) indica que a arquitetura regenerativa propõe a todos a produção de alternativas de infraestruturas que permitam além da adaptação às consequências da degradação ecológica, sua reparação e consequente regeneração dos danos já existentes no meio ambiente.

Projetos como o Edifício Jardín Hospedero e Nectarífero em Calí-Colombia da *Husos Architecture* (Figura 7) ou o Santuário Monarca, em Nova Iorque-EUA, da *Terreform One*, são exemplos práticos dos conceitos expostos como arquitetura regenerativa. Por meio de particulares desenho de fachada, são gerados micro biomas naturais para a reprodução de espécies animais e vegetais originárias das localidades, que além de promover a regeneração do ambiente natural e o sequestro dos gases do efeito estufa, trazem também benefícios associados ao conforto interno e desempenho energético sustentável.

---

<sup>9</sup> Resiliência: Capacidade de um material, mecanismo ou sistema de recuperar seu estado inicial quando a perturbação a que foi submetido tiver cessado. RAE (Tradução do autor)



**Figura 7.** Projeto Edifício Jardín Hospedero e Nectarífero em Cali-Colombia da Husos Architecture.

Fonte: Plataforma Arquitectura, 2015

No entanto, Acosta (2018) alerta que, assim como a mitigação por meio da regeneração é uma diretriz importante nestes tempos, sua complementação com medidas de adaptação às consequências das mudanças climáticas, e uma mudança no modelo econômico atual se fazem também precisos nos requerimentos do Antropoceno.

Como referido no mais recente Relatório da ONU para a Mudança Climática, grandes períodos de seca, e ou inundações em áreas incomuns farão parte no curto prazo da nova realidade (IPCC, 2021), pelo que a garantia da vida em todas suas escalas, pressupõe de imediato um design construtivo que possa responder a essas variações, tanto hoje como no futuro.

Adicionalmente, o autor destaca que além do impacto sobre edificações pontuais é necessário também trabalhar na escala urbana, tornando as cidades à prova de intempéries, com possibilidade de responder a eventos extremos e reduzir a vulnerabilidade em ambientes urbanos precários, prevendo a possibilidade de realocação, se necessário.

### 1.3 A AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ENERGÉTICO SUSTENTÁVEL (DES)

Em linha com as ideias de Sachs (2007), a pesquisadora Clara Iglesias sintetiza o conceito de sustentabilidade energética com uma analogia do processo de esvaziamento de uma banheira cheia de água, para o qual torna-se necessário parar a saída de nova água, fechando a torneira, além de retirar o bujão para evacuar a água que já estava nela (BBC MUNDO, 2021). Imaginando que a banheira é o planeta Terra, já contaminado de gases geradores do efeito estufa, avançar para a sustentabilidade energética, implica ações tanto para redução das novas emissões de gases contaminantes que continuem a encher a Terra, quanto para a absorção dos gases já presentes nela.

ARQUITETURA ENERGETICAMENTE SUSTENTÁVEL			PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO	
Finalidade (SACHS, 2007)	Trajectoria do design (REED,2007)	Práticas de Arquitetura	Blocos de Análise	Foco
Redução da demanda de energia	<b>N1: Verde</b>	Arquitetura bioclimática	Otimização do consumo energético	Interação envolvente-interior
Substituição significativa das energias fósseis	<b>N2: Sustentável</b>	Edifícios de Energia Zero		Hábitos de consumo e equipamentos
Sequestro dos gases do efeito estufa	<b>N3.1: Restauradora</b>	Arquitetura Regenerativa	Balanço do desequilíbrio ambiental	Interação envolvente-exterior
	<b>N3.2: Reconciliatoria</b>			
	<b>N3.3: Regeneradora</b>			

**Quadro 2.** Alcances da arquitetura energeticamente sustentável

Assim, nesta pesquisa, os procedimentos, tecnologias e parâmetros de avaliação de desempenho energético foram abordados com base em estratégias de desenho passivas, ativas e regenerativas que permitiram complementarmente o escopo destes dois objetivos que conformam a sustentabilidade energética. Sendo organizados em dois blocos: o primeiro aborda estratégias de design passivo e a eficiência energética dos equipamentos para otimização do consumo energético; e o segundo envolvendo estratégias para a integração de energias renováveis e o sequestro dos gases de efeito estufa para o balanço do desequilíbrio ambiental (Quadro 2).

### 1.3.1 AVALIAÇÃO DA OTIMIZAÇÃO DO CONSUMO ENERGÉTICO

Na região da América Latina, as habitações de interesse social foram o foco dos primeiros trabalhos alinhados com a ideia de otimizar o consumo energético das edificações dando origem as atuais normas de desempenho térmico locais, da Argentina (1981), Chile (1982), México (2004) e Brasil (2005), (WALSH; CHEBEL LABAKI; CÓSTOLA, 2014).

Destaca-se que, na maioria dos casos, a configuração dessas “normativas verdes” locais usaram como referência certificações internacionais. Embora que neste setor são necessárias adaptações com relação às questões geográficas, climáticas, culturais e normativas, como indicado por Bueno (2010), as ferramentas desenvolvidas em outras localidades apresentam uma série de itens avaliativos plenamente aplicáveis a edifícios residenciais, e outros com potencial de adequação.

Assim, no caso do México, por exemplo, a normativa local baseada nos conceitos flexíveis da norma de eficiência energética da Califórnia, ampliou o alcance residencial para setores não residenciais e procurou a simplicidade de implementação, mediante duas alternativas de aplicação: uma com valores padrão de isolamento térmico médio, especificado em tabelas com condições simplificadas e limites de superfícies envidraçadas; e a outra com maior flexibilidade para compensar valores entre diferentes componentes do envelope, e que deverão apresentar uma estimativa do balanço energético da envolvente com um resultado inferior ao edifício de referência (EVANS, 2004).

Um enfoque similar de avaliação é seguido na última atualização da normativa brasileira para avaliação de desempenho térmico NBR 15575 (2021) pela qual são estabelecidos dois procedimentos de avaliação: um simplificado para a análise de

desempenho térmico base (mínimo), de caráter obrigatório, e baseado na comparação com valores padrões de referência; e outro de simulação computacional, para o atendimento aos níveis intermediário (I) e superior (S) de caráter facultativo, e o nível mínimo (M) no caso de não atendimento dos padrões do procedimento simplificado. Esse permite a análise de uma matriz de variáveis mais ampla, por meio do desenvolvimento de modelos computacionais, comparando o desempenho térmico do modelo real em relação ao mesmo modelo com características de referência pré-definidos na Norma.

De forma geral, um processo de simulação computacional envolve três fases, uma primeira de inserção da informação (dados de entrada), uma seguinte de calibração e execução da simulação, e finalmente, a fase de obtenção e análise de resultados (dados de saída). No caso da NBR 15.575 (2021), os dados de entrada estão divididos em cinco áreas: 1) clima da cidade; 2) paredes e coberturas; 3) áreas envidraçadas e de ventilação; 4) cargas térmicas internas (pessoas, iluminação e equipamentos); 5) operação das aberturas (Tabela 1).

Seguidamente, neste procedimento normativo, são criados dois modelos, o real e o de referência, e são simulados dois cenários: 1) com o uso de ventilação natural, que permite determinar o percentual de horas de ocupação dentro de uma faixa de temperatura de conforto (PHFT), e o valor máximo ( $T_{o_{max}}$ ) e mínimo ( $T_{o_{min}}$ ) anual da temperatura operativa de cada Área de Permanência Prolongada (APP); 2) sem o uso de ventilação natural, por meio dos quais são determinados os somatórios anuais dos valores horários da carga térmica de resfriamento ( $Cg_{TR}$ ) e aquecimento ( $Cg_{TA}$ ) de cada APP, assim como o associado nível de desempenho entre mínimo, intermediário e superior (M,I,S) alcançado pela edificação (Tabela 2).

**Tabela 1.** Dados de entrada no procedimento de simulação da NBR 15.575 (2021)

DADOS DE ENTRADA					
AREAS DE ESTUDIO	INDICADORES	UNIDADE	CARACTERÍSTICAS		
<b>Clima</b>	Temperatura de bulbo seco	°C	Arquivo Climático com valores mensais de temperatura média do solo, para todos os meses do ano, além dos valores horários representativos dos indicadores nas 8 760 h do ano meteorológico típico.		
	Temperatura ponto de orvalho	°C			
	Umidade Relativa	%			
	Pressão Atmosférica	Pa			
	Temperatura do solo	°C			
	Radiação Horizontal	Wh/m2			
	Radiação global, direta e difusa	Wh/m3			
	Direção do Vento	Graus			
Velocidade do Vento	(m/s)				
<b>Paredes e Coberturas</b>	[U] Transmitância Térmica	(w (m2/K))			
	[α] Absortância Solar	%			
	[C] Capacidade Térmica	(KJ/m2 K)			
	[Pv] Percentual das área ventilación	%			
<b>Abertura (áreas envidraçadas e de ventilação)</b>	[Pt] Percentual elemento transparente	%			
	Fator Solar	%			
	Ventilação	Ren/h	Padrão de mínimo 1ren/h (em ambiente fechado-ventilação por frestas) ou 5ren/h (ambiente com portas e janelas abertas)		
	Sombreamento	%	Considerando dispositivo capaz de cortar mínimo 50% da radiação direta		
<b>Operação de aberturas</b>	<b>Com Ventilação</b>	Janelas das Áreas de Permanência Prolongada	Abertas com % infiltração segundo fabricante		
		Janelas das Áreas de Permanência Transitória	Fechadas com infiltração por frestas (Tab 18): Infiltração Portas 0,0024 kg/s.m Infiltração Janela 0,00063 kg/s.m		
		Banheiros	Janelas sempre abertas / portas fechadas		
		Portas	Abertas com exceção da porta de entrada		
		Protetores Solares	Abrir com Temp menor a 26 °C Fechar com Temp maior a 26 °C		
	<b>Sem Ventilação</b>	Sistema de Refrigeração	Temperatura Setpoint 23 C. Acionamento só no período de ocupação do APP		
		Sistema de Aquecimento	Temperatura Setpoint 21 C. Acionamento só no período de ocupação do APP		
		Portas e janelas das UH	Fechadas durante todo o ano, com exceção da janela do banheiro		
		<b>Cargas térmicas Internas (pessoas, iluminação e equipamentos) - devem ser os mesmos durante todo o ano incluindo finais de semana</b>	<b>Conforto</b>	[TBS] Temperatura média externa de bulbo seco	Intervalo 1   TBS menor 25 C Intervalo 2   TBS entre 25 C - 27 C. Intervalo 3   TBS maior 27 C
				[To] Temperatura operativa (confort)	Intervalo 1  To= entre 18-26 C Intervalo 2  To= menor 28 C Intervalo 2  To= menor 30 C
<b>Pessoas</b>	Padrão de uso e ocupação		% uso	Calculado por hora y % de ocupação (ex: tabela 13)	
	Taxa Metabólica		W/m2	Dormitorio = 45 W/m2 Sala assistindo TV = 60 W/m2	
	Calor produzido por uma pessoa (1,80m2 de área de superfície corporal)		W	Dormitorio = 81 W. Sala assistindo TV = 108 W	
<b>Iluminação</b>	Fração Radiante			0,3 (ex. Tabela 14)	
	Padrão de uso iluminação artificial		% uso	Calculado por hora e % de uso (ex: tabela 15)	
	[DPI] Densidade Potência instalada		W/m2	A depender da Luminária usada (ex. Tabela 16 da normativa Brasileira)	
	Fração Radiante				
Fração Visível					
<b>Equipos</b>	Horário de uso (apenas APP da sala)		14:00 - 21:59 h		
	Potência de equipamentos	W			
	Fração Radiante		0,3 (ex. Tabela 17)		

Fonte: Elaboração própria com base na NBR 15.575 (2021)

**Tabela 2.** Dados de saída no procedimento de simulação da NBR 15.575 (2021)

CONDIÇÕES	DADOS DE SAÍDA			AVALIAÇÃO	
	INDICADORES	UNIDADE	CARATERÍSTICAS	NÍVEIS	CRITÉRIOS
Com uso de Ventilação Natural	[PHFT] Percentual de Horas em Faixa de Temperatura Específica	%		M	PHFT(real) > 90% PHFT(ref). Tomax (real) ≤ Tomax (ref). Tomín( real) ≥ Tomín (ref)
	[Tomax] Temperatura Operativa máxima	°C	Com tolerância de temperatura de 2 °C em UH no pavimento de cobertura	I	Incremento do PHFT(real) em relação ao PHFT(ref). Tomax (real) ≤ To max (ref) Tomín( real) ≥ Tomín (ref)
	[Tomín] Temperatura Operativa mínima	°C	Com tolerância de temperatura de 1 °C em todas as UH	S	Incremento do PHFT(real) em relação ao PHFT(ref). Tomax (real) ≤ To max (ref) Tomín( real) ≥ Tomín (ref)
Sem uso de Ventilação natural	[CgTR] Cargas Térmicas por Refrigeração	(KWh/a)		M	Baseia-se na capacidade de incremento do PHFTUH(real) ( $\Delta$ PHFT) e de redução das cargas de refrigeração total (RedCgTR), e carga térmica total (RedCgTT)
	[CgTA] Cargas Térmicas por Aquecimento	(KWh/a)	Só em casos de temperatura média anual menor a 25 °C	I S	

Fonte: Elaboração própria com base na NBR 15.575 (2021)

### 1.3.2 AVALIAÇÃO DO BALANÇO DO DESEQUILÍBRIO AMBIENTAL

Além da avaliação do desempenho térmico, que permite a visualização de estratégias para otimização do consumo, a sustentabilidade energética na arquitetura implica também a procura do equilíbrio ambiental por meio da reconfiguração das fontes de energia, valorizando as locais e renováveis e sua associação com práticas que permitam o sequestro dos gases de efeito estufa gerados.

De acordo com Sachs (2007), o que diferencia a revolução energética atual de outros processos prévios, é que mesmo que existisse um aumento da força do imperativo ecológico desencadeada pelas mudanças climáticas, nenhuma das energias alternativas oferece, por enquanto, vantagens econômicas claras com relação ao petróleo e seus derivados, o que dificulta e diminui a velocidade de desligamento do mercado mundial dessa fonte de geração de energia. No entanto, o mesmo autor aposta por uma transição ordenada da era do petróleo ao pós-petróleo, mediante acordos e ações globais que regulamentem o uso das energias fósseis em prol do progressivo crescimento do mercado das energias renováveis. Por exemplo, a questão da utilização parcial dos *royalties* do setor petrolífero para financiar as energias renováveis e o desenvolvimento sustentável.

Ações como essas, embora não impeçam diretamente o uso da energia fóssil, insustentável no curto prazo em petro-estados como na Venezuela, abrem caminho para uma expansão progressiva e viável dos mercados de energia renovável. Torna-se importante, por sua vez, a integração neste processo de ações que permitam também o sequestro dos gases de efeito estufa.

A esse respeito, ainda que existam pesquisas em andamento que procuram a geração de tecnologias de absorção de CO<sub>2</sub> da atmosfera, a restauração global de árvores e ecossistemas mostra-se ainda como a solução de redução de carbono mais eficaz até o momento (BASTIN et al., 2019). No entanto, sua eficácia precisa de grandes áreas de reflorestamento, pois ainda que todas as árvores não tenham o mesmo potencial captador, quanto maior o tamanho da árvore, maior sua superfície foliar e maior assim seu potencial captador de CO<sub>2</sub> (QUICENO GALLEGO, 2015). Essa realidade dificulta sua incorporação em ambientes urbanos pois implicaria necessariamente a demolição das grandes áreas impermeabilizadas típicas desses ambientes.

Por sua parte, no que tem a ver com a geração de energia limpa, destaca-se no contexto urbano a energia solar fotovoltaica, que, além de gerar eletricidade de forma distribuída, é inesgotável, silenciosa, estática, extremamente simples em sua operação, e possui característica modular que facilita sua integração às edificações (ZOMER, 2010). Além disso, em relação aos custos é de pouca manutenção e seu valor tem progressivamente diminuído na última década, tendência que se espera que continue e que vai fazendo aos poucos mais comum a incorporação dos módulos fotovoltaicos em práticas de *retrofit* sobre edificações existentes ou como material de vedação em obras novas.

De acordo com o Ruther (2004), a integração fotovoltaica nas envoltentes das edificações é uma das formas mais elegantes e eficientes de instalar um gerador solar

no contexto urbano, uma vez que a pele do edifício funciona como estrutura de suporte para os módulos fotovoltaicos, e a instalação elétrica do edifício como interface elétrica entre o gerador solar e a rede pública de energia.

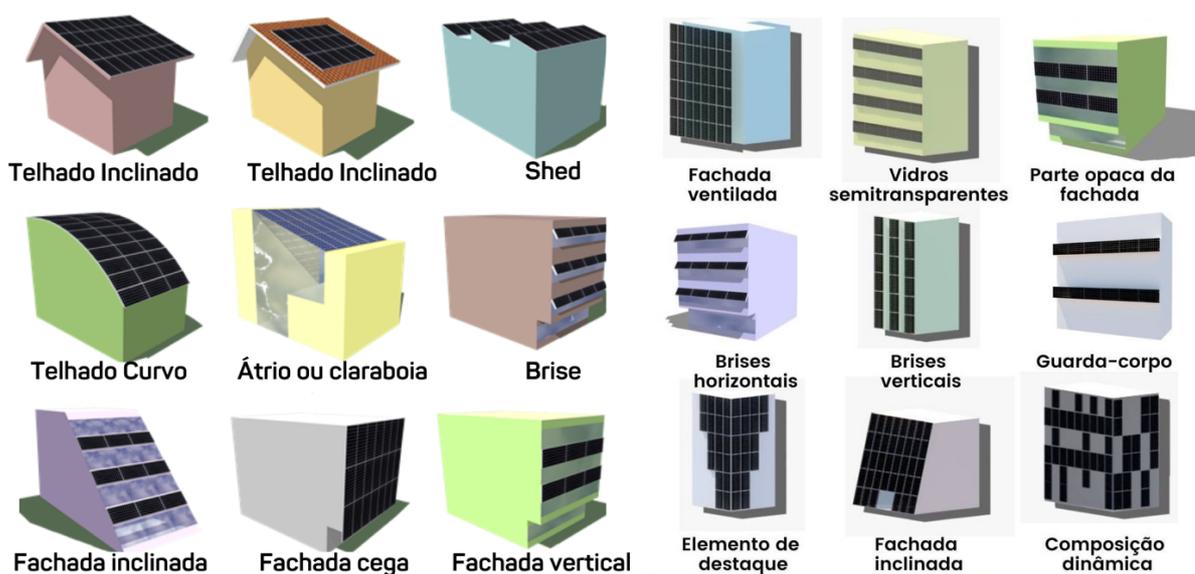
Adicional aos benefícios próprios do sistema fotovoltaico (diminuição dos custos de eletricidade, redução do uso de combustíveis fósseis e emissão de gases de efeito estufa), de acordo a forma de integração com a edificação, seu uso pode levar também à economia em materiais de construção quando usado como vedação, e melhoras no desempenho energético global, reduzindo as demandas de cargas térmicas internas, quando usado como elemento de sombreamento (AN et al., 2018; SALAMEH et al., 2020), beneficiando integralmente o desempenho energético da edificação tanto de forma passiva como ativa.

De forma geral, os sistemas fotovoltaicos são compostos por módulos e inversores. Os primeiros para a captação da energia solar, e os segundos para a conversão do sinal elétrico contínuo em alternado. E, de acordo com a forma de armazenamento da energia, podem ser classificados como sistemas conectados à rede, quando a energia é armazenada na rede elétrica da cidade, e sistemas isolados ou autônomos, quando a energia é armazenada em baterias.

Por sua parte, quando relacionado à integração em edificações, existe também uma classificação interessante de apontar, tendo de um lado os sistemas fotovoltaicos integrados (BIPV "*Building-Integrated Photovoltaics*"), e do outro os sistemas fotovoltaicos aplicados à edificação (BAPV "*Building-Applied Photovoltaics*"). Um sistema BIPV consiste na utilização de elementos de geração fotovoltaica como parte funcional da estrutura do edifício, sendo funcional, estética e energeticamente integrada à edificação (NAZARENO et al., 2014). Nos sistemas BIPV, os elementos de geração são entendidos como materiais fotovoltaicos, e substituem materiais de

construção convencionais, podendo atuar como vedação de coberturas e de fachadas dos prédios (PETTER JELLE; BREIVIK; DROLSUM RØKENES, 2012), sistemas de sombreamento, vidraças, fachadas de vidro semitransparente, painéis exteriores, clarabóias, parapeitos, dentre outros (HAGEMANN, 1996).

No entanto, esta integração como elemento construtivo da edificação não pode sempre ser obtida com eficácia, sobretudo em edificações já construídas, dando lugar ao outro tipo de sistema, os BAPV que consiste na aplicação de módulos FV sobre a estrutura já construída da edificação, com características diferentes, ou não, de orientação e inclinação. Geralmente, esse tipo de sistema não substitui o material de vedação e nem a cobertura, são instalados sobrepostos à cobertura da edificação, necessitando de estruturas que sirvam como suporte e determinam a inclinação e a orientação dos módulos (NAZARENO et al., 2014). Ambos os sistemas BIPV e BAPV podem atuar como materiais multifuncionais que reproduzam projetos inovadores de envelope na construção (POLO LOPEZ; SCOGNAMIGLIO; FRONTINI, 2014), com impacto direto na eficiência energética e o conforto ambiental (Figura 8).



**Figura 8.** Formas de Integração da energia solar ao projeto arquitetônico

Fonte: Arquetando Energia Solar (2022)

De acordo com Custódio et al. (2022), a “qualidade da integração arquitetônica-fotovoltaica” é o resultado coerente de aspectos construtivos, funcionais (objetivos) e estéticos-formais (subjetivos). Entendendo como aspectos objetivos: 1) influência da integração fotovoltaica no desempenho energético do edifício; 2) geração de energia, rendimento de energia do sistema; e 3) viabilidade econômica. Como aspectos de avaliação subjetiva, tem-se a geometria, a materialidade e o padrão modular do sistema fotovoltaico, sua visibilidade, e sensibilidade do contexto.

Assim, a projeção e/ou avaliação de um sistema fotovoltaico implica diretamente para os projetistas a ampliação dos conhecimentos em torno das características dos equipamentos fotovoltaicos disponíveis no mercado, dados do consumo elétrico mensal/anual da edificação, características de radiação do local, referências do sombreamento do contexto sobre a edificação, assim como o reconhecimento do perfil de chuva, temperatura e ventilação para projeção das necessidades de limpeza e manutenção dos equipamentos. E por sua vez, a gestão de referências metodológicas para o dimensionamento e cálculo estimativo da geração energética e o impacto no consumo elétrico da edificação. A respeito desse último, a pesquisa da Zomer (2010) referencia um processo metodológico interessante que permite o cálculo destas variáveis:

- 1) Inicia-se com a definição do consumo elétrico da edificação e as porcentagens de sombreamento sobre as áreas e superfícies disponíveis para a colocação dos módulos.
- 2) A seguir, identifica-se o tipo de módulo mais apropriado para o caso, e o número de módulos a serem instalados, calculando assim a potência instalada do sistema.
- 3) Posteriormente, esta potência instalada é calibrada com a realidade da radiação solar média das superfícies instaladas de acordo com as variações de orientação e inclinação dos módulos e porcentagens de sombreamento;

- 4) E finalmente, define-se a estimativa real de geração fotovoltaica por mês e ano, e seu percentual de impacto sobre o consumo elétrico da edificação

### 1.3.3 TECNOLOGIAS DE AVALIAÇÃO

Existem na atualidade uma variedade de ferramentas tecnológicas que auxiliam a projeção e avaliação energética na arquitetura. Nesta pesquisa elas foram divididas em dois grupos: 1) as ferramentas de referência que auxiliam na visualização e compreensão dos dados de entrada das simulações de desempenho energético das edificações, tais como o clima local, a materialidade dos componentes construtivos, ou as características dos equipamentos e sistemas energéticos; e 2) as ferramentas de simulação, agrupando neste item as tecnologias que fazem uso da modelagem 3d ou maquete virtual com as características do cenário real para a projeção e análise do comportamento energético da edificação.

#### 1.3.3.1 Ferramentas de Referência

São de destaque neste grupo pela facilidade de acesso, e utilidade dos dados fornecidos, o Software *Climate Consultant*® desenvolvido pelo *Energy Group Design* da Universidade da Califórnia em Los Angeles (UCLA) e, a Plataforma *Projeteee* desenvolvida pelo PROCEL/Eletróbrás pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC no Brasil.

O *Climate Consultant*® permite organizar e representar informações climáticas para facilitar seu entendimento, mostrando os atributos sutis do clima e seu impacto na forma construída (MILNE et al., 2009). Além disso, o software vem associado à plataforma *Project Architecture 2030*, a qual possibilita uma guia de práticas de design para o escopo de ambientes sustentáveis e resilientes.

No que refere ao Projeteee (Projetando Edificações Energeticamente Eficientes), é uma plataforma brasileira que possibilita aos profissionais da construção civil a integração da variável da eficiência energética a seus projetos, visando, a redução da demanda energética, sem perder o conforto dos usuários no interior das edificações (PROJETEEEE, 2022).

Assim a plataforma apresenta: 1) Dados de caracterização climática de mais de 400 cidades brasileiras, associadas a indicações práticas de estratégias bioclimáticas para cada caso; 2) Dados de propriedades térmicas de uma variedade de componentes construtivos e disponibiliza uma ferramenta para o cálculo de transmitância térmica de componentes sugeridos pelo usuário; 3) Conteúdo didático sobre o funcionamento e aplicabilidade de equipamentos de condicionamento de ar, iluminação e de geração distribuída para a eficiência energética de edificações. Ainda que desenvolvida com e para o contexto brasileiro, a amplitude e relevância das informações oferecidas na plataforma a tornam uma importante fonte de referência para o desenvolvimento de projetos energeticamente eficientes no mundo.

#### 1.3.3.2 Ferramentas de Simulação

No que refere à sustentabilidade energética, é de importância o estudo e visualização conjunta de diferentes componentes da edificação, sendo comum o uso complementar de diferentes plataformas tecnológicas, tanto de representação e modelagem digital de informação BIM (*Building Information Modeling*) quanto de análises energéticas específicas agrupadas segundo a nomenclatura de BEM (*Building Energy Modeling*). Esses últimos envolvem variedade de áreas de estudo (termo energético, iluminação, ventilação, geração de energia) e são a base das avaliações e certificados de desempenho energético.

Na atualidade, ainda que existente um fluxo de trabalho entre as plataformas tecnológicas BIM e BEM, sua correta interoperabilidade é ainda complexa, sendo frequente erros de processamento, retrabalhos, atrasos, e insegurança no uso por parte dos profissionais da área (ELAGIRY et al., 2019).

Em seus estudos a respeito, Armijo et al. (2021) e Porsani et al. (2021) referem que o processamento de dados resulta mais confiável quando é utilizado o mesmo software tanto para a criação do modelo, como para a análise. Essa integração é frequentemente possível nas ferramentas BEM, mas pelo seu fim, voltado mais à análise específica que à representação global, o modelador gráfico destas plataformas tende em geral a ser mais complexo, menos adaptável e visualmente menos intuitivo e compreensível que outras ferramentas de modelagem. É assim que, na prática, o fluxo de trabalho dessas plataformas de análise precisa ser auxiliado por software externos de modelagem, como no caso do *Energy Plus* (desempenho energético) e o *PVSyst* (sistemas fotovoltaicos), que se auxiliam com o *SketchUp*.

Por sua parte, no que refere às plataformas BIM, ainda que menos comum a direta integração com ferramentas BEM, softwares de vanguarda comercial como o *Graphisoft Archicad* e o *Autodesk Revit*, fazem uso de *Pluggins* integrados que permitem o desenvolvimento de análises energéticas. Porém, como citado na pesquisa de Pimentel et al. (2020), o aprofundamento das análises geradas nessas plataformas pode ser em alguns pontos menor que o alcançável com plataformas BEM, e o exigido por algumas normativas. Porém é importante notar que a exportação da informação modelada nestes programas, em formatos compatíveis com plataformas BEM, é possível em ambos softwares.

No caso do *Autodesk Revit*, estes estudos são desenvolvidos por meio dos *Pluggins* para download *Green Buildings Studio* - ferramenta de análise energética que

procura um custo zero de energia do edifício, analisando sua poluição e sustentabilidade para ajudar a cumprir as mais rígidas regulamentações internacionais sobre energia, água e análise de CO<sub>2</sub>” (MORENO, 2009). Enquanto isso, a principal ferramenta do *Graphisoft Archicad* para esses fins é denominada *EcoDesigner*, e vem integrada diretamente no programa. É considerado por Llave Zarzuela et al. (2019) um dos softwares mais precisos na realização de avaliações de desempenho energético, pois sua faixa de erro é inferior a 5%. Essa ferramenta de análise de balanço energético e impacto de carbono, suporta a criação de múltiplos blocos térmicos, e leva em consideração parâmetros como a orientação, a quantidade de cômodos da edificação e o padrão de uso de equipamentos (MORENO, 2009).

De acordo com a pesquisa de Llave Zarzuela et al. (2019), o alcance da análise de desempenho energético de ambos os softwares BIM mostra-se similar, com variações mais relacionadas à forma em que são expostos os dados pertinentes para o estudo, que no âmbito dos resultados obtidos. No entanto, é importante destacar que o referencial acadêmico do primeiro *software* se mostrou menor que o segundo, vislumbrando-se a necessidade de ampliação do campo de conhecimento em torno ao *Graphisoft Archicad*, como um fator de relevância no desenvolvimento desta pesquisa.

#### 1.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO 1

Por sua envergadura e agilidade construtiva, que permitiu a construção de mais de 1.000.000 de habitações em seus primeiros 4 anos, a *Gran Misión Vivienda Venezuela* (GMVV) é considerada como o maior processo urbano contemporâneo da Venezuela nas últimas décadas. Porém, o contexto normativo que acompanha o Programa, ainda que com alinhamentos teóricos gerais que favorecem práticas de sustentabilidade nas construções, apresenta limitações sobre os procedimentos parâmetros e metodologias que permitam levar esses alinhamentos à prática.

Autores como Sachs (2007) referem que na atualidade do aquecimento global uma prática energeticamente sustentável implica estratégias que permitam de forma integrada a redução do consumo energético, a substituição significativa de energias fósseis e o sequestro dos gases de efeito estufa, com a finalidade de atingir o que Reed (2007) define como um design ambientalmente correto, que permite a passagem da arquitetura verde (modelo fragmentado) à regenerativa (modelo completo).

Práticas construtivas contemporâneas como a Arquitetura Bioclimática, os Edifícios de Energia Zero e a Arquitetura Regenerativa referem estratégias de como integrar as linhas teóricas de Sachs e Reed ao âmbito prático. No primeiro caso, focando o olhar na interação da envolvente com o interior da edificação, aplicando estratégias de desenho passivo que permitam a redução de consumo energético para conforto interno. A seguir, os Edifícios de Energia Zero integram este desenho passivo com estratégias de eficiência energética de equipamentos e utilização de fontes de energia renovável para o fornecimento das edificações, permitindo além de uma maior diminuição do consumo, a substituição das energias fósseis, destacando para esses fins, no caso de Caracas, a energia solar. E, finalmente, a arquitetura regenerativa integra nestas estratégias o interesse pelo sequestro dos gases de efeito estufa, e a revitalização dos ambientes construídos, com ênfase na capacidade da vegetação para o natural exercício desta função.

Assim, a avaliação da sustentabilidade energética no ambiente construtivo implica necessariamente na análise integrada de diferentes variáveis, tanto para a otimização do consumo quanto para o balanço do desequilíbrio ambiental. Na atualidade, são variadas as tecnologias e metodologias que abordam esses fins, desde o prescritivo referencial, quanto a análise por simulação computacional. Nesse último, se faz

possível análises mais aprofundados, porém com um maior grau de dificuldade na sua elaboração e interpretação.

Neste sentido, vem-se destacando no mercado os softwares como o *Graphisoft Archicad* que por meio da ferramenta *Ecodesigner* permite a integração dos benefícios das plataformas BIM (modelado de informação), e BEM (modelado de energia) num mesmo programa, simplificando o trabalho, e facilitado a obtenção de valores referencias do desempenho energético das edificações como parte do processo do projeto. Porém, as pesquisas que avaliem o alcance e funcionamento do software para estes fins ainda não são tão comuns no ambiente acadêmico, tornando seu aprofundamento necessário.

## CAPÍTULO 2: PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

---

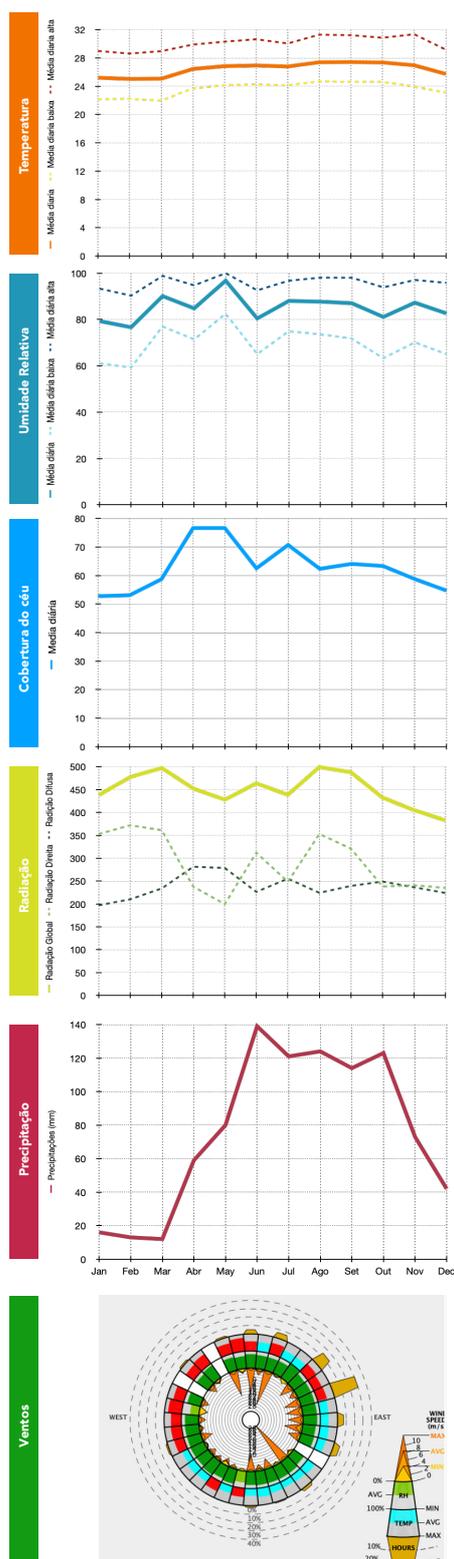
Neste capítulo, são expostos os procedimentos metodológicos, iniciando com a classificação da pesquisa, e a caracterização da edificação selecionada como Caso Modelo. Seguidamente, é apresentada a caracterização dos softwares utilizados: o *Climate Consultant* e o *Ecodesigner do Graphisoft Archicad 23* e as etapas de avaliação, organizadas em quatro fases: 1) Simulação de desempenho do Cenário Base; 2) Definição de estratégias de modificação dos cenários; 3) Simulação de desempenho dos cenários modificados; e, 4) Análise comparativa dos resultados.

### 2.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa de mestrado em arquitetura e urbanismo é de natureza aplicada, com foco na observação do desempenho energético de habitações multifamiliares verticais; utilizou a abordagem quantitativa para observar o fenômeno; adotou como objetivo explicativo, procurando entender o comportamento do fenômeno, sobretudo suas causas; e utilizou o procedimento de simulação computacional numa situação particular de habitação do programa venezuelano GMVV em Caracas, Venezuela.

### 2.2 CARACTERIZAÇÃO DO CASO MODELO

Com a finalidade de que os resultados neste estudo fossem representativos do repertório construído da GMVV, na escolha do caso modelo, procurou-se uma edificação tipo, com acesso a maior quantidade de informação técnica relevante para a realização das análises de desempenho energético, e que tivesse possibilidades espaciais para a integração de sistemas de energias renováveis. Sendo escolhido o Condomínio Residencial *Ciudad Tiuna*, uma intervenção de grande porte nas áreas de expansão da cidade, e dentro dele o Edifício Tipo 1 que apresenta orientação solar predominante do conjunto.



**Figura 9.** Clima de Caracas-VE

Fonte: Elaboração com base no Climate Consultant ®, 2021

O Residencial está localizado no sudoeste da capital do país, Caracas, e foi construído no ano 2012 pela associação das empresas chinesas “China Architecture and Design Research Group” e “CITIC International Contracting Ink”, como parte dos convênios internacionais do Programa Estadual de Habitação de Interesse Social “Gran Misión Vivienda Venezuela” (GMV).

## 2.2.1 LOCALIZAÇÃO

### 2.2.1.1 Condicionantes Físicas

A Caracas Metropolitana se assenta em um vale de clima tropical e topografia acidentada, localizada no norte da América do Sul (10° latitude norte e 66° longitude oeste) com altitude de 847 m, e um clima classificado, segundo pesquisa de Rosales (2013), na Zona Bioclimática 3, sob a denominação de Quente-Úmido a Moderado, em alusão às variações sazonais presentes na localidade, que fazem com que o clima mude ao longo do ano de um tipo para o outro.

Caracteriza-se por ser uma zona de alta umidade (com média de 80% de umidade relativa), temperaturas altas durante todo o ano (na média de 26 °C), e uma amplitude térmica que não supera os 5 °C. No entanto, se faz distinguíveis nela dois períodos diferenciados, o seco (entre dezembro e

março) e o chuvoso (entre abril e novembro, com sua maior força entre junho e outubro). No período seco, a cobertura do céu é menor, ao redor de 55%, enquanto que no período chuvoso ronda a média de 75% de cobertura. Essa variação influencia por sua vez no tipo de radiação sobre as superfícies (direta ou difusa), sendo os picos de maior radiação direta entre os meses de janeiro a março, com um pico pontual no mês de agosto, porém a radiação global é em geral alta durante todo o ano, com média de 450,36 Wh/m<sup>2</sup>.

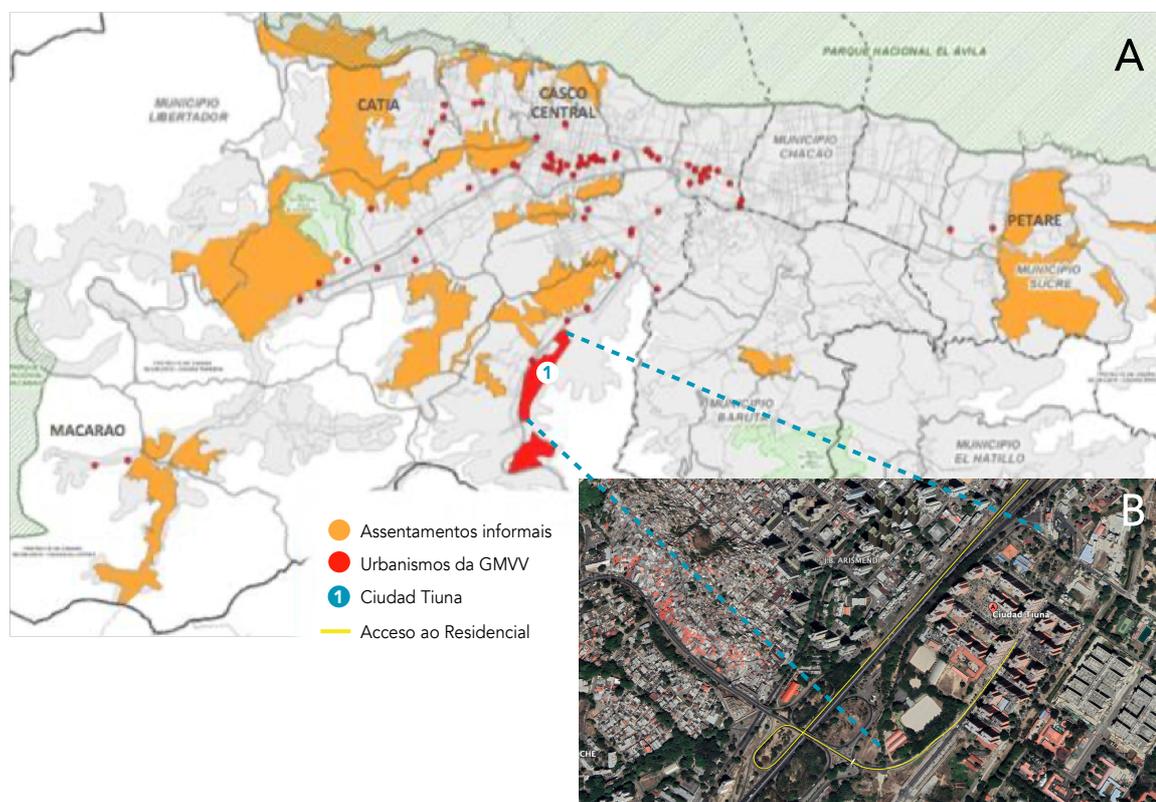
No referente aos ventos, os predominantes na região do Caribe são os Alísios do Nordeste, mas no caso da Caracas, que tem a presença de uma cadeia montanhosa no norte (O Ávila), esses ventos direcionam-se um pouco mais ao leste, com velocidade média de 2 m/s (Figura 9).

#### 2.2.1.2 Condicionantes Sociais

A Caracas Metropolitana possui uma superfície aproximada de 810.400 km<sup>2</sup> e uma população estimada para o ano 2017 de 3.319.849 habitantes (MARRERO E MARTÍNEZ, 2018). É um aglomerado urbano, que se estende entre duas entidades independentes: o estado de Miranda, com os municípios Chacao, Sucre, Baruta e El Hatillo e o Distrito da Capital com o município Libertador, sede do governo nacional (BAUTISTA, 2019). O acidentado relevo característico da sua condição geográfica de vale, além de diminuir consideravelmente os espaços habitáveis propiciando uma elevada densidade de construção e conseqüente pressão sobre os recursos hídricos e do solo, faz evidente também a desigualdade social existente e a dicotomia entre os espaços formais e informais que a conformam (Figura 10.A).

O boom petrolífero venezuelano, iniciado na década de 20 do século passado, produziu uma vertiginosa migração do mundo rural para mundo urbano que ainda não contava com condições de infraestrutura necessárias para recebê-la, originando

por uma parte uma acelerada modernização do repertório urbano da cidade, e por sua vez o crescimento de zonas habitacionais irregulares nas ladeiras da Caracas, conhecidas localmente como barrios (favelas).



**Figura 10.** A) Mapa da Cidade Metropolitana de Caracas. B) Localização do Residencial Ciudad Tiuna na Cidade Metropolitana de Caracas

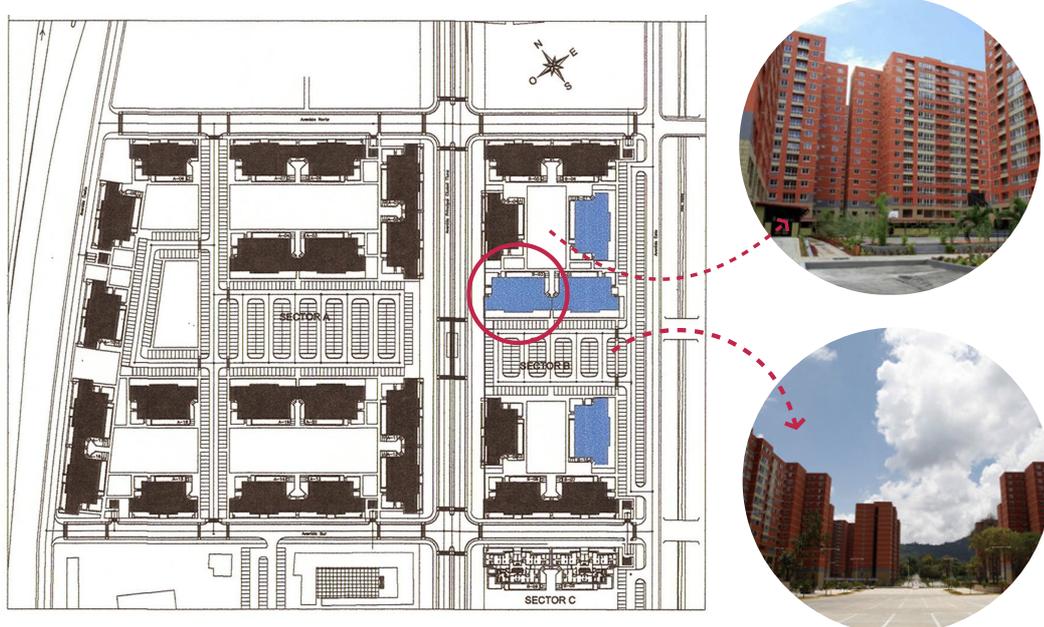
Fonte: Elaborado com base na pesquisa (SOONETS, 2018)

Esta informalidade urbana originou por sua vez a existência de muitos espaços subutilizados dentro da cidade formal, que no marco do programa GMV foram cedidos ou expropriados para a construção de habitações ou conjuntos multifamiliares, dentre eles os terrenos do Complexo Militar *Fuerte Tiuna*, onde foi construída a Cidade Tiuna (Figura 10.B). Como consequência desta particular localização, o acesso ao conjunto é limitado, conseguido só em carro particular, através da Autopista Valle-Coche, ou através de três rotas fechadas de ônibus desde as estações de metrô mais próximas. Assim o conjunto, projetado na primeira etapa para albergar 23.648 habitações precisou, por sua vez, da integração de

estacionamentos, espaços comerciais, equipamentos urbanos de saúde, educação, e espaços públicos próximos.

### 2.2.2 CRITÉRIOS URBANO-ARQUITETÔNICOS

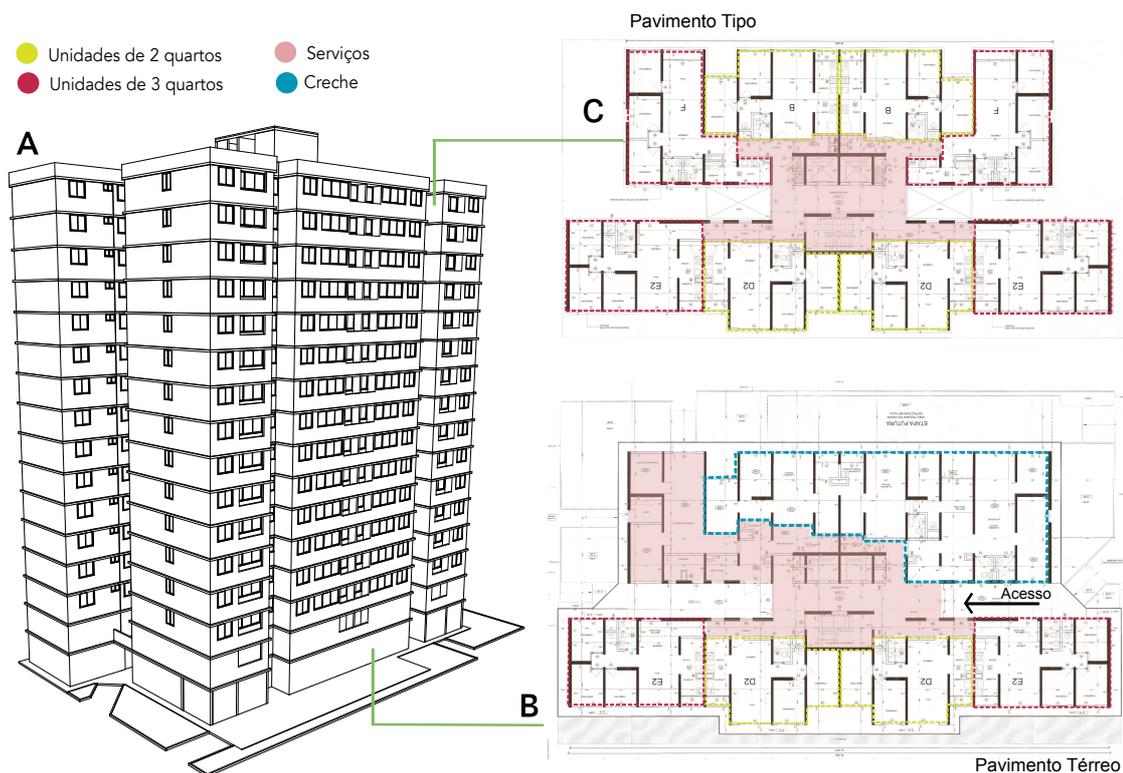
O Edifício Tipo 1-C do setor B, caso modelo desta pesquisa, tem orientação sudoeste na fachada principal, a qual se volta para um estacionamento a céu aberto, e orientação nordeste na fachada posterior, voltando-se para um equipamento desportivo (Figura 11).



**Figura 11.** Localização do caso modelo dentro do Residencial Ciudad Tiuna

Fonte: Elaboração com base nos planos do projeto.

A edificação de 426,04 m<sup>2</sup> de área, no pavimento tipo, e 48,5 m de altura, organiza-se em dois volumes, integrados pelos espaços de circulação e serviços internos, próprios do uso residencial multifamiliar. Conta com uma planta térrea de usos mistos com equipamentos coletivos, 14 andares de unidades habitacionais, e um nível de terraço superior com sala de maquinaria (Figura 12.A).



**Figura 12.** Maquete 3d do Caso Modelo

Fonte: Elaboração com base na planimetria do projeto.

A planta térrea, conta no módulo de fachada principal com 4 unidades habitacionais, de dois e três dormitórios (tipo E2, D2) e no módulo posterior com uma creche e áreas de serviço. O acesso e espaços de circulação estão no centro (Figura 12.B)

Por sua vez, os 14 andares superiores, são compostos por 8 unidades habitacionais, classificados segundo tipo em F, E2, B, D2. Os dois primeiros, tipo F (75,53 m<sup>2</sup>) e E2 (71,50m<sup>2</sup>) estão localizados nas laterais e têm 3 dormitórios, enquanto os tipos B (63,71 m<sup>2</sup>) e D2 (62,27 m<sup>2</sup>) estão localizados no centro e têm dois dormitórios cada um. Todas as unidades contam com pelo menos uma fachada voltada ao exterior, e áreas integradas para sala estar-jantar, cozinha-lavanderia e banheiro (Figura 12.C).

Finalmente, no andar superior, encontra-se o terraço, espaço predominantemente a céu aberto, com uma pequena área fechada central para os usos de sala de máquinas, depósito e saídas dos dutos de ventilação.

### 2.2.3 MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

No referente aos materiais construtivos, a edificação é suportada por paredes estruturais de concreto, com fechamento de paredes de bloco de argila e janelas corrediças com marco de alumínio de diferentes proporções (tabela da Figura 13). No acabamento exterior da edificação utilizou-se tinta de cor creme para as fachadas do piso térreo, cor cinza para as do primeiro andar, e vermelho para os demais andares.



**Figura 13.** Detalhamento das janelas e fachada principal do Caso Modelo

Fonte: Planimétrica do projeto

### 2.2.4 EQUIPAMENTOS E HÁBITOS DE CONSUMO ENERGÉTICO

Resolvida a maior parte da emergência habitacional pelas chuvas do 2010, a segunda etapa da GMVV contemplou a inclusão de trabalhadores, sobretudo os do setor público, nos benefícios do Programa. O cenário de simulação desta pesquisa é parte dessa segunda etapa, pelo que a população considerada se caracterizou como

pertencente à classe média, sob o cálculo de 3,4 pessoas por família (INE,2011), com tendência ao alto consumo energético tanto pelos custos subsidiados da energia no país, quanto pela facilidade de acesso à oferta de equipamento do Programa estadual *"Mi Casa Bien Equipada"* (MCBE).

Em relação aos usos de energia elétrica atual, considerou-se a climatização, a refrigeração, a iluminação, o aquecimento de água, a cozinha, a limpeza de roupas, o entretenimento, e a informática como os principais no setor residencial venezuelano (QUIROZ, 2016). Complementando os dados de consumo estatístico, potência média dos equipamentos e uso de luminárias, segundo os referentes publicados no marco da *"Misión Eléctrica Venezuela"* (MPPEE,2013) e as pesquisas de Sosa Griffin; Siem (2004) e PROCEL (2006).

É de ressaltar ademais que, tanto o Programa MCBE quanto o projeto de instalações do Caso Modelo oferecem a possibilidade de variação nos tipos de equipamentos a utilizar nas habitações, sendo possível dentro da oferta dos equipamentos e pontos de conexão, a escolha de ar condicionado ou ventilador para climatização, de fogão elétrico ou a gás para a cozinha e de aquecedor elétrico ou a gás para a água. Levando assim a mais de um cenário admissível de consumo por equipamentos, no caso modelo.

Assim, nesta pesquisa foram determinadas duas possibilidades referenciais de consumo por equipamentos: a opção "A" que favorece a climatização por ventilação natural, o uso de luminárias fluorescentes e equipamentos elétricos para cozinha e aquecimento de água; e, a opção "B", que favorece o uso de ventiladores para climatização, luminárias LED e equipamentos à gás para a cozinha e aquecimento de água (Tabela 3).

**Tabela 3.** Possibilidades de consumo por equipamento do Caso Modelo.

CONSUMO ELÉTRICO DE FAMÍLIA CLASSE MÉDIA VENEZUELANA						OPÇÃO A		OPÇÃO B	
Usos setor Residencial	MCBE	Equipamento	Horas de uso/m	Potência (W)	Consumo (Kwh)	Equipamento	Consumo (Kwh)	Equipamento	Consumo (Kwh)
Climatização	<input checked="" type="checkbox"/>	Ar- Condicionado	240	2000	480				
	<input checked="" type="checkbox"/>	Ventilador de Chão		80	19,2			X	19,2
		Ventilador de teto		60	14,4			X	14,4
Refrigeração	<input checked="" type="checkbox"/>	Geladeira	240	480	115,2	X	115,2	X	115,2
Iluminação	<input checked="" type="checkbox"/>	Fluorescente	120	15	1,8	X	1,8		
		LED	120	6	0,72			X	0,72
Aquecimento de água		Aquecedor Elétrico	45	2000	90	X	90		
		Aquecedor a Gás	45		0			X	0
Cozinha	<input checked="" type="checkbox"/>	Fogão Elétrico	30	5000	150	X	150		
	<input checked="" type="checkbox"/>	Forno Elétrico	30	1500	45	X	45		
	<input checked="" type="checkbox"/>	Cozinha a Gás	60		0			X	0
	<input checked="" type="checkbox"/>	Microondas	15	800	12	X	12	X	12
Limpeza de roupas	<input checked="" type="checkbox"/>	Lavadora	30	2000	60	X	60	X	60
	<input checked="" type="checkbox"/>	Secadora	30	3000	90	X	90		
		Ferro	12	1000	12	X	12	X	12
Entretenimento	<input checked="" type="checkbox"/>	TV	150	80	12	X	12	X	12
		Audio	60	80	4,8	X	4,8	X	4,8
Informática		Computador	240	480	115,2	X	115,2	X	115,2
Otros	<input checked="" type="checkbox"/>	Varios			10% a mais	X	70,8	X	36,552
<b>CONSUMO TOTAL FAMÍLIA MÉDIA (3,4 PESSOAS)</b>							<b>778,8</b>		<b>402,07</b>
<b>CONSUMO TOTAL POR PESSOA</b>							<b>229,06</b>		<b>118,26</b>

Obs: Os dados de horas de uso e consumo estão calculadas para um mês (30 dias)

- ▶ Dados tomados da pesquisa (SOSA; SIEM, 2004).
- ▶ Dados tomados da pesquisa de Posse e Hábitos de Consumo Residencial da (PROCEL, 2006)
- Equipamento disponível no Programa Estadual “Mi Casa Bien Equipada” (MCBE)

Fonte: Elaborado com base em dados do Quadro 1 e dados da PROCEL,2006

## 2.3 SOFTWARES UTILIZADOS

### 2.3.1 CLIMATE CONSULTANT®

A definição de parte das estratégias de modificação para a melhora do desempenho energético dos modelos de simulação trabalhado nesta pesquisa, foram obtidos por meio do software *Climate Consultant*® e sua associação com a plataforma *Project Architecture 2030*.

#### 2.3.1.1 Critérios de Escolha

O software funciona mediante leitura de arquivos no formato EPW (*Energy Plus Website*) para a visualização de informações climáticas locais das 8.760 horas anuais de diversas estações meteorológicas pelo mundo, disponíveis gratuitamente para download na plataforma online da Energy Plus. No caso da Venezuela, para o qual este tipo de dados não se encontra tão divulgados, a plataforma se torna uma referência de valor para a compreensão do clima da cidade de Caracas e sua interação com o espaço construído.

Por sua vez, o uso do software mostra-se amplamente aceito no âmbito acadêmico brasileiro, facilitando a comunicação da informação obtida, e sua condição de gratuidade garante o acesso e aplicabilidade no âmbito venezuelano.

#### 2.3.1.2 Caracterização e Funcionamento do Software

O objetivo do software não é simplesmente plotar dados climáticos, mas sim facilitar a leitura desses dados, assim como suas interações e implicações no conforto do espaço construído. Por isso, é preciso a associação desses dados climáticos a pelo menos um modelo de conforto reconhecido: o *California Energy Code Comfort Model 2013*; o *ASHRAE Standard 5*; *ASHRAE Handbook of Fundamental Comfort Model*; e/ou o *Adaptative Comfort Model*.

Assim, são gerados gráficos de referência para cada uma das variáveis analisadas (Temperatura do ar, radiação, iluminação natural, cobertura do céu, velocidade do vento, temperatura do solo, umidade relativa, ponto de orvalho) e gráficos integrais de reconhecido valor no âmbito arquitetônico como a Carta Solar, a Rosa dos Ventos e a Carta Psicrométrica (Tabela 4).

Adicionalmente, é fornecida uma lista de diretrizes de design residencial aplicáveis no clima especificado, complementadas pela Plataforma Project Architecture 2030, com estratégias práticas para incorporar a diretriz ao projeto de edificação.

**Tabela 4.** Parâmetros de análise do Software Climate Consultant ®

DADOS DE ENTRADA	CRITÉRIO	UNIDADE	DADOS DE SAÍDA
Modelo de Conforto	California Energy Code Confort modeling	N/A	Critérios para a definição da zona de conforto
	ASHRAE Standart 5		
	ASHRAE Handbook of Fundamental Confort Modeling		
	Adaptative confort Modeling		
Arquivos climáticos no formato EPW, disponíveis gratuitamente para download na plataforma online da Energy Plus	Temperatura do ar	°C	Valores mais altos e baixos registrados
			Temperaturas de projeto
			Temperaturas médias (dia-mensal)
			Zona de Conforto
	Radiação sobre superfície horizontal	Wh/m2	Radiação Global Horizontal
			Radiação Direta Normal
			Radiação Difusa
	Radiação sobre superfície inclinada	Wh/m2	Radiação Global Horizontal
			Radiação Direta Normal
			Radiação Total em superfície inclinada
	Iluminação natural	Lux	Iluminação Global Horizontal
			Iluminação Direta Normal
	Cobertura do céu	%	Valores mais altos e baixos registrados
			Valores médios (dia-mensal)
	Velocidade do vento	M/s	Valores mais altos e baixos registrados
			Valores médios mensal (dia-mensal)
Direção do vento	%	% hora em cada orientação	
Temperatura do solo	°C	Temperatura a 0,5 m do solo	
		Temperatura a 2 m do solo	
		Temperatura a 4 m do solo	
Umidade relativa	%	Valor médio por dia de cada mês em referência à temperatura do ar	
Ponto de orvalho	°C	Valor médio por dia de cada mês em referência à temperatura do ar	

Fonte: Elaboração com base no Climate Consultant®

### 2.3.2 ECODESIGNER DO GRAPHISOFT ARCHICAD 23®

Os resultados de desempenho energético trabalhados nesta pesquisa foram obtidos por meio de simulação computacional, realizadas no *Graphisoft Archicad 23®* (versão no espanhol), um programa de plataforma BIM (*Building Information Modeling*) com possibilidade integrada de análise energética com a ferramenta *EcoDesigner*.

### 2.3.2.1 Critérios de Escolha

A interoperabilidade entre as plataformas para a geração e gerenciamento de projetos (BIM), e plataformas para a análise energética (BEM) é um dos grandes entraves da prática atual, que dificulta a inclusão de variáveis de sustentabilidade energética no processo de projeto do espaço habitado (LLAVE ZARZUELA; ARCO DÍAZ; HIDALGO GARCIA, 2019). Optou-se assim, pela utilização de um software com capacidade integrada das duas funções, BIM e BEM. Foi destacado dentre as opções do mercado o *Graphisoft Archicad* pela prévia prática profissional da autora e pela percebida necessidade de ampliação do referencial acadêmico existente em torno de sua utilização para a análise energética.

### 2.3.2.2 Caracterização e Funcionamento do Software

A análise no EcoDesigner é trabalhada em blocos térmicos, configurados em função da orientação, perfis de ocupação e sistemas de construção do projeto. Esses blocos se associam a zonas previamente definidas na maquete digital, integrando assim na análise de cada um, as características físicas-materiais das estruturas e aberturas modeladas que as compõem.

O processo adotado para a simulação de desempenho energético deve ter a capacidade de analisar a composição, funcionamento e inter-relação de diversos componentes da edificação, assim como sua interação com o contexto local (físico e humano). No software, estas áreas são trabalhadas conjuntamente mediante a criação do modelo 3D, e a inserção de dados de entrada (Apêndice A), os quais se organizam em cinco blocos:

- » **Definição do entorno:** associado ao arquivo climático da localidade, e com necessidade de direcionamento do Norte do projeto e caracterização das

barreiras para a passagem do vento e entrada de iluminação natural presentes no entorno.

- » **Caraterização da envoltória:** trabalha com a informação física dos elementos construtivos, considerando variáveis como transmitância e condutividade térmica, tamanho e forma, capacidade calorífica, absortância solar, entre outros.
- » **Perfis de operação:** trabalham com informação do uso da edificação, esquema diário de ocupação, faixas de temperatura de conforto interno, tipo e potência de iluminação, assim como a média de consumo energético por equipamento por m<sup>2</sup> de área da edificação.
- » **Sistemas HVAC:** referente às definições e capacidades dos sistemas e equipamentos para o aquecimento, refrigeração, ventilação e/ou geração de água quente na edificação.
- » **Fonte e custo da energia:** associado à informação dos tipos, proporção e custos locais das energias utilizadas para fornecer à edificação.

Com base nestes dados, são proporcionadas as informações de saída as quais são caracterizadas tanto para a edificação como um todo, quanto para cada bloco térmico. Os dados de saída apresentam-se organizados em 6 grupos:

- » **Valores chave:** com dados gerais do projeto, referentes à localização, geometria, capacidade de transferência de calor, e consumos anuais globais.
- » **Balanco energético:** que mostra uma comparação anual, por usos entre os ganhos e as perdas de energia na edificação, e pode ser referida tanto por mês quanto por semana.
- » **Perfil de temperatura diária** - que remete à variação de temperatura externa e interna resultante em relação à faixa de conforto em dias típicos (o primeiro dia dos meses de março, junho, setembro e dezembro).

- » **Dados de projeto dos sistemas HVAC** (aquecimento e resfriamento) - que mostra a demanda anual de cada sistema em kWh assim como as horas de carga anual não satisfeitas.
- » **Consumo de energia por finalidade de uso e fontes** - que apresenta em MWh a quantidade de energia consumida anualmente, seu percentual por objetivo e fontes, e seu impacto na emissão de CO<sub>2</sub>.
- » **Sistemas de energia renováveis** - com referência do impacto deste tipo sistemas de energia no desempenho e balanço energético da edificação.

Além disso, o programa proporciona a visualização do impacto do percurso do Sol sobre a edificação, o sombreamento e esquema de radiação de cada uma das aberturas modeladas (BASURTO, 2018), permitindo a definição das superfícies mais propícias para a integração de fontes de energia fotovoltaica ao projeto.

## 2.4 METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO

As análises desenvolvidas foram metodologicamente organizadas em quatro etapas:

- 1) Simulação do desempenho energético do Cenário Base com as configurações originais do Caso Modelo, e sem presença de equipamentos externos de resfriamento, para a compreensão dos requerimentos de conforto reais da edificação;
- 2) Definição das estratégias de modificação a serem incorporadas nos cenários modificados;
- 3) Simulação do desempenho energético dos cenários modificados, configurados com variações segundo as estratégias de referência definidas previamente;
- 4) Análise com a comparação dos resultados obtidos em cada um dos cenários simulados.

### 2.4.1 ETAPA 1: SIMULAÇÃO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DO CENÁRIO BASE

Com base na maquete 3d em plataforma BIM do caso modelo selecionado "Edifício Tipo 1- Condomínio Residencial Ciudad Tiuna", foi configurado o último andar de

habitações (o termicamente mais desfavorável) como espaço de referência para a simulação e análise de desempenho energético da edificação.

Assim, a maquete 3d deste nível foi dividida em 8 blocos térmicos, um para cada unidade habitacional, com a finalidade de facilitar a obtenção do valor global de consumo energético do andar. Os blocos foram nomeados em função de: uso (primeira sigla); orientação de acordo com fachada principal (segunda sigla); e localização na edificação (terceira sigla). Sendo eles: 01) H-NE-LE (Habitação-Nordeste-Lado Esquerdo); 02) H-NE-CE (Habitação-Nordeste-Centro Esquerdo); 03) H-NE-CD (Habitação-Nordeste-Centro Direita); 04) H-NE-LD (Habitação-Nordeste-Lado Direito); 05) H-SO-BE (Habitação-Sudoeste-Lado Esquerdo); 06) H-SO-CE (Habitação-Sudoeste-Centro Esquerdo); 07) H-SO-CD (Habitação-Sudoeste-Centro Direita); 08) H-SO-LD Habitação-Sudoeste-Lado Direito (Figura 14).



**Figura 14.** Blocos térmicos trabalhados na simulação

Fonte: Elaboração no Graphisoft Archicad 23 ®

É de destacar que para a análise energética, o software toma como zonas de cálculo só aquelas que estão fechadas, pelo que o estudo foi feito só sobre as unidades

habitacionais deste andar, considerando para fins da simulação, as áreas comuns de circulação como áreas exteriores.

No panorama geral da definição do entorno, usou-se o mesmo arquivo climático (VEN\_Caracas.804150 IWECC) e o modelo de conforto (Adaptative Comfort, mais ASHRAE Standard 55) utilizado na definição das estratégias bioclimáticas do *Climate Consultant*®. Pelo que a faixa de temperatura de conforto para a simulação ficou determinada entre 23 - 28,8 °C, no período com sol e entre 20,3 – 26,7 °C no período sem sol. Os arredores se definiram como pavimentados, com nível de separação do solo de 39,5 m (nível do último andar). E as barreiras de iluminação natural e vento do contexto imediato (Tabela 5) em função das opções de medição do Software.

**Tabela 5.** Dados de configuração do entorno de simulação

AREAS DE ESTUDIO	ECODESIGNER DO GRAPHISOFT ARCHICAD 23		
	DADOS DE ENTRADA	OPÇÕES DE MEDIÇÃO DO SOFTWARE	MODELO BASE
Definição do Entorno	Contexto	Proteção do vento (de acordo com a orientação)	Protegido /parcialmente protegido/ desprotegido
			N, NE, S, SO, O, NO = Desprotegido
	Proteção do sol (de acordo com a orientação)	Alto/ Médio/ Nada	E = Parcialmente Protegido
			SE = Protegido
		E, S, SO, O = Nada	
		SE = Alto	

Fonte: Elaboração de acordo com as opções de medição do Software Graphisoft Archicad 23

Quanto à materialidade, utilizaram-se para paredes e coberturas os valores de orientação, dimensões, transmitância térmica (U), e infiltração pré-estabelecidos no *software* de acordo com o material e acabamento escolhido para cada elemento no modelo BIM do projeto previamente criado, com variação manual só no % de absorvância solar de acordo com a NBR 15.575 (2021), a dizer 70% para cor escura (Apêndices E-L). E no caso das aberturas, usaram-se os valores predeterminados pelo tipo de janela sem incorporação de elementos de sombreamento, além das varandas ou sacadas do projeto original (Apêndices E-L).

Nos sistemas de construção, utilizou-se a ventilação natural como estratégia de climatização nas 8.760h do ano, com renovação de ar mínima apropriada para ambientes internos de 4 NR/h<sup>10</sup> por pessoa (GIRALDO; HERRERA, 2017); e, o equipamento elétrico *in situ* como sistema de aquecimento de água quente.

**Tabela 6.** Dados de configuração do Perfil de Operação para simulação do Cenário Base

Horário	% ocupación	Ganho de calor por pessoa (W/percapita)	Temperatura conforto		Ganho de calor interno (W/m2)	Iluminação (%)	Potência Instalada (kW/hm2)
			Máxima	Mínima			
00:00 - 00:59	100 %	94,5	26,7 °C	20,3 °C	45 (descanso)	0	11,29
01:00 - 01:59	100 %	94,5	26,7 °C	20,3 °C	45 (descanso)	0	11,29
02:00 - 02:59	100 %	94,5	26,7 °C	20,3 °C	45 (descanso)	0	11,29
03:00 - 03:59	100 %	94,5	26,7 °C	20,3 °C	45 (descanso)	0	11,29
04:00 - 04:59	100 %	94,5	26,7 °C	20,3 °C	45 (descanso)	0	11,29
05:00 - 05:59	100 %	94,5	26,7 °C	20,3 °C	45 (descanso)	0	11,29
06:00 - 06:59	100 %	94,5	28,8 °C	23,0 °C	60 (sala)	100 %	11,29
07:00 - 07:59	100 %	94,5	28,8 °C	23,0 °C	60 (sala)	100 %	11,29
08:00 - 08:59	0 %	94,5	28,8 °C	23,0 °C	0 (fora de casa)	0	11,29
09:00 - 09:59	0 %	94,5	28,8 °C	23,0 °C	0 (fora de casa)	0	11,29
10:00 - 10:59	0 %	94,5	28,8 °C	23,0 °C	0 (fora de casa)	0	11,29
11:00 - 11:59	0 %	94,5	28,8 °C	23,0 °C	0 (fora de casa)	0	11,29
12:00 - 12:59	0 %	94,5	28,8 °C	23,0 °C	0 (fora de casa)	0	11,29
13:00 - 13:59	0 %	94,5	28,8 °C	23,0 °C	0 (fora de casa)	0	11,29
14:00 - 14:59	0 %	94,5	28,8 °C	23,0 °C	0 (fora de casa)	0	11,29
15:00 - 15:59	0 %	94,5	28,8 °C	23,0 °C	0 (fora de casa)	0	11,29
16:00 - 16:59	0 %	94,5	28,8 °C	23,0 °C	0 (fora de casa)	0	11,29
17:00 - 17:59	0 %	94,5	28,8 °C	23,0 °C	0 (fora de casa)	0	11,29
18:00 - 18:59	100 %	94,5	26,7 °C	20,3 °C	60 (sala)	100 %	11,29
19:00 - 19:59	100 %	94,5	26,7 °C	20,3 °C	60 (sala)	100 %	11,29
20:00 - 20:59	100 %	94,5	26,7 °C	20,3 °C	60 (sala)	100 %	11,29
21:00 - 21:59	100 %	94,5	26,7 °C	20,3 °C	60 (sala)	100 %	11,29
22:00 - 22:59	100 %	94,5	26,7 °C	20,3 °C	60 (sala)	100 %	11,29
23:00 - 23:59	100 %	94,5	26,7 °C	20,3 °C	60 (sala)	100 %	11,29
24:00 - 24:59	100 %	94,5	26,7 °C	20,3 °C	45 (descanso)	0	11,29

Se toman os mesmos valores para todos os dias da semana

**Ganho de calor por pessoa:** Média dentre os valores de “calor produzido por uma pessoa 1,80 m2 de área de superfície corporal, oferecidos pela norma NBR 15.575 (2021)

**Temperatura interna:** Máximos e mínimos de acordo as faixas de conforto referidas no Climate Consultant

**Ganho de calor interno:** Valores para “calor produzido por área de superfície corporal” oferecidos pela norma NBR 15.575 (2021)

**Potência instalada:** Consumo médio de equipamentos por m2, calculado com base na "Opção A" de consumo mensal que ascende a 778kW/h (Tabela 3), entre a média de área dos apartamentos do cenário base (68,9m2)

<sup>10</sup> NR/h – Número de renovações por hora (Renovações de ar por hora - ren/ar/h).

No perfil de operação (Tabela 6), trabalhou-se com o mesmo perfil para todos os dias da semana, com valores de ganho calorífico por pessoa, temperatura interna de conforto, ganho de calor interno, e iluminação diferenciados por hora de acordo ao estado de ocupação da habitação no perfil de uma família de classe média com trabalho no horário comercial venezuelano (de 8 horas da manhã até as 18 horas da tarde). Em relação à potência instalada, utilizou-se a média de 11,29 kW/m<sup>2</sup>, em concordância com a opção "A" de consumo por equipamentos definido previamente. Finalmente, em relação às fontes e custos da Energia, tomou-se como fonte principal a hidroelétrica (60%), secundária a termoelétrica (40%) com 15% proveniente de fonte de petróleo e o 25% do gás natural, e como custo, a referência de 0,11 Bs/kWh, que ainda que esperado um aumento próximo, é o valor fixo válido ao momento de realização desta pesquisa.

#### 2.4.2 ETAPA 2: DEFINIÇÃO DAS DIRETRIZES DE MODIFICAÇÃO

Nesta etapa, determinaram-se as variações do espaço habitado a serem incorporadas nos modelos modificados de simulação. No caso do Cenário Modificado 1 (CM1) se fez uso do software *Climate Consultant 6.0.13*®, para a visualização dos principais parâmetros climáticos locais, determinação da Carta Psicrométrica da cidade e a definição das principais diretrizes e práticas de design bioclimático sugeridas no clima especificado. Seguidamente, estas diretrizes foram comparadas com as características construtivas do caso modelo, determinando assim, as principais estratégias de otimização de consumo a serem incorporadas no CM 1.

Na determinação das variações do Cenário Modificado 2 (CM2), adotou-se a metodologia de estimativa de geração fotovoltaica trabalhada na pesquisa de Zomer (2010). Tornando necessário a análise de sombreamento do contexto, executado por meio da ferramenta de Percurso do sol do *Graphisoft Archicad 23*®, e a definição das

médias locais de irradiação solar sobre superfícies inclinadas, obtidas no *Climate Consultant*®

Assim, foram definidas as superfícies da edificação com maior potencial para a integração fotovoltaica, a estimativa de perdas por orientação e sombreamento, a calibração da geração de energia, e finalmente o percentual de contribuição da geração fotovoltaica no perfil de consumo do cenário de estudo, dado essencial a ser incorporado na simulação do Cenário Modificado 2 para a quantificação do impacto da integração fotovoltaica no desempenho energético da edificação.

#### 2.4.3 ETAPA 3: SIMULAÇÃO DE DESEMPENHO DOS CENÁRIOS MODIFICADOS

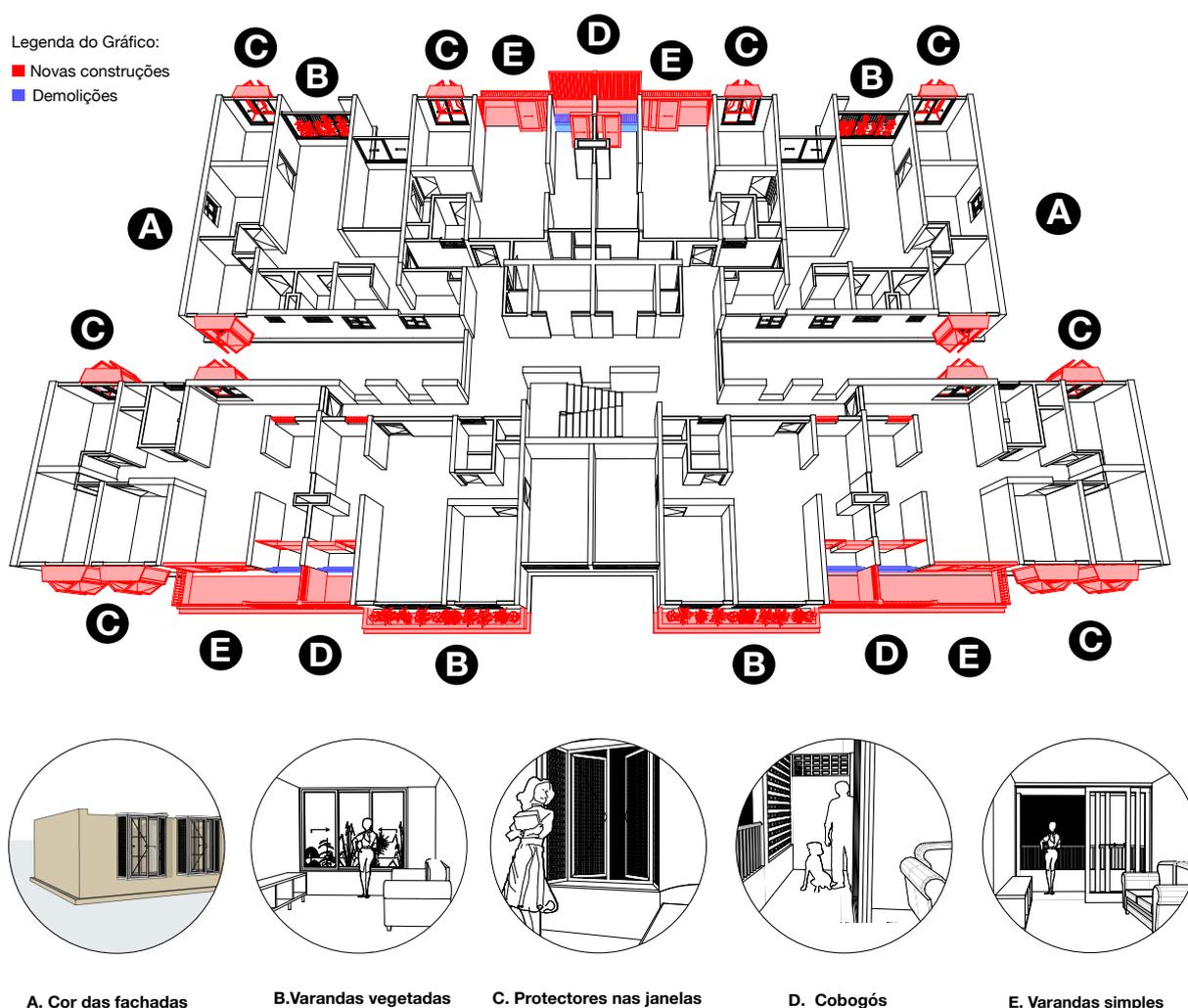
Nesta etapa, procurou-se modelar e simular o desempenho energético do caso modelo alterado para diferentes configurações, de acordo com as características definidas no marco teórico como relevantes para uma arquitetura energeticamente sustentável: o primeiro focado na otimização do consumo energético, simulado com variações na adaptação bioclimática da edificação e a eficiência dos equipamentos utilizados, segundo as estratégias sugeridas pelo *Climate Consultant* e os resultados de desempenho do Cenário Base; e o segundo focado na avaliação das variações do balanço ambiental, produto da integração de módulos fotovoltaicos nas superfícies previamente definidas como mais plausíveis de recebê-los (Quadro 3).

ARQUITETURA ENERGETICAMENTE SUSTENTÁVEL			PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO DA PESQUISA		
(SACHS, 2007)	(REED,2007)	Praticas de Arquitetura	Blocos de Análise	Cenários de Simulação (Modificados)	Focos de intervenção
Redução da demanda de energia	Verde	Arquitetura bioclimática	Otimização do consumo energético	(CM1) Cenário Modificado 1	Interação envolvente-interior
Substituição significativa das energias fósseis	Sustentável	Edifícios de Energia Zero	Balanço do desequilíbrio ambiental	(CM2) Cenário Modificado 2	Hábitos de consumo e equipamentos
Sequestro dos gases do efeito estufa	Regeneradora	Arquitetura Regenerativa			Interação envolvente-exterior

**Quadro 3.** Parâmetros de avaliação da pesquisa de acordo com as características da arquitetura energeticamente sustentável.

### 2.4.3.1 Cenário Modificado 1 (CM1)

Foram priorizadas para esta simulação tanto estratégias relacionadas a melhoria do desempenho térmico da envolvente quanto à eficiência dos equipamentos utilizados. Assim o cenário fica definido espacialmente de acordo com a Figura 15, apresentando variações em: A) cor do teto e paredes exteriores passando de uma cor escura ( $\alpha=0,7$ ) a uma cor clara ( $\alpha=0,3$ ); B e E) incorporação de varandas simples ou vegetadas integradas às áreas comuns dos apartamentos; C) colocação de elementos protetores nas janelas dos quartos pensadas para além de sombrear, favorecerem a passagem lateral do vento; e D) incorporação de varandas com cobogós e aberturas superiores nas áreas de serviços dos apartamentos.



**Figura 15.** Definição espacial do Cenário Modificado 1

Fonte: Elaboração no Graphisoft Archicad 23

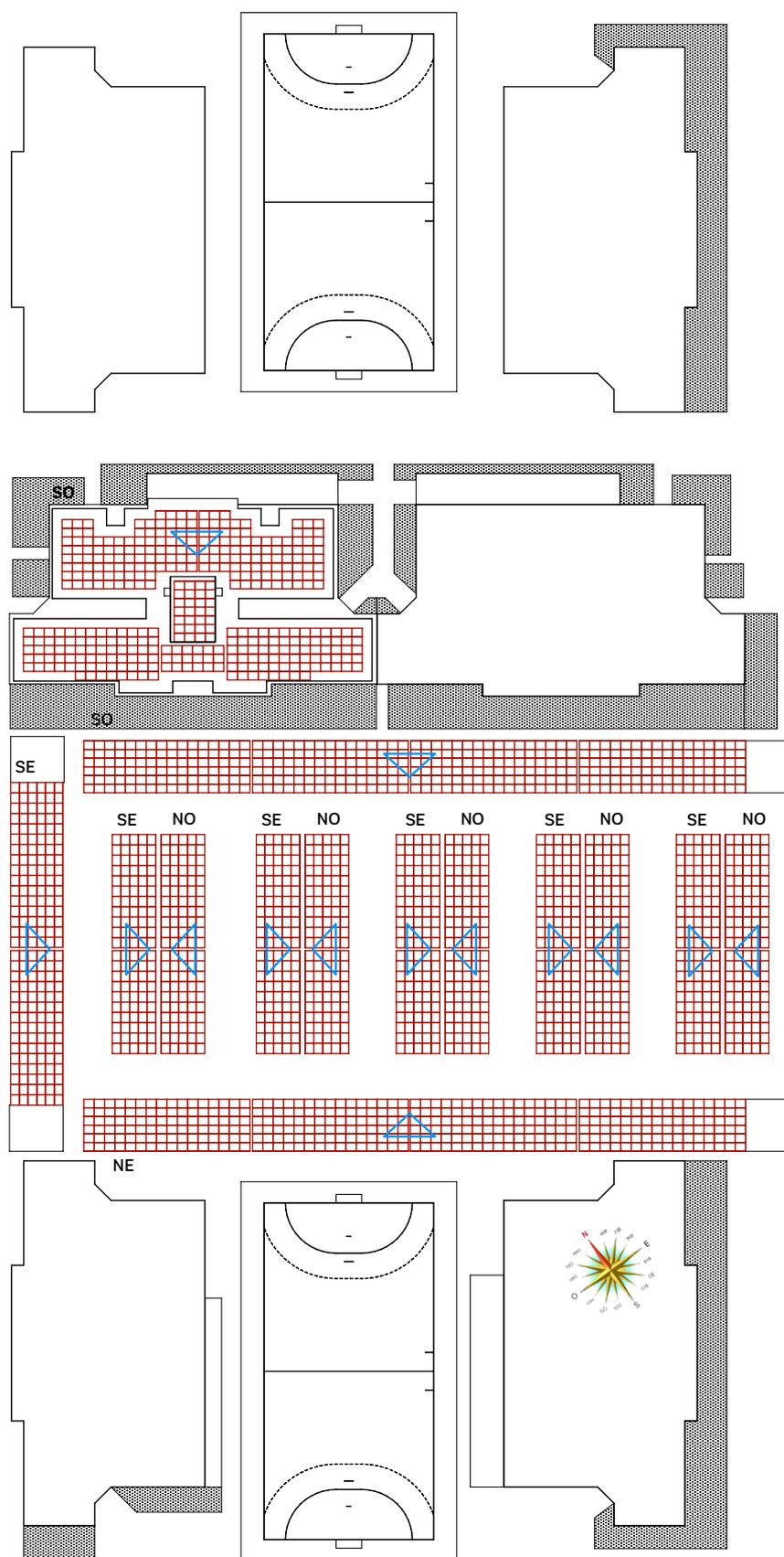
Quanto ao perfil de operação e sistemas de construção da simulação, configurou-se o MM1 em condições similares ao Modelo Base, com variações só no consumo por equipamentos, utilizando-se no caso a opção "B" (Tabela 3), que incluiu uso de ventilador de chão e teto, aquecimento de água e cozinha a gás, utilização de luminárias tipo LED e aumento das taxas de renovação de ar de 4 ren/h para 10 ren/h.

#### 2.4.3.2 Cenário Modificado 2 (CM2)

O módulo fotovoltaico utilizado no caso foi o ISOFOTÓN I-150S/12, parte da oferta atual da fundação estatal venezuelana FUNDELEC, de tecnologia espanhola, com células de silício monocristalino, Potência Nominal de 150 Wp, e medidas 1224x1047x39,5 mm.

No caso do sombreamento, o estudo das percentagens de perdas por cada superfície do edifício e o número de módulos fotovoltaicos plausíveis de instalar apoiaram-se nos resultados da análise do percurso do Sol do *Graphisoft Archicad 23®* e a maquete digital do cenário de estudo. Visualizando-se o panorama de sombreamento da cobertura e das fachadas do edifício, assim como do estacionamento e área esportiva que conformam seu contexto imediato. Tomou-se como referência para a análise os dias 21 de março (Equinócio da Primavera), junho (Solstício de Verão, no Hemisfério Norte), setembro (Equinócio de Outono), e 21 de dezembro (Solstício de Inverno), apresentando o sombreamento em cada.

Seguidamente, foram integrados nas superfícies que mostraram menor porcentagem de sombreamento, 2.361 módulos fotovoltaicos, com inclinação igual à latitude do local (10,6°) e orientações distribuídas, segundo a Tabela 7. Foi considerado um espaçamento de 30 cm a cada 19 metros aproximadamente, e no vão central das paradas do estacionamento o espaçamento foi de 60 cm (Figura 16).



**Figura 16.** Disposição dos módulos fotovoltaicos no Cenário Modificado 2  
 Fonte: Elaboração no *Graphisoft Archicad 23®*

**Tabela 7.** Distribuição dos módulos fotovoltaicos no Cenário Modificado 2

	ORIENTAÇÃO	Nº DE MÓDULOS
<b>COBERTA</b>	SO	369
<b>ESTACIONAMENTO</b>	SO	378
	NE	378
	SE	711
	NO	525
<b>Total</b>		<b>2361</b>

Diante do cálculo de áreas disponíveis para a integração de módulos solares, e seguindo a metodologia e equações trabalhadas na pesquisa de Zomer (2010), foi possível verificar por uma parte o potencial de geração fotovoltaica de cada uma das superfícies, conforme a Equação 1:

$$P_{cc} = n^{\circ} \times \text{Pot. Nom.}$$

**Equação 1**

Onde:

**P<sub>cc</sub>** = potência instalada (kWp).

**n<sup>°</sup>** = quantidade de módulos fotovoltaicos que cabem em determinada área.

**Pot. Nom.** = Potência Nominal do módulo fotovoltaico em kW

E por outro lado, os valores de geração solar fotovoltaica diária, baseados na irradiação local, no rendimento do sistema fotovoltaico, e na potência instalada, de acordo com a Equação 2:

$$E = G \times r \times P_{cc}$$

**Equação 2**

Onde:

**E** = Geração solar fotovoltaica (kWh/dia).

**G** = Irradiação diária recebida no plano do painel fotovoltaico (kWh/m<sup>2</sup>),

calculada na inclinação da latitude do local com auxílio do *Climate consultant 6* ®

$r$  = Rendimento do sistema (inversor e conexões). Para estudos no Brasil, é comum trabalhar com valores entre de 75 a 80%, utilizando no caso a referência de  $r=0,8$

$P_{cc}$  = Potência do sistema em corrente contínua (kW), obtido da Equação 1.

Seguidamente, os dados de geração diária foram calibrados com as perdas por sombreamento previamente calculadas para cada superfície (Quadro 8), ajustando a estimativa real de geração fotovoltaica do caso de estudo, e a consequente percentagem de contribuição deste sistema no consumo mensal da edificação.

#### 2.4.4 ETAPA 4: ANÁLISE COMPARATIVA DE RESULTADOS

Finalmente, é executada uma análise comparativa dos cenários simulados, com ênfase tanto nas variações de consumo energético e balanço ambiental em cada um e nas causas desses resultados quanto ao alcance de desempenho do software *Graphisoft Archicad 23*® na projeção e análise desses resultados. Para realizar este estudo de forma válida e com uma conclusão plausível, utilizou-se tabelas comparativas com dados quantificáveis fornecidos pelo *software* na avaliação de desempenho energético de cada cenário simulado. Como indicado por Cahuana (2012), esperava-se que além da avaliação de satisfação e utilidade do *software* a análise comparativa fornecesse argumentos e referências para o planejamento de melhorias nas circunstâncias, no caso o desempenho energético em edificações existentes ou novas dentro da GMVV em Caracas.

## 2.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO 2

O trabalho, de natureza aplicada, envolveu uma abordagem quantitativa, utilizando o procedimento de simulação computacional numa situação tipo de habitação do programa venezuelano GMVV, no caso o Edifício tipo C do Residencial *Ciudad Tiuna* em Caracas, VE. Para o qual foram definidas estratégias de plausível aplicação para a

sustentabilidade do seu desempenho energético, e três Cenários de simulação (Cenário Base, Cenário Modificado 1, Cenário Modificado 2) para avaliar o impacto de aplicação dessas estratégias. A definição das estratégias foi auxiliada pelo *Climate Consultant 6®*, enquanto a simulação de desempenho energético pelo *Ecodesigner* do *Graphisoft Archicad 23®*, sua utilização conjunta permitiu a determinação das estratégias pertinentes tanto para a otimização do consumo, quanto para o equilíbrio energético.

## CAPÍTULO 3: RESULTADOS DE DESEMPENHO ENERGÉTICO

---

Neste capítulo, mostram-se os resultados da simulação de desempenho energético do Cenário Base, e a definição das correspondentes alterações a serem incorporadas nos Cenários Modificados de Simulação (CM1-CM2) direcionados respectivamente à otimização de consumo e à melhoria do equilíbrio ambiental. Em continuação, apresentam-se os resultados de desempenho energético dos cenários modificados CM1 e CM2, assim como a análise comparativa dos resultados obtidos com foco na especificação do seu alcance e pertinência para escopo da sustentabilidade energética do Programa Habitacional Venezuelano GMVV.

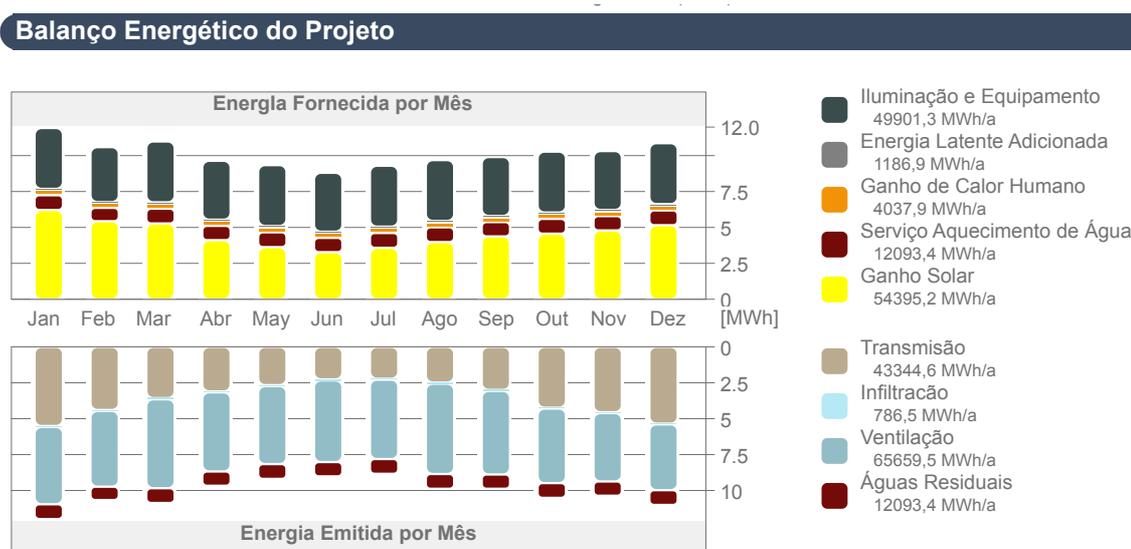
### 3.1 RESULTADOS DE SIMULAÇÃO DO CENÁRIO BASE (CB)

A simulação de desempenho energético realizada com o *Ecodesigner* sobre o andar referencial (nível 15) do Caso Modelo, permitiu estabelecer a referência do consumo energético geral do pavimento assim como de sua necessidade real de resfriamento para conforto interno. Além disso, foi possível visualizar as principais variáveis que impactam no comportamento energético da edificação e sua convergência com as características climáticas locais.

De acordo com os dados obtidos (Anexo 1), o consumo de energia do pavimento estudado é de 132,39 kWh/m<sup>2</sup>a (a=ao ano), associado a um consumo de energia primária de 397,17 kWh/m<sup>2</sup>a, quase 3 vezes a mais dos 120 kWh/m<sup>2</sup>a objetivados nas *Passivhaus* (DALBEM; FREITAS; CUNHA, 2015), e a uma emissão de CO<sub>2</sub> de 14,42 kg/m<sup>2</sup>a. A relação de vidro na fachada apresentou média de 9%.

Por sua vez, verificou-se que a principal limitação no desempenho da edificação é o resfriamento, mostrando que no âmbito simulado trabalhado com ventilação natural (4 NR/h), em 87% das horas do ano (7.649 h) não é alcançado um ambiente interno confortavelmente resfriado. Sendo o ganho solar a principal fonte de ganho energético na edificação, representando 44,7% dos 121.614,7 MWh/a totais. Seguido

pela iluminação e equipamentos com 41,03%, o serviço de aquecimento de água com 9,9%, o calor humano com 3,3% e a energia latente adicionada com 0,98%. Foi possível constatar também que o ganho solar é maior no período de dezembro-março, temporada de seca local, caracterizado com pouca cobertura no céu e consideravelmente mais baixo nos meses de junho e julho correspondentes aos maiores picos da temporada de chuva, cuja cobertura ronda os 75% (Figura 17).



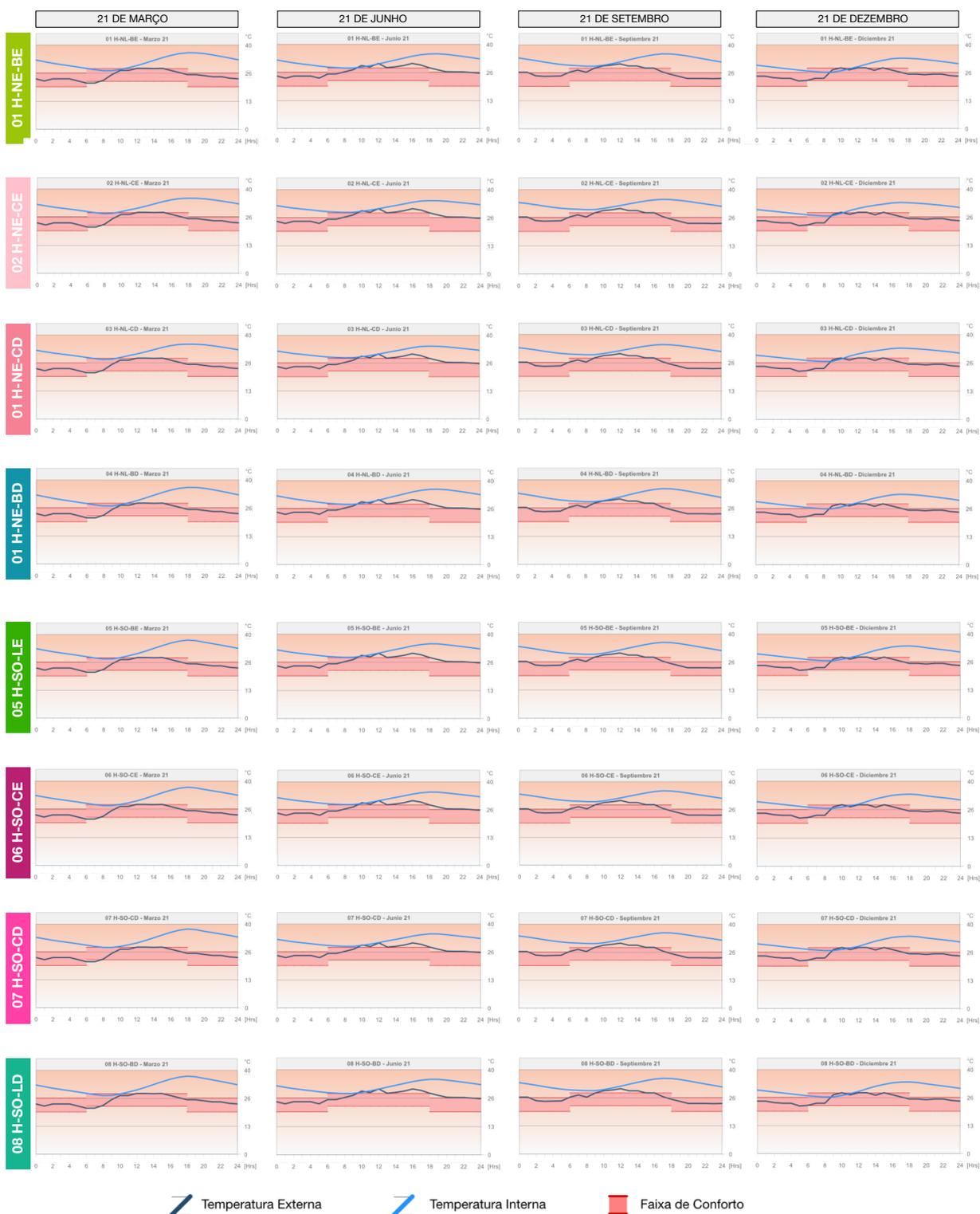
**Figura 17.** Resultado de Balço Energético do Modelo Base (MD)

Fonte: Ecodesigner do Graphisoft Archicad 23

Em relação à energia emitida, as principais perdas vão associadas em 53,8% aos fluxos de ventilação, e em 35,5% à transmissão, esse último com comportamento proporcional aos ganhos solares, com os maiores valores na faixa de dezembro-março e mais baixos nos meses de junho e julho. Seguidamente, em ordem descendente tem-se as águas residuais correspondentes a 9,9% do total de perdas, as mesmas apresentam na análise um valor quantitativamente igual aos ganhos de energia por aquecimento de água, entendendo-se assim, como partes de um mesmo processo.

Quando analisado desde os blocos térmicos, se faz visível que, em geral, durante todo o ano as temperaturas internas se mantêm superiores às externas e fora da faixa

de conforto, diferença que se incrementa no horário da tarde, com pico máximo na faixa das 18 horas (Figura 18).



**Figura 18.** Resultados do perfil de temperatura diária do Modelo Base nos dias 21 de março/junho/setembro/dezembro

Fonte: Ecodesigner do Graphisoft Archicad 23

No intervalo das 8 às 11 da manhã é quando estas temperaturas se mostram próximas entre si, sendo só nos meses de junho e dezembro quando neste horário são alcançadas temperaturas internas menores que as externas, é que no período seco (dez-março) as temperaturas internas conseguem estar dentro da faixa de conforto.

É importante ressaltar que, nas análises de temperatura diária expostas, o ganho de calor inclui tanto os ganhos pelo desempenho das fachadas, quanto os relacionados ao calor humano e ao uso de equipamentos. De acordo com o perfil de operação utilizado nesta simulação, esses dois últimos fatores têm maior presença na edificação no horário da tarde, a partir das 18 horas, o que leva a visualizá-los como parte das causas do conseqüente aumento das temperaturas neste horário.

Comparativamente, observou-se que os blocos laterais do módulo orientado ao nordeste (H-NE-LE-01 e H-NE-LD-04) foram os que apresentaram, os valores mais satisfatórios na maioria dos parâmetros analisados (relação de vidro na fachada, horas de refrigeração não satisfeitas, ganho solar por m<sup>2</sup>, e temperaturas internas) com valores abaixo da média do conjunto em todos os parâmetros analisados à exceção da temperatura interna no mês de junho. Porém, o que apresentou menor número de horas com necessidade de refrigeração de todo o conjunto foi o bloco H-NE-LD-04 com 6.979 h, seguido em ordem ascendente pelo bloco H-NE-LE-01 com 7.111 h, o H-SO-LD-08 com 7.227 h e o H-SO-CE-06 com 7.374 h. Por sua vez, o bloco térmico que mostrou os valores menos satisfatórios, acima da média em todos os parâmetros analisados foi o H-SO-CD-07 com 7.589 h de refrigeração não satisfeitas. Definindo-se assim o bloco H-NE-LD-04 como o de melhor desempenho, e o H-SO-CD-07 como o de pior desempenho do conjunto (Quadro 4).

Em relação à orientação por módulos, o quadro 5 permite visualizar que os blocos térmicos orientados ao nordeste apresentam em geral um melhor desempenho

energético que os blocos orientados ao sudoeste, com valores médios inferiores nos blocos pertencentes ao módulo de fachada nordeste que nos do módulo de fachada sudoeste, em percentagem de -24,9% no ganho solar, -1,43% horas de refrigeração não satisfeitas e entre -0,13 e -1,48% nas temperaturas internas. Destaca-se que os maiores intervalos entre as temperaturas internas e externas atingidas ocorrem no mês de março e, os menores, no mês de junho.

BLOCOS TÉRMICOS	M2	RELAÇÃO DE VIDRO NA FACHADA (%)	REFRIGERAÇÃO NÃO SATISFEITA (H)	GANHO SOLAR (MWh/a m2)	21 DE MARÇO		21 DE JUNHO		21 DE SETEMBRO		21 DE DEZEMBRO		ESCORE
					T. EXT	T. INT	T. EXT	T. INT	T. EXT	T. INT	T. EXT	T. INT	
01 H-NE-LE	75,46	6	7111	73,79		32,14		32,09		32,69		30,28	6
02 H-NE-CE	62,55	12	7549	93,3		32,22		31,97		32,82		30,66	4
03 H-NE-CD	62,56	12	7536	93,43		32,19		31,95		32,79		30,64	4
04 H-NE-LD	74,15	7	6979	78,51		32,05		32,23		32,60		30,12	6
05 H-SO-LE	71,89	9	7408	116,0	25,52	32,61	27,45	32,15	26,92	33,01	26,03	30,70	1
06 H-SO-CE	61,40	9	7374	116,70		32,55		31,97		32,87		30,51	3
07 H-SO-CD	61,43	10	7589	119,78		32,97		32,21		33,22		30,81	0
08 H-SO-LD	72,21	9	7227	99,23		32,40		32,08		32,78		30,47	4
<b>Médias</b>		<b>9,25</b>	<b>7346,63</b>	<b>98,84</b>	<b>25,52</b>	<b>32,4</b>	<b>27,45</b>	<b>32,08</b>	<b>26,92</b>	<b>32,85</b>	<b>26,03</b>	<b>30,52</b>	<b>3,50</b>

Observações:

Os dados de Ganho Solar e Emissão de Ventilação expostas referem ao m2

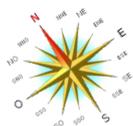
Os dados médios de temperatura encontram-se em °C

▶ Valores abaixo da média (melhor desempenho)

▶ Valores acima da média (melhor desempenho)

□ Menor valor de Horas de Refrigeração não satisfeitas

□ Maior valor de Horas de Refrigeração não satisfeitas



**Quadro 4.** Comparação do desempenho energético dos blocos térmicos do Modelo Base

Fonte: Elaboração com base nos resultados obtidos da simulação

	BLOCOS TÉRMICOS	M2	RELAÇÃO DE VIDRO NA FACHADA (%)	REFRIGERAÇÃO NÃO SATISFEITA (H)	GANHO SOLAR (MWh/a m2)	21 MARÇO	21 JUNHO	21 SETEMBRO	21 DEZEMBRO
						T. INT (°C)	T. INT (°C)	T. INT (°C)	T. INT (°C)
<b>NORDESTE</b>	01 H-NE-BE	75,46	9,25	7294	84,75	32,15	32,06	32,73	30,43
	02 H-NE-CE	62,55							
	03 H-NE-CD	62,56							
	04 H-NE-BD	74,15							
<b>SUDOESTE</b>	05 H-SO-BE	71,89	9,25	7400	112,9	32,63	32,10	32,97	30,62
	06 H-SO-CE	61,40							
	07 H-SO-CD	61,43							
	08 H-SO-BD	72,21							
<b>Comparação entre orientações (%)</b>			<b>0,00</b>	<b>-1,43</b>	<b>-24,95</b>	<b>-1,48</b>	<b>-0,13</b>	<b>-0,74</b>	<b>-0,64</b>

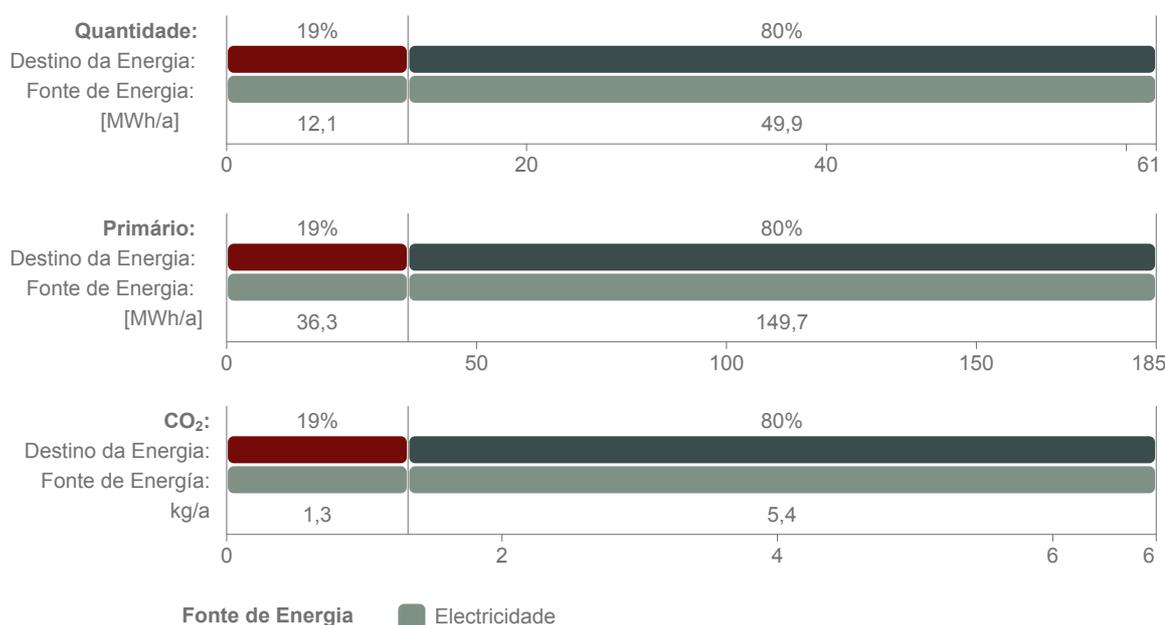
**Quadro 5.** Comparação dos valores médios dos blocos térmicos agrupado de acordo a sua orientação no Cenário Base

Fonte: Elaboração com base nos resultados obtidos da simulação.

No entanto, cabe destacar que nenhum dos blocos trabalhados apresentou um desempenho excepcionalmente bom, já que todos têm uma alta quantidade de horas de resfriamento não satisfeitas numa porcentagem muito maior de 10% de desconforto por superaquecimento na certificação *Passivhaus* (DALBEM; FREITAS; CUNHA, 2015). Assim, com médias de temperaturas internas muito maiores que as externas e fora da faixa do conforto determinada entre 23 – 28,8 °C, no período com Sol e entre 20,3 – 26,7 °C no período sem Sol.

### Consumo de energia por Objetivos

Nome de Destino	Energia			CO <sub>2</sub> Emissão kg/a
	Quantidade MWh/a	Primário MWh/a	Custo BS/a	
Aquecimento	0	0	0	0
Refrigeração	0	0	0	0
Serviço de Água Quente	12	36	1330	1316
Ventiladores	0	0	0	0
Iluminação e equipamentos	49	149	5489	5434
<b>Total:</b>	<b>61</b>	<b>185</b>	<b>6819</b>	<b>6751</b>



**Figura 19.** Resultados de Consumo por Objetivos do Modelo Base (MB)

Fonte: Ecodesigner do Graphisoft Archicad 23.

Em relação aos fins de consumo energético, como neste caso trabalhou-se só com a ventilação natural como fonte de resfriamento. Os principais setores de consumo energético foram: 80,3% iluminação e equipamentos (49MWh/a), e 19,7% o serviço

de aquecimento de água (12MWh/a). Essa energia é fornecida em totalidade desde uma fonte elétrica, gerando um custo de 6.819 Bs/a (aproximadamente 0,11Bs/kWh), e uma emissão de Carbono de 6.751 kg/a (Figura 19).

Evidencia-se assim, na prática, a vigência do exposto por Cilento Asrli (1997), ao afirmar que na sustentabilidade aplicada à arquitetura, o problema acentua-se ao passo de declarações e compromissos para ações concretas, pois como visto no cenário avaliado, ainda que existente uma normativa do Programa com orientações gerais que apostam na inclusão de áreas arborizadas contínuas, critérios de eficiência energética para climatização e iluminação, e o uso de energias alternativas para a complementação das necessidades energéticas (Resolução da Normativa Oficial da República Bolivariana de Venezuela Número 40.215, de 26 julho de 2013), estes critérios não foram conseqüentemente incorporados no projeto edificado, o qual apresenta na prática uma predominância de áreas impermeabilizadas, pouca presença de arborização, alta necessidade de resfriamento e descompromisso com a possibilidade de integração de fontes de energia renováveis.

### 3.2 DIRETRIZES DE MODIFICAÇÃO PARA A OTIMIZAÇÃO DO CONSUMO

A definição das melhores estratégias para a otimização do consumo a serem incorporadas no Cenário Modificado 1, passa pelo aprofundamento nas estratégias de design bioclimático recomendadas para a localidade, e a avaliação comparativa de sua interação com o caso modelo.

#### 3.2.1 ANÁLISE DAS ESTRATÉGIAS DE DESIGN BIOCLIMÁTICO PARA CARACAS

De acordo com a carta Psicrométrica do local no marco de conforto trabalhado (Figura 20), o percentual de horas do ano que os ocupantes de um espaço interno se sentem confortáveis na cidade de Caracas- VE é de somente de 1% (88h). No entanto, a

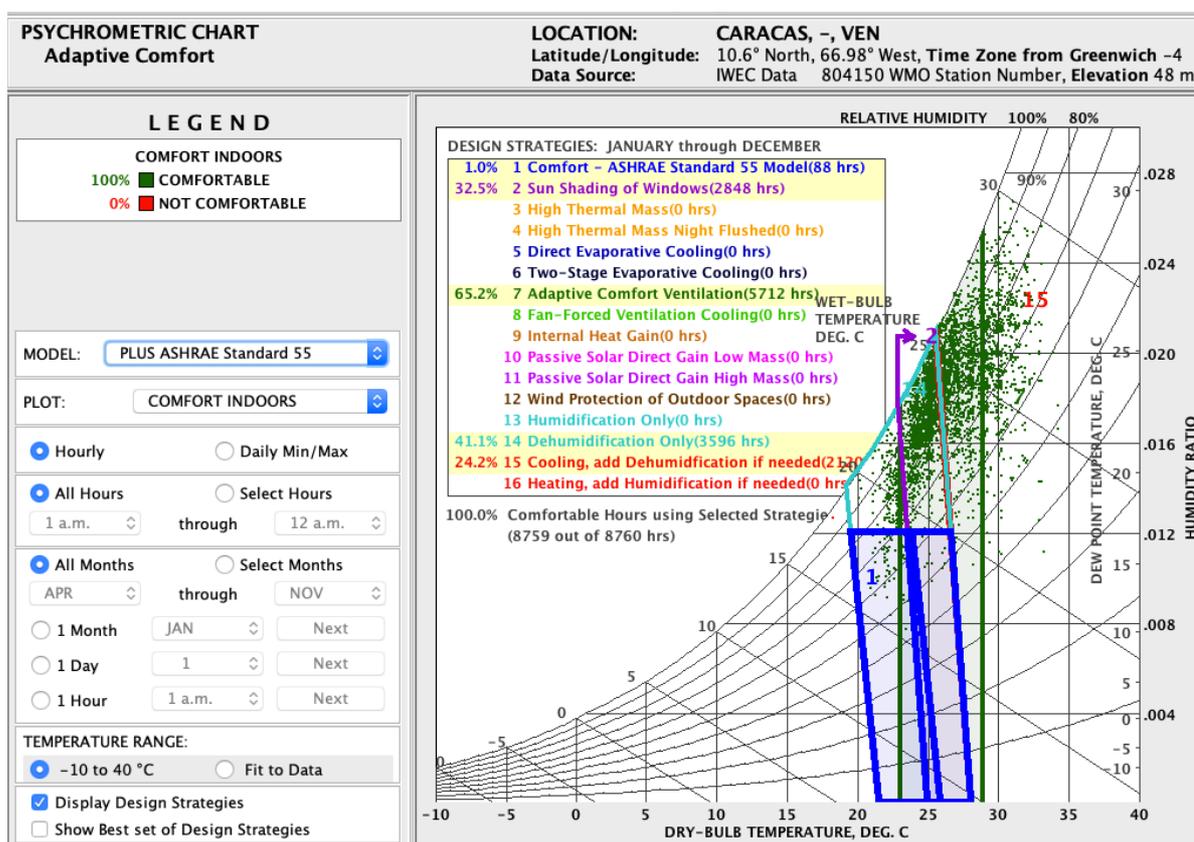
ampliação desse percentual para o 65,2% (5.712 h) pode ser conseguida por meio da ventilação adaptativa, e o escopo de 100% por meio de estratégias que contribuem com a proteção solar das janelas 32,5% (2.848 h); desumidificação 41,1% (3.596 h); e resfriamento com desumidificação 24,2% (2.120 h). Portanto, são destacadas para o clima de Caracas as seguintes estratégias bioclimáticas:

- » Uso de varandas e pátios com tela, para fornecer resfriamento de conforto passivo por ventilação e prevenir problemas de insetos.
- » Garantir uma boa ventilação natural, localizando as aberturas de entrada perpendiculares aos ventos predominantes (ou no máximo  $\pm 45^\circ$ ), e as aberturas de saída no lado oposto com um tamanho igual ou maior que as de entrada.
- » Configurar a construção de modo que as fachadas mais estreitas orientem-se na direção leste-oeste, e com placa de piso preferivelmente elevada para favorecer a ventilação cruzada ou por convecção.
- » Garantir sombreamento nas paredes leste e oeste, e em todas as aberturas envidraçadas durante todo o ano.
- » Uso de telhado de cor clara para favorecer a refletividade.
- » Utilização de tetos altos, preferencialmente inclinados que favoreçam a queda da água de chuva, a saída do ar quente, o sombreamento das paredes e a criação de áreas externas sombreadas.
- » Utilização de janelas altas operáveis (francesas) protegidas por saliências profundas e varandas.
- » Uso de materiais vegetais (arbustos, árvores, paredes cobertas de trepadeiras) para aproveitar a sombra e a evapotranspiração das folhas especialmente no leste, oeste, nordeste e noroeste nas latitudes sul, assim como cobertura vegetal do solo ao redor dos edifícios e/ou pérgulas vegetais e árvores com

copa alta para reduzir a temperatura do ar, a luz solar refletida e permitir a entrada de ventos benéficos.

- » Em dias quentes, potencializar o uso de ventiladores de teto que movimentam o ar interno, diminuindo a necessidade de ar condicionado.
- » Potencializar o uso de equipamentos de resfriamento eficientes, e materiais envoltórios de alta performance.

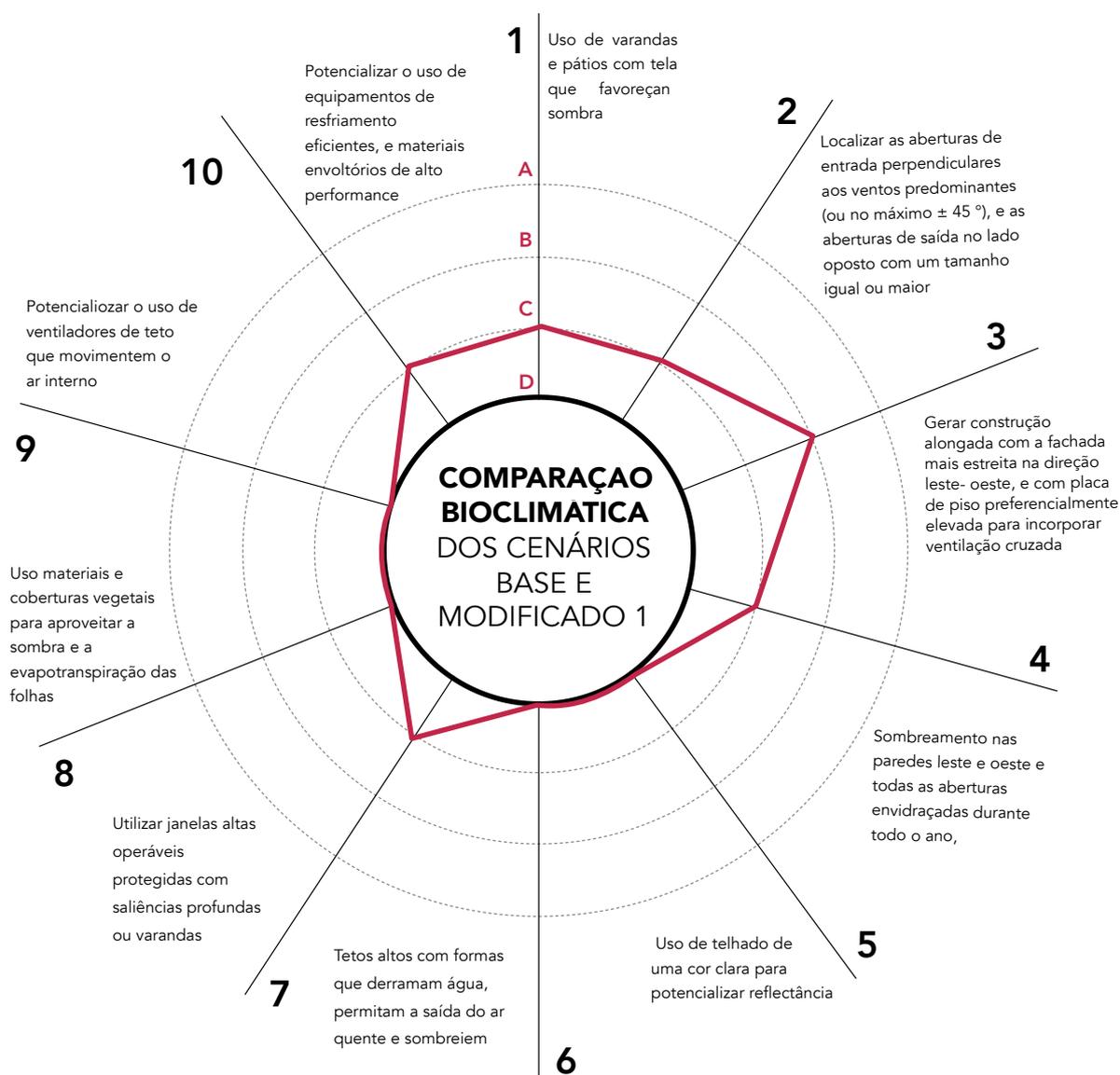
Destaca-se que, ao não ter a localidade uma amplitude térmica ampla, essas estratégias são recomendadas tanto no período seco quanto no chuvoso.



**Figura 20.** Carta Psicrométrica da Cidade Metropolitana de Caracas  
Fonte: *Climate Consultant 6*, 2021

### 3.2.2 ANÁLISE DA REALIDADE BIOCLIMÁTICA DO CASO MODELO

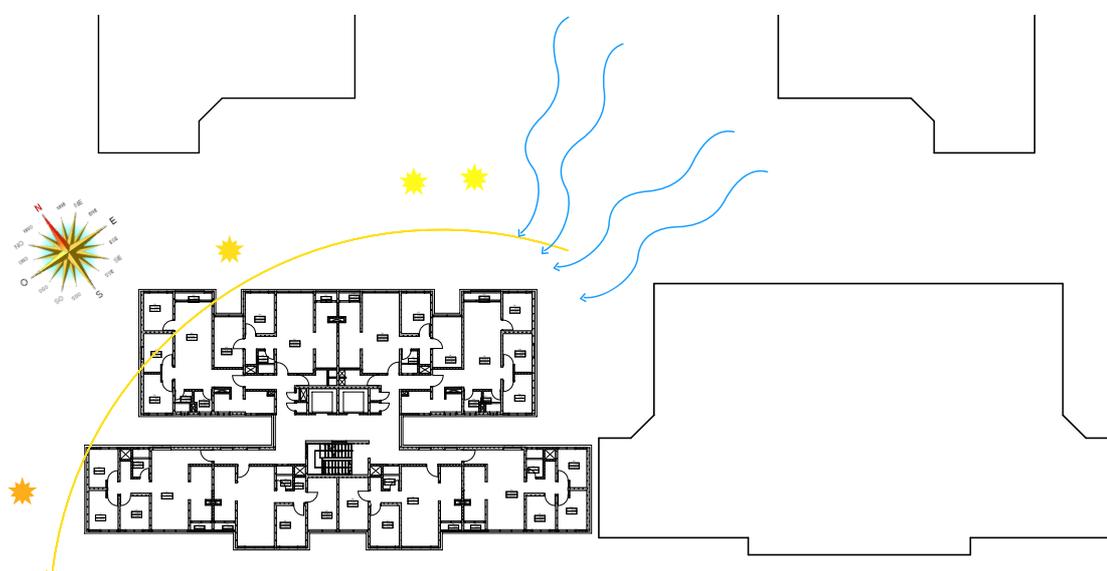
A compreensão da realidade bioclimática do Caso Modelo se fez por meio de um gráfico comparativo que avalia a correspondência entre as práticas bioclimáticas sugeridas para o clima de Caracas, e sua interação com o Edifício Tipo 1 do Condomínio *Residencial Ciudad Tiuna*. O gráfico está organizado em quatro escalas (A, B, C, D) remetendo a (A), às práticas bioclimáticas melhor assumidas no projeto, e a (D) as que não estão presentes (Figura 21).



**Figura 21.** Avaliação da correspondência entre as práticas bioclimáticas sugeridas pelo Climate Consultant 6® para Caracas, e a realidade do Caso Modelo.

Destaca-se, que nesta análise, o maior nível alcançado no Caso Modelo é o B em conformidade com a prática sugerida 3, que faz referência à forma alongada da

edificação e à incorporação da ventilação cruzada, trabalhada no caso pelo vazio entre os dois módulos que compõem a volumetria, porém a orientação da edificação não favorece as fachadas mais estreitas na direção Leste-Oeste. Nesta mesma linha, conseguiu-se visualizar na simulação do Cenário Base que a orientação seguida no projeto com as fachadas mais alongadas na direção nordeste, sudoeste não é a bioclimaticamente mais satisfatória para o caso, tanto pelo aumento do ganho solar direto das fachadas que nem sempre estão sombreadas, quanto pela dificuldade da passagem do vento (Figura 22), definindo assim a avaliação das sugestões 1,2, 4, 7 no patamar C.



**Figura 22.** Interação da ventilação e iluminação de Caracas com o Caso Modelo

Em relação à forma e cor do teto (sugestões 5 e 6), o cenário de estudo segue na realidade parâmetros opostos, com teto plano e acabamento de cor escura, pelo que sua avaliação se localiza no patamar D. Igualmente no caso das práticas 8 e 9, que sugerem o uso de superfícies vegetadas e ventiladores de teto, que também não formam parte do repertório do cenário de estudo.

Finalmente, na estratégia 10, que tem a ver com o alto desempenho dos materiais da envoltória e a eficiência dos equipamentos de resfriamento, colocou-se a avaliação

no patamar D, baseado na grande quantidade de horas com necessidade de refrigeração que apresentou o Cenário Base (87% das horas do ano segundo resultados de simulação), e nos altos padrões de consumo energético do país típico, dos petro-estados (ACOSTA, 2019), e na percebida falta de parâmetros quantificáveis no uso dos equipamentos, que no caso de Caracas, leva a permissões de consumo na faixa de 500 MWh/a para o setor residencial (MPPEE, 2014).

### 3.2.3 ALTERAÇÕES INCORPORADAS AO CENÁRIO MODIFICADO 1 (CM1)

Em síntese, o desempenho bioclimático de edificações em Caracas otimiza-se de forma geral com estratégias que favoreçam o uso de equipamentos eficientes, à diminuição do ganho solar do envelope, e a passagem da ventilação natural pelos espaços internos, permitindo tanto o resfriamento dos ambientes quanto a eliminação do excesso de umidade neles. Porém, como comprovado pelos resultados da simulação, no caso modelo, a orientação trabalhada resulta não ser a mais favorável, o que leva a dificuldades na passagem do vento pelos espaços interiores e ao aumento dos ganhos energéticos por radiação, sem que existam elementos de reflexão ou proteção solar na maioria das aberturas.

Assim, para a simulação do Cenário Modificado 1, que procura a otimização do consumo energético, foram trabalhadas práticas que favorecessem a superação dessas problemáticas, sendo priorizadas: 1) a troca da cor escura do teto e paredes exteriores por uma cor clara; 2) incorporação de varandas simples ou vegetadas integradas às áreas comuns dos apartamentos, 3) colocação de elementos protetores nas janelas dos quartos, projetadas para, além de sombrear, favorecer a passagem lateral do vento; 4) incorporação de varandas com cobogós e novas aberturas que permitissem a passagem do vento nas áreas de serviços dos apartamentos; 5) incorporação de ventiladores de teto para potencializar a movimentação do vento; 6)

troca de luminárias para o tipo LED; 7) e, uso de equipamentos de gás para cozinha e aquecimento da água.

A adoção dessas mudanças propostas para a melhoria da adaptação bioclimática, teve implicações também na espacialidade da edificação com a reconfiguração dos espaços inicialmente destinadas às caixas de ar condicionado de janela, convertidas em jardineiras, e o anexo de área útil pela incorporação de novas varandas em alguns dos apartamentos (Figura 15). E no perfil de consumo por equipamentos, com a incorporação de espaços para a secagem natural da roupa, e a preferência por luminárias LED e equipamentos a gás - fonte de energia abundante no contexto venezuelano.

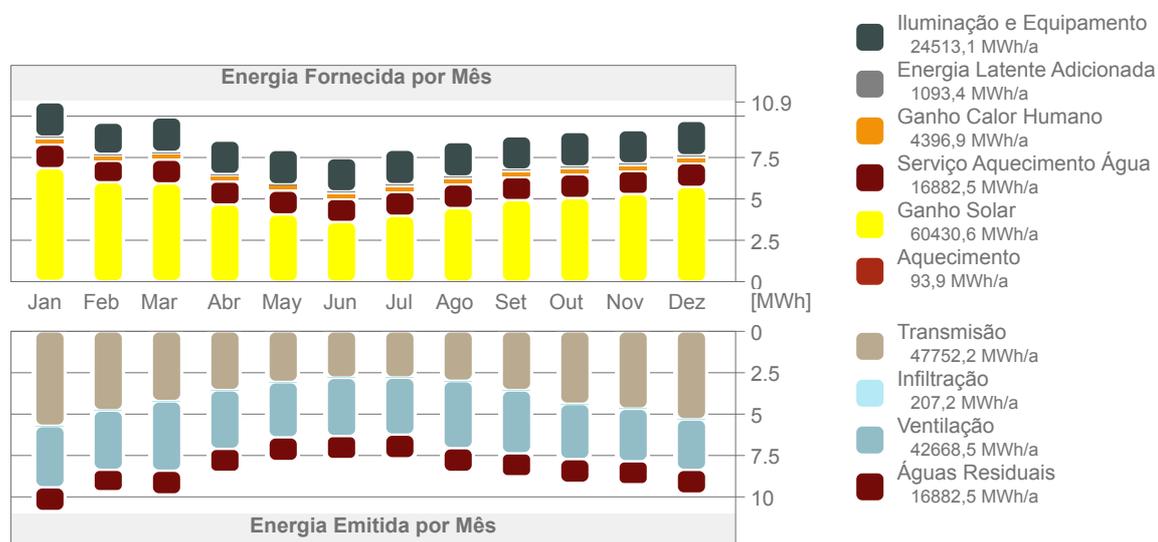
### 3.3 RESULTADOS DO CENÁRIO MODIFICADO 1 (CM1)

De acordo com os dados obtidos na simulação deste cenário (Anexo 2), o consumo de energia do CM1 é de 88,60 kWh/m<sup>2</sup>a, associado a um consumo de energia primária de 196,92 kWh/m<sup>2</sup>a. Esse resultado, localiza-o ainda acima dos 120 kWh/m<sup>2</sup>a objetivados na *Passivhaus* (DALBEM; FREITAS; CUNHA, 2015), porém com valores comparativamente muito mais próximos que os obtidos no Cenário Base, e que referenciam já o impacto das variações assumidas no CM1 em relação ao perfil de consumo e fontes de energia. Nessa mesma linha, a emissão de CO<sub>2</sub> resultou em 13,53 kg/m<sup>2</sup>a.

Quanto ao desempenho térmico da edificação, a relação de vidro em fachada (que tem a ver com a vulnerabilidade das áreas envidraçadas à radiação solar direta) resultou na média de 7%, e o coeficiente (U) de transmitância térmica no pavimento inteiro na média de 7,64 Wm<sup>2</sup>K.

Ainda que notavelmente diminuída em comparação ao Cenário Base (com necessidade de resfriamento de 7.649 h ao ano), a principal limitação no desempenho da edificação continua a ser o resfriamento, mostrando que no âmbito simulado no qual se trabalhou com um aumento do fluxo da passagem de ventilação natural de 10 NR/h, em 41,7% das horas do ano (3.654 h) não se tem ainda, um ambiente interno confortavelmente resfriado. Sendo o ganho solar a principal fonte de ganho energético na edificação, representando 56,26% dos 107.410,4 MWh/a totais, seguido em relevância pela iluminação e equipamentos, responsável por 22,8%, e o serviço de aquecimento de água com 15,72% (Figura 23). Em concordância com as características climáticas locais, o ganho solar apresenta os valores mais baixos entre os meses de junho e julho (pico do período chuvoso com maior cobertura do céu), e mais altos entre dezembro e março (período de seca, com a cobertura do céu rondando os 50%).

### Balanco Energético do Projeto



**Figura 23.** Resultados de Balanco Energético do Modelo Modificado 1

Fonte: Ecodesigner Graphisoft Archicad 23

Destaca-se que a mudança da matriz energética deste cenário que incluiu como uma das fontes o gás natural, acarretou nos resultados a inclusão dentro do esquema de fluxos de ganho energético, ao aquecimento, porém pelas características do clima

local, com temperatura de média de 25 °C , o mesmo apresenta valores proporcionalmente muito baixos (0.09%) em relação ao total de energia fornecida por mês, pelo que for desconsiderado.

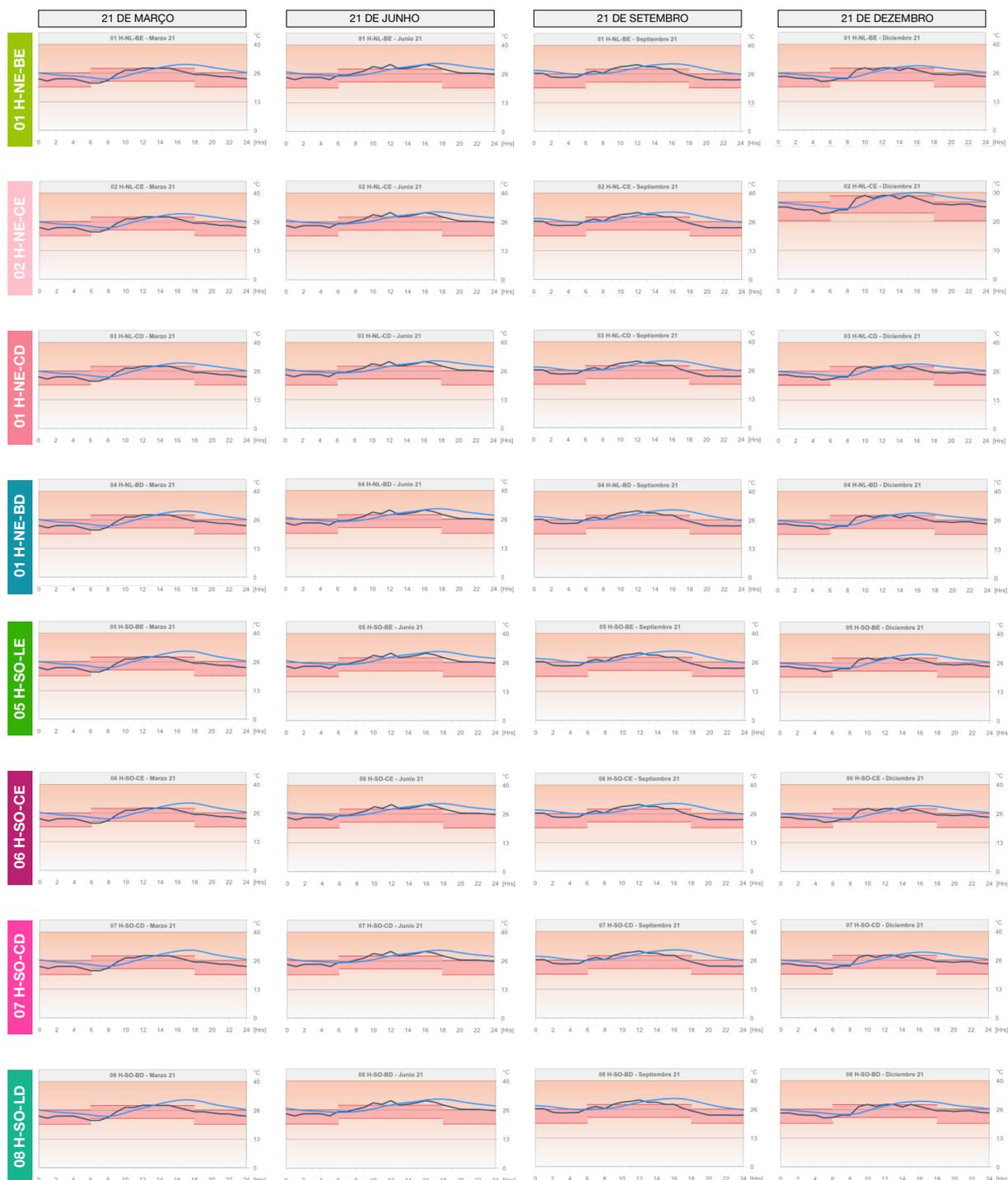
Em relação à energia emitida, as principais perdas, vão associadas em 44,4% aos fluxos de transmissão, e em 39,6% à ventilação. Em conformidade com os resultados do Cenário Base, os fluxos de transmissão apresentam comportamento mensal proporcional aos ganhos solares com os maiores valores na faixa de dezembro-março e mais baixos nos meses de junho e julho, as perdas de energia por águas residuais o mesmo valor quantitativo que os referenciados nos ganhos de energia por serviço de aquecimento de água, entendendo-se assim como referentes ao mesmo serviço

No que refere à análise do perfil de temperatura por blocos térmicos (Figura 24), se faz visível uma notável aproximação entre as temperaturas internas, externas e a faixa de conforto durante todo o ano. Com tendência a uma temperatura interna abaixo da externa no intervalo de 8 às 14 horas, e valores mais diferenciados nos intervalos próximos às 17-18h, quando a temperatura externa tende a decrescer e a interna a ter seus maiores valores.

Destaca-se, que a análise de temperatura diária do bloco térmico H-NE-CE-02 no dia 21 de dezembro, mostra uma variação na escala de temperatura (eixo Y) com valor máximo nos 30 °C. Acredita-se que que essa variação se origina por ser o único período em que o máximo da temperatura interna resultante se encontra abaixo dessa temperatura.

Os resultados mostram por sua vez, no dia 19 de abril às 6h como o horário com as menores temperaturas internas em todos os blocos térmicos, com exceção do H-NE-LE-01 que ficou determinado no dia 19 de janeiro às 6h. No caso das temperaturas

mais altas, essas são alcançadas em todos os blocos no dia 14 de novembro às 17h. Acredita-se no caso influenciado pelo perfil de uso dos apartamentos que incrementa neste horário o calor humano e por uso da iluminação e equipamentos.



Temperatura Externa

Temperatura Interna

Faixa de Conforto

**Figura 24.** Resultados do perfil de temperatura diária do Cenário Modificado 1 nos dias 21 de março/junho/setembro/dezembro

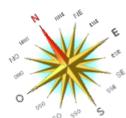
Adicionalmente, a comparação entre os desempenhos dos blocos térmicos permitiu visualizar os blocos que apresentaram os melhores valores entre o conjunto de parâmetros analisados (relação de vidro na fachada, horas de resfriamento não satisfeitas, ganho solar por m<sup>2</sup>, e temperaturas internas) foram o H-NE-LE-01 e o H-NE-CE-02, com todos os valores abaixo das médias do conjunto. Por oposição, os que apresentaram os piores valores acima da média do conjunto foram o H-SO-LE-05 e o H-SO-LD-08 (Quadro 6).

BLOCOS TÉRMICOS	M2	RELAÇÃO DE VIDRO EN FACHADA (%)	REFRIGERAÇÃO NÃO SATISFEITA (H)	GANHO SOLAR (MWh/a m2)	21 MARÇO		21 JUNHO		21 SETEMBRO		21 DEZEMBRO		ESCORE
					T. EXT	T. INT	T. EXT	T. INT	T. EXT	T. INT	T. EXT	T. INT	
01 H-NE-LE	75,46	6	3092	86,36	25,52	27,21	27,45	28,37	26,92	28,48	26,03	27,12	7
02 H-NE-CE	62,55	6	2965	76,4	25,52	27,15	27,45	28,32	26,92	28,45	26,03	27,21	7
03 H-NE-CD	62,56	7	3024	81,25	25,52	27,20	27,45	28,35	26,92	28,49	26,03	27,26	6
04 H-NE-LD	74,15	7	3128	90,26	25,52	27,24	27,45	28,42	26,92	28,59	26,03	27,18	4
05 H-SO-LE	71,89	9	3559	163,1	25,52	27,55	27,45	28,50	26,92	28,68	26,03	27,43	1
06 H-SO-CE	61,40	6	3345	120,84	25,52	27,43	27,45	28,39	26,92	28,56	26,03	27,26	3
07 H-SO-CD	61,43	6	3465	124,97	25,52	27,55	27,45	28,44	26,92	28,65	26,03	27,33	2
08 H-SO-LD	72,21	8	3418	145,96	25,52	27,45	27,45	28,46	26,92	28,59	26,03	27,30	1
<b>Médias</b>		<b>6,88</b>	<b>3249,50</b>	<b>111,14</b>	<b>25,52</b>	<b>27,3</b>	<b>27,45</b>	<b>28,41</b>	<b>26,92</b>	<b>28,56</b>	<b>26,03</b>	<b>27,26</b>	<b>3,88</b>

Observações:

Os dados de Ganho Solar e Emissão de Ventilação expostas referem ao m<sup>2</sup>  
Os dados médios de temperatura encontram-se em °C

- ▶ Valores abaixo da média (melhor desempenho)
- ▶ Valores acima da média (melhor desempenho)
- ◻ Menor valor de Horas de Refrigeração não satisfeitas
- ◻ Maior valor de Horas de Refrigeração não satisfeitas



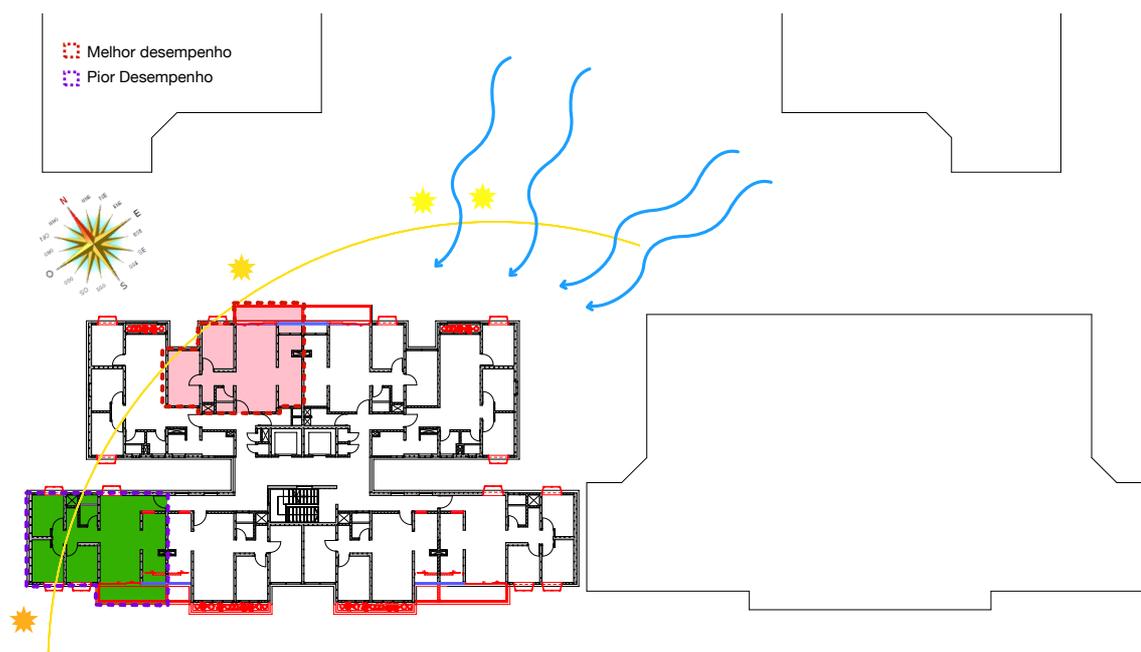
**Quadro 6.** Comparação do desempenho energético dos blocos térmicos do Cenário Modificado 1  
Fonte: Elaboração com base nos resultados obtidos da simulação

Porém, o bloco que apresenta menores valores nas horas de refrigeração não satisfeitas é o H-NE-CE-02 com 2.965 h, seguido em ordem crescente pelo bloco H-NE-CD-03 com 3.024 h, o H-NE-LE-01 com 3.092 h, e finalmente o H-NE-LD-04 com 3.128 h, todos eles com valores abaixo da média do conjunto de 3.249 h, e pertencentes ao módulo da edificação orientado para o nordeste. Em contraposição, o bloco que apresenta a maior quantidade de horas de refrigeração não satisfeita é

o H-SO-LE-05 com 3.559 h, seguido em ordem decrescente pelo bloco H-SO-CD-07 com 3.465 h, o H-SO-CE-06 com 3.345 h e finalmente o H-SO-LD-08 com 3.418 H, todos com valores acima da média do conjunto e pertencentes ao módulo orientado ao sudoeste.

Assim, destaca-se o bloco H-NE-CE-02 como o de melhor desempenho, e o H-SO-LE-05 como o de pior desempenho dentre o conjunto. Quantitativamente, as maiores diferenças visualizadas entre estes dois blocos, são o ganho solar e a relação de vidro em fachada, consideravelmente superiores no H-SO-LE-05 que no H-NE-CE-02.

A esse respeito, autores como Sosa e Siem (2004a) enfatizam a implantação e a forma da edificação como dos fatores de impacto na mitigação das cargas de calor e o escopo da eficiência energética no trópico, chamando a atenção sobre as superfícies perpendiculares aos raios solares com tendência a um maior ganho solar. Sendo estas no caso de Caracas as paredes leste e oeste ao longo de todo o ano e a parede sul nos meses de inverno (novembro, dezembro e janeiro). Assim, quando avaliados estes fatores nos blocos de melhor e pior desempenho do CM1, evidencia-se que a localização lateral do bloco H-SO-LE-05 (pior desempenho) acarreta diretamente uma quantidade maior de superfícies expostas à radiação solar que as do bloco H-NE-CE-02 (melhor desempenho), o qual se encontra localizado no centro da edificação e conta com só uma fachada exposta diretamente ao Sol (Ver Figura 25).



**Figura 25.** Interação da ventilação e iluminação de Caracas com o Cenário Modificado 1

Por sua vez, essas fachadas expostas do bloco H-SO-LE-05 mostram por sua orientação sudoeste, uma tendência maior ao ganho solar que seu oposto, e maiores dificuldades para a compensação de calor pela passagem do vento, sendo este um dos fatores de maior relevância no desempenho bioclimático da cidade de Caracas, segundo Rosales (2007).

Nesta mesma linha, o conjunto de blocos térmicos que conformam o módulo orientado ao nordeste, apresentam em conjunto, um melhor desempenho energético que seus homólogos orientados ao sudoeste (Quadro 7). Com valores médios inferiores nos blocos pertencentes ao módulo de fachada nordeste que nos do módulo de fachada sudoeste, em percentagem de -10,34% na relação de vidro em fachada, -39,7% no ganho solar, -11,45% nas horas de resfriamento não satisfeitas e entre -0,29 e -1,07 nas temperaturas internas. Destaca-se que as maiores diferenças entre as temperaturas internas atingidas ocorrem no mês de março, e as menores, em junho.

	BLOCOS TÉRMICOS	M2	RELAÇÃO DE VIDRO NA FACHADA (%)	REFRIGERAÇÃO NÃO SATISFEITA (H)	GANHO SOLAR (MWh/a m2)	21 MARÇO	21 JUNHO	21 SETEMBRO	21 DEZEMBO
						T. INT (°C)	T. INT (°C)	T. INT (°C)	T. INT (°C)
NORDESTE	01 H-NE-BE	75,46	6,5	3052	83,55	27,2	28,365	28,50	27,19
	02 H-NE-CE	62,55							
	03 H-NE-CD	62,56							
	04 H-NE-BD	74,15							
SUDOESTE	05 H-SO-BE	71,89	7,25	3447	138,7	27,50	28,45	28,62	27,33
	06 H-SO-CE	61,40							
	07 H-SO-CD	61,43							
	08 H-SO-BD	72,21							
Comparação entre orientações (%)			-10,34	-11,45	-39,77	-1,07	-0,29	-0,41	-0,50

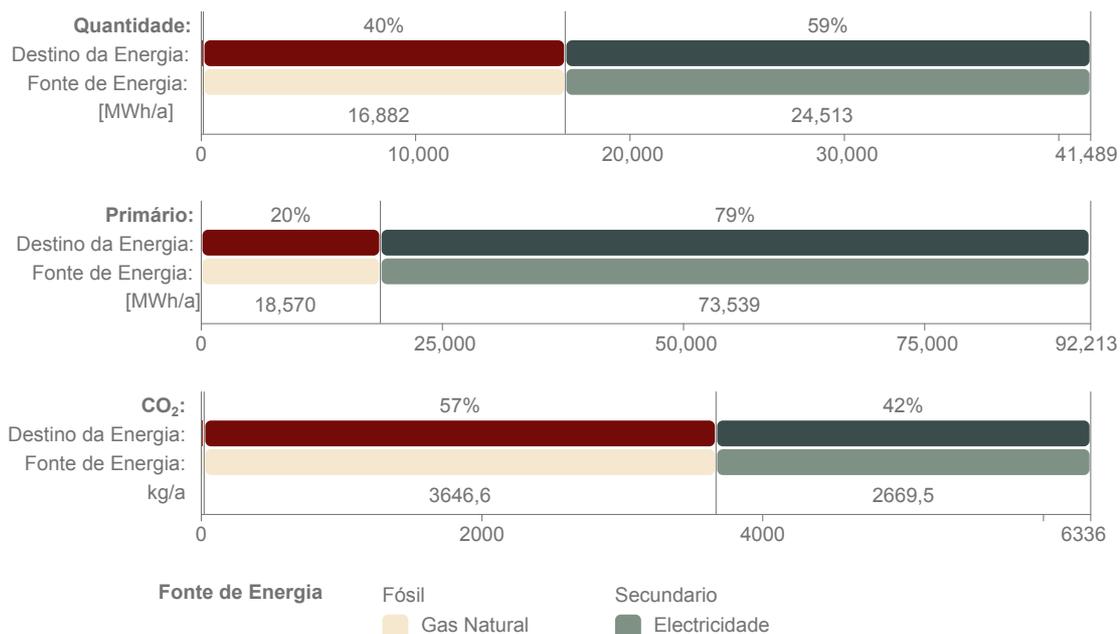
**Quadro 7.** Comparação dos valores médios dos blocos térmicos agrupados de acordo a orientação no cenário Modificado 1

Fonte: Elaboração com base nos resultados obtidos da simulação

Em relação ao consumo energético, as áreas de consumo referenciadas neste caso como principais, são 59% de iluminação e equipamentos (24.513 MWh/a), e 40,6% de aquecimento de água (16,882 MWh/a). Esta última simulada tendo como fonte de fornecimento o gás natural, energia fóssil com tendência a uma maior emissão de CO<sub>2</sub> que a fonte de hidroelétrica, levando a que o correspondente 20 % de energia primária que provém do gás, gere 57% do total das emissões de CO<sub>2</sub>, enquanto os 79% restantes, de fonte hidroelétrica, gerem só os 42% das emissões totais, as quais ascendem a 6.336 kg/a (Figura 26).

### Consumo de energia por Objetivos

Nome de Destino	Energia			CO <sub>2</sub> Emissão kg/a
	Quantidade MWh/a	Primário MWh/a	Custo BS/a	
Aquecimento	0,093	0,103	0	20
Refrigeração	0	0	0	0
Serviço de Água Quente	16,882	18,570	0	3646
Ventilador	0	0	0	0
Iluminação e equipamentos	24,513	73,539	2696	2669
<b>Total:</b>	<b>41,489</b>	<b>92,213</b>	<b>NA</b>	<b>6336</b>



**Figura 26.** Resultados de Consumo por objetivos e fontes de energia do Cenário Modificado 1

Fonte: Ecodesigner do Graphisoft Archicad 23.

## 3.4 DIRETRIZES DE MODIFICAÇÃO PARA O EQUILÍBRIO AMBIENTAL

A escolha da cobertura e o estacionamento como as superfícies que dentre as avaliadas permitiriam um melhor desempenho fotovoltaico, passou pelo estudo do sombreamento e impacto da irradiação solar sobre o contexto do Caso Modelo.

### 3.4.1 ANÁLISE DE SOMBREAMENTO DO CASO MODELO

A fim de facilitar a visualização e quantificação da avaliação de sombreamento sobre as superfícies do contexto (Apêndices B, C e D), as informações passadas pelas imagens, foram transcritas para um quadro de análise (Quadro 8), no qual é

demonstrado o percentual de sombreamento (xadrez azul) em cada superfície, a cada hora. Os percentuais considerados foram 20%, 40%, 60%, 80% e 100%.

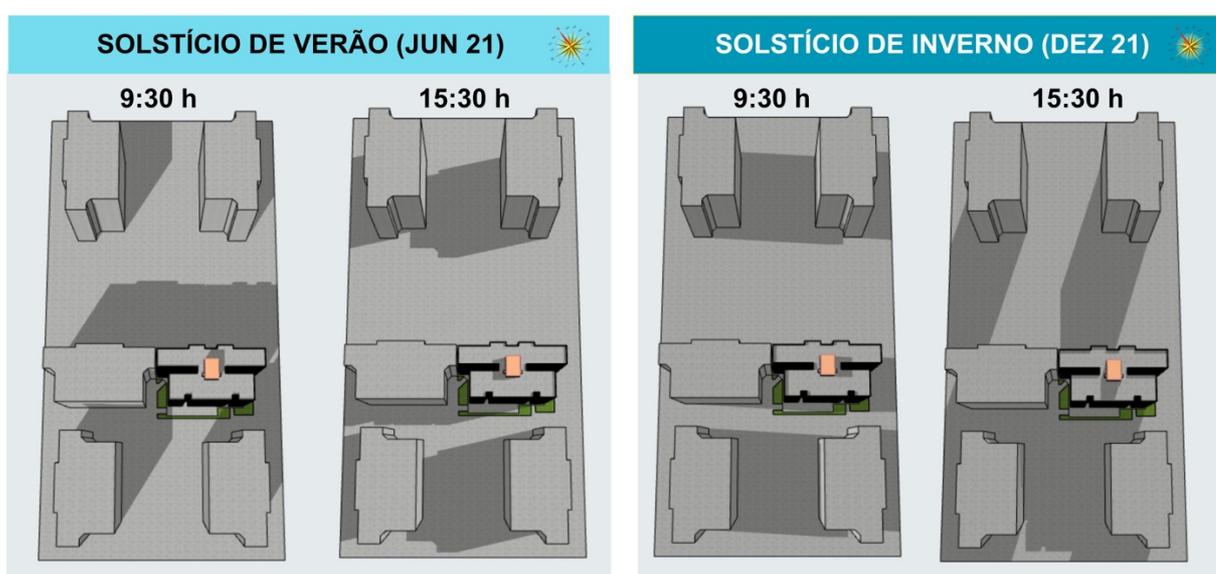
Constatou-se que, dentre os meses analisados, junho e setembro (correspondentes ao período chuvoso) são os que têm porcentagens de sombreamento menores; no entanto, a diferença com os meses de março e dezembro (período de seca) em todas as superfícies é percentualmente baixa, em consonância com a baixa amplitude térmica do local que não supera os 5°C.

No que se refere às superfícies analisadas, as que apresentam as menores percentagem de sombreamento anual, são a cobertura da edificação em média de 30,3% das horas do ano, e o estacionamento com 40,8%. Por sua parte os que apresentam as maiores percentagens de sombreamento são as fachadas orientadas ao nordeste, tanto a posterior com 76,2%, como a lateral com 80%. Por sua vez, as fachadas orientadas ao sudoeste, e o equipamento esportivo apresentam percentagens dentre 56-63% de sombreamento no ano.

No caso das fachadas, se faz evidente o impacto da orientação da edificação, podendo afirmar que nelas há um sombreamento temporal, com incidência solar no horário da manhã para as orientadas ao nordeste, e no horário da tarde para as sudoeste. Dentre elas a que apresenta um menor sombreamento é a fachada principal (SO), porém com valores ainda muito superiores dentre 20 - 30% considerados como válidos na pesquisa de (ZOMER, 2010), pelo que foi desconsiderada para a integração fotovoltaica.



Correspondentemente, nas fachadas a céu aberto (Coberta da edificação, estacionamento e área esportiva) além da orientação que favorece a área comum orientada ao sudoeste, impacta também o sombreamento produzido pelos edifícios próximos ao Caso Modelo, com maior presença sobre a área esportiva do que sobre o estacionamento. Já no caso da cobertura, pela altura regulada das edificações contíguas, o sombreamento vem dado só pela sala de máquinas do mesmo edifício, compondo assim a superfície com menor percentual de sombreamento (Figura 27).



**Figura 27.** Resultado do Percurso do sol sobre as superfícies horizontais as 9:30 e 15:30 h nos solstícios de Verão e Inverno

Fonte: Percurso do Sol Graphisoft Archicad 23®

### 3.4.2 ANÁLISE DE IRRADIAÇÃO SOLAR EM CARACAS

Apesar de a melhor inclinação e orientação para uma instalação fotovoltaica no Hemisfério Norte ser com módulos orientados ao sul e com ângulo de inclinação igual à latitude local (MARRERO ROMERO, 2014), nem sempre o máximo teórico é a posição ideal para favorecer uma integração arquitetônica (ZOMER, 2010).

Assim, o Quadro 9 apresenta os valores de irradiação solar diária em kWh/m<sup>2</sup> sobre uma superfície inclinada a 10.6°, para cada orientação proposta (noroeste, sudeste,

sudoeste, nordeste) e para a situação ideal (máximo teórico), demonstrando as perdas ou ganhos comparativos em percentagem (xadrez verde).

Constatou-se, como esperado, que as maiores irradiações se dão na orientação sul. Porém, a torção para o sudoeste e sudeste não mostraram no caso uma queda relevante nos dados de irradiação sobre a superfície, sendo a média comparativa de perdas com o cenário ideal de 0% no caso da orientação sudoeste, e de 0,3% no sudeste. Por sua vez, nas superfícies orientadas ao noroeste e nordeste, ainda que maior a porcentagem de perda em relação à orientação ideal, estas torções também não mostraram perdas tão amplas, na média de 0,9% no caso do noroeste, e 1,7% no caso do nordeste.

	IDEAL	PROPOSTA			
	10,6° S	10,6° NO	10,6° SE	10,6 SO	10,6 NE
<b>JAN</b>	5,2	4,8	5,2	5,1	4,9
		92,3	100,0	98,1	94,2
<b>FEB</b>	5,6	5,2	5,6	5,6	5,3
		92,9	100,0	100,0	94,6
<b>MAR</b>	5,8	5,8	5,7	5,9	5,6
		100,0	98,3	101,7	96,6
<b>ABR</b>	5,4	5,4	5,2	5,3	5,4
		100,0	96,3	98,1	100,0
<b>MAY</b>	5,1	5,2	5	5,1	5,1
		102,0	98,0	100,0	100,0
<b>JUN</b>	5,4	5,9	5,2	5,6	5,5
		109,3	96,3	103,7	101,9
<b>JUL</b>	5,1	5,5	5,1	5,2	5,2
		107,8	100,0	102,0	102,0
<b>AGO</b>	5,9	6,1	5,8	5,9	5,8
		103,4	98,3	100,0	98,3
<b>SET</b>	5,8	5,8	5,7	5,8	5,5
		100,0	98,3	100,0	94,8
<b>OUT</b>	5	4,9	5,1	5,1	5
		98,0	102,0	102,0	100,0
<b>NOV</b>	4,8	4,4	5	4,7	4,8
		91,7	104,2	97,9	100,0
<b>DEZ</b>	4,5	4	4,8	4,5	4,4
		88,9	106,7	100,0	97,8
<b>MÉDIA ANUAL</b>	5,3	5,25	5,28	5,32	5,21
		99,1	99,7	100,3	98,3

**Quadro 9.** Irradiação solar média anual sobre superfície inclinada a 10,6° em Caracas

Fonte: Elaboração com base nos resultados do Climate Consultant.

### 3.4.3 ALTERAÇÕES INCORPORADAS AO CENÁRIO MODIFICADO 2 (CM2)

Em consequência, das áreas percebidas inicialmente como disponíveis, só a cobertura da edificação e o estacionamento do conjunto apresentaram as características mais favoráveis para a integração fotovoltaica, com perdas por sombreamento menores a 50 %. Alcançando, segundo a análise do Quadro 8, na cobertura da edificação, uma média de perda por sombreamento de 30, 3% ao ano, e no estacionamento de 40,8%.

Assim, no caso da cobertura, optou-se pela utilização de toda a superfície disposta, incluindo o teto da sala de máquinas, para a colocação de um total de 369 módulos orientados ao sudoeste. No estacionamento, optou-se por utilizar os módulos como sistema de cobertura das vagas dos automóveis, projetando assim módulos em três laterais do estacionamento e 5 conjuntos de coberturas com duas águas no espaço central, configurando um total de: 378 módulos com orientação sudoeste; 378 com orientação nordeste, 711 com orientação sudeste, e 525 com orientação noroeste (Ver Figura 16).

Em continuação e de acordo com a metodologia apresentada, foram calculados o potencial fotovoltaico instalado (Tabela 8.A), e os valores de geração solar fotovoltaica diária por orientação (Tabela 8.B), com base na proposta de utilizar módulos rígidos de silício cristalino de 150 Wp, totalizando uma média conjunta de geração de 1494,36 KWh/dia. Porém, é importante destacar, que como o estacionamento é um espaço coletivo compartilhado entre 4 edificações, o total de geração do edifício trabalhado corresponderia ao gerado na coberta (232,45 KWh/dia) mais só  $\frac{1}{4}$  do total do produzido no estacionamento (312,73 KWh/dia), alcançando aproximadamente 550,16 KWh/dia.

**Tabela 8.** Potencial e geração fotovoltaica instalada no Caso Modelo

SUPERFÍCIES DE INTEGRAÇÃO	A				B			GERAÇÃO DO EDIFÍCIO (kWh/dia)
	ORIENTAÇÃO	Nº DE MÓDULOS	POT. NOM (Wp)	PCC (kWp)	IRRADIAÇÃO (kW/m <sup>2</sup> )	R (%)	GERAÇÃO PV (kWh/dia)	
COBERTA	SO	369	150	55,35	5,32	0,8	235,42	235,42
ESTACIONAMENTO	SO	378		56,70	5,32		241,16	314,73
	NE	378		56,70	5,21		236,25	
	SE	711		106,65	5,28		450,77	
	NO	525		78,75	5,25		330,75	
<b>Total</b>		<b>2361</b>		<b>354,15</b>			<b>1494,36</b>	<b>550,16</b>

**Nº** = quantidade de módulos fotovoltaicos que cabem em determinada área.

**Pot. Nom.** = Potência Nominal do tipo de módulo fotovoltaico usado

**Pcc** = potência instalada (kWp)= n° x Pot. Nom. (Equação 1)

**Irradiação**= Média anual de acordo com as variações de orientação (Quadro 9)

R = Rendimento do sistema (inversor e conexões). Para estudos no Brasil, é comum trabalhar com valores dentre 75 a 80%, utilizando no caso a referência de r=0,8

**Geração do Edifício**= Total o gerado na cobertura mais só 1/4 do gerado no estacionamento

Fonte: Elaboração com base nas equações de geração fotovoltaica da Metodologia Zomer (2010)

Estes dados de geração diária foram calibrados com as perdas por sombreamento previamente definidas (Quadro 8), ajustando a projeção do potencial fotovoltaico instalado à realidade do cenário de estudo, estimando uma média de geração de 164,06 kWh/dia proveniente dos módulos da cobertura da edificação, e 186,32 kWh/dia proveniente da cota que corresponderia à edificação do total da gerada pelos módulos do estacionamento (1/4 do total gerado no estacionamento). Totalizando a média de 350,41 kWh/dia de geração fotovoltaica por dia em toda a edificação (Tabela 9).

**Tabela 9.** Ajuste da geração fotovoltaica à realidade de sombreamento do Caso Modelo

	ORIENTAÇÃO	Geração PV (kWh/dia)	PERDAS POR SOMBREAMENTO (%)	ESTIMATIVA GERAÇÃO PV CALIBRADA (kWh/dia)	GERAÇÃO DO EDIFÍCIO (kWh/dia)
COBERTA	SO	235,42	30,3	164,09	164,09
ESTACIONAMENTO	SO	241,16	40,8	142,77	186,32
	NE	236,25		139,86	
	SE	450,77		266,86	
	NO	330,75		195,804	
<b>Total</b>		<b>1494,36</b>		<b>909,38</b>	<b>350,41</b>

**Geração PV**= Valores tomados da Tabela 8

**Perdas por Sombreamento**= Valores tomados da análise de sombreamento do Caso Modelo (Quadro 8)

**Geração do Edifício**= Total gerado na cobertura mais 1/4 do gerado no estacionamento

Fonte: Elaboração com base nas equações de geração fotovoltaica da Metodologia ZOMER, 2010

Finalmente, para o cálculo do impacto que a geração fotovoltaica de 350,41 kWh/dia representa no consumo energético da edificação, calcularam-se aproximados referenciais do consumo mensal por andar com base nos resultados de consumo de energia anual obtidos no cenário base (a 132,39 kWh/m<sup>2</sup>a). E, da geração mensal por andar, considerando o mês de 30 dias e um consumo equitativo entre os 14 andares da edificação. Obtendo assim, uma média de 750,88 kWh/mês e uma geração fotovoltaica por andar que corresponde a uma contribuição de 12,5% do total de consumo mensal por andar de 5.972,4 kWh/mês (Tabela 10).

**Tabela 10.** Contribuição da geração fotovoltaica na redução de consumo elétrico no Caso Modelo

CONSUMO MENSAL POR ANDAR (kWh/mês)	GERAÇÃO MENSAL POR ANDAR (kWh/mês)	PERCENTUAL DE CONTRIBUIÇÃO
5972,4	750,88	12,57

Os dados estão calculados para um mês (30 dias)

**Consumo Mensal por Andar:** Utilizaram-se os resultados de consumo de energia anual (CA) obtidos na simulação do cenário Base, de 132,39 kWh/m<sup>2</sup> e um área (A) de 541,64m<sup>2</sup>, segundo a equação:  $((CA \times A)/12)$  correspondendo o 12 aos meses de um ano.

**Geração Mensal por Andar:** Utilizou-se para o cálculo o valor diário de geração fotovoltaica da edificação (GE) 350,42 kWh/dia, e a premissa de uma repartição equitativa entre os 14 andares da edificação, sob a equação:  $((GE/14) \times 30)$  correspondendo à referência de 30 dias por mês.

**Percentual de Contribuição:** Calculado sob a equação  $((GE \times 100)/CM)$

Fonte: Elaboração com base nas equações de geração fotovoltaica da Metodologia ZOMER, 2010

Este dado representa a principal variação na simulação do Cenário Modificado 2, no qual a origem da energia foi configurada percentualmente provindo 60% de fonte hidroelétrica; 25% do gás natural; 12% do Sol pelos módulos fotovoltaicos; deixando só 3% restante do petróleo.

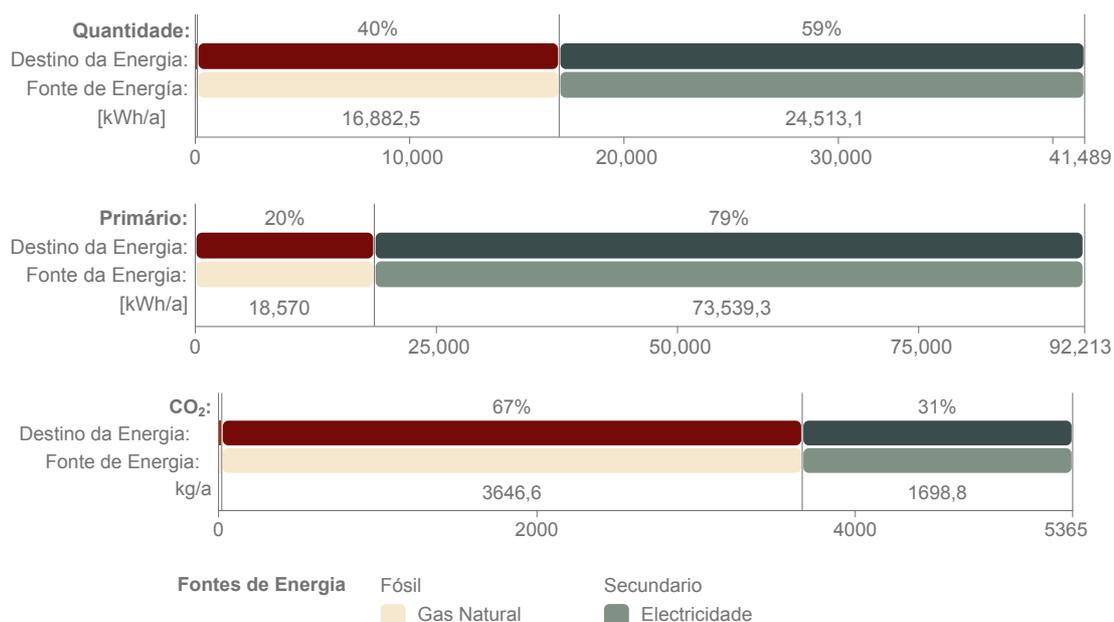
### 3.5 RESULTADOS DO CENÁRIO MODIFICADO 2 (CM2)

Pelas variações inseridas, focadas só na origem da energia, os valores globais de consumo de energia e necessidade de resfriamento obtidos são iguais aos do Cenário Modificado 1, a dizer, 88,60 kWh/m<sup>2</sup>a de consumo de energia, 196,92 kWh/m<sup>2</sup>a de consumo de energia primária e 3.654 h com déficit de conforto por necessidade de resfriamento ao ano.

Porém, evidencia-se como esperado, variações plausíveis na quantidade de emissão de CO<sub>2</sub>, gerados pelo funcionamento do edifício. No âmbito simulado, a emissão de CO<sub>2</sub> totaliza 5.365 Kg/m<sup>2</sup>a, assim distribuído: 67% produto da energia gerada por fonte fósil (o gás natural) e 31% pela energia elétrica gerada de fonte hidroelétrica e fotovoltaica (Figura 28).

### Consumo de energia por Objetivos

Nome Destino	Energia			CO <sub>2</sub> Emissão kg/a
	Quantidade MWh/a	Primário MWh/a	Custo BS/a	
Aquecimento	0,093	0,103	0	20
Refrigeração	0	0	0	0
Serviço de Água Quente	16,882	18,570	0	3646
Ventilador	0	0	0	0
Iluminação e equipamentos	24,513	73,539	2696	1698
<b>Total:</b>	<b>41,489</b>	<b>92,213</b>	<b>NA</b>	<b>5365</b>



**Figura 28.** Resultados de consumo de energia por objetivos no Cenário Modificado 2

Fonte: Ecodesigner do Graphisoft Archicad ®

Destacam-se as melhorias espaciais alcançadas com a incorporação dos módulos fotovoltaicos nas áreas da cobertura do edifício e no estacionamento do residencial, as quais ao serem trabalhadas como material de vedação em altura mínima de 2,20m permitiram a incorporação de novas áreas sombreadas, para o lazer no caso da

coberta do edifício, e para a proteção dos carros no caso das vagas do estacionamento.

### 3.6 ANÁLISE COMPARATIVA DOS RESULTADOS

A comparação de resultados organiza-se em dois blocos: o primeiro correspondente à análise da pertinência das estratégias trabalhadas para otimização do consumo do Cenário Base, e o segundo no próprio, em relação ao balanço energético.

#### 3.6.1 OTIMIZAÇÃO DO CONSUMO

No que tem a ver com a otimização do consumo, os dados obtidos mostram que o conjunto de modificações aplicadas no CM1 permitiram a diminuição de 33% do consumo energético anual, 50,42% de consumo de energia primária, 52,2% das horas com necessidade de resfriamento no andar analisado (Tabela 11) e 50% da energia necessária para o uso de equipamentos (Tabela 14). Conseguindo assim, um desempenho energético mais eficiente (LAMBERTS, 1997) melhorando consideravelmente o conforto interno sem necessariamente incorrer num aumento do consumo energético pelo uso de equipamentos mecânicos de resfriamento, e evidenciar o potencial que a integração de estratégias de projeto bioclimático, e a eficiência de equipamentos têm na melhoria do desempenho energético de edifícios existentes.

**Tabela 11.** Comparativa de resultados base do CB e o CM1

CENÁRIOS	CONSUMO ENERGÉTICO (kWh/m <sup>2</sup> a)	ENERGIA PRIMÁRIA (kWh/m <sup>2</sup> a)	EMIÇÃO CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> a)	NECESSIDADE REFRIGERAÇÃO (h)
BASE	132,39	397,17	14,42	7649
MODIFICADO 1	88,60	196,92	13,53	3654
COMPARATIVA (%)	-33,08	-50,42	-6,17	-52,23

Verificou-se que as emissões de CO<sub>2</sub> apresentam uma percentagem de diminuição desproporcionalmente mais baixa em relação aos parâmetros analisados. Isto pode

ser explicado pela mudança da fonte de energia de alguns dos equipamentos utilizados no perfil de uso do CM1, como a cozinha e o aquecedor de água, que mudaram seu fornecimento de eletricidade para gás. O que contribuiu por uma parte a uma notável diminuição do consumo de energia elétrica requerida para uso de equipamentos, mas impediu por sua vez que a percentagem de decréscimo de CO<sub>2</sub> fosse proporcional aos dados de consumo global.

Em relação à comparação do balanço energético (Tabela 12), o ganho solar, mostra-se como o principal fluxo de ganho energético em ambos os cenários, porém com um valor superior no CM1 (60.4013,60 MWh/a) do que no seu antecessor o CB (54.395,2 MWh/a). Acredita-se que isto é produto do aumento dos fechamentos envidraçados no CM1, colocados para favorecer a passagem de iluminação natural e a conexão com as novas varandas. No entanto, é notável que, este ganho solar não se traduz diretamente num aumento das horas de desconforto interno, senão pelo contrário, sua integração com outras modificações que apostavam na diminuição do ganho solar como a troca de cor das paredes exteriores e integração de sombreamento, a diminuição de ganho de calor por equipamentos e a compensação por ventilação com o aumento do NR/h permitiram que, em termos gerais, as modificações tivessem um impacto positivo no desempenho da edificação.

Outro ponto de destaque é o impacto que o perfil de hábitos de consumo por equipamento teve no desempenho da edificação. A seleção de equipamentos mais eficientes (Opção B da Tabela 3) permitiu por um lado, a redução de 50,8% dos ganhos por iluminação e equipamentos no balanço energético do CM1 (24.514,10 MWh/a em relação aos atingidos no CB (49.901,3 MWh/a). E por outro, a diminuição de 47,6 % do consumo no CM1, passando de um perfil que atingia os 778 kW/h ao mês e que se encontrava consideravelmente acima da faixa de consumo e subsídio

econômico estipulada para a cidade de 500 kW/h (MPPEE, 2014), a uma de 402,07 kW/h ao mês consideravelmente abaixo da mesma faixa.

**Tabela 12.** Comparativa dos ganhos no balanço energético do CB e o CM1

ENERGIA FORNECIDA	CENÁRIO BASE		CENÁRIO MODIFICADO 1	
	MWh/a	% DO TOTAL	MWh/a	% DO TOTAL
Ganho solar	54395,2	44,73	60430,60	56,26
Aquecimento água	12093,4	9,94	16882,50	15,72
Calor humano	4037,9	3,32	4396,90	4,09
Latente	1186,9	0,98	1093,40	1,02
Equipamentos	49901,3	41,03	24513,10	22,82
Aquecimento	0	0,00	93,90	0,09
<b>TOTAL</b>	<b>121614,7</b>	<b>100,00</b>	<b>107410,40</b>	<b>100,00</b>

A modificação da matriz energética, incorporando no CM1 a fonte de gás natural para fins de aquecimento de água e uso de alguns equipamentos como a cozinha e o forno, gerou por uma parte, o aumento do ganho energético por aquecimento de água no CM1 atingindo os 16.882,50 MWh/a, em comparação aos 12.093,4 MWh/a do CB que trabalhava só com fonte elétrica. E por outra, a incorporação do aquecimento dentre os fluxos fornecedores de energia, porém pelos benefícios do clima local com valores globais muito baixos, resultou de pouco impacto no desempenho global da edificação

Em relação à energia emitida (Tabela 13), observou-se um aumento nas perdas por transmissão do CM1 em comparação ao CB, com correspondente consequência do aumento das áreas envidraçadas nas fachadas do CM1. No entanto, visualizou-se também uma diminuição nas perdas por ventilação e infiltração no CM1, sendo as perdas por ventilação a variação quantitativamente mais destacada em relação ao CB. No que tem a ver com as águas residuais em ambos os cenários seus valores mantiveram-se proporcionais aos ganhos energéticos por aquecimento de água pelo que se tomam como dados inversamente relacionados.

**Tabela 13.** Comparativa das perdas de energia no balanço energético do CB e o CM1

ENERGIA EMITIDA	CENÁRIO BASE		CENÁRIO MODIFICADO 1	
	MWh/a	%	MWh/a	%
Transmissão	43344,6	35,56	47752,20	44,42
Infiltração	786,5	0,65	207,20	0,19
Ventilação	65659,5	53,87	42668,50	39,69
Águas Residuais	12093,4	9,92	16882,50	15,70
<b>TOTAL</b>	<b>121.884</b>	<b>100,00</b>	<b>107.510,40</b>	<b>100,00</b>

Já no que tem a ver com análise dos blocos térmicos, observou-se que como referido pelas estratégias do *Climate Consultant*, e a pesquisa de (SOSA GRIFFIN; SIEM, 2004b) a orientação e o sombreamento exerce um papel fundamental no desempenho energético das edificação no trópico, ambos fatores favorecem neste caso os blocos orientados ao nordeste, tanto por orientação em sua relação com o vento e o Sol, quanto no sombreamento do contexto imediato que gera por proximidade às outras edificações mais sombra sobre a fachada nordeste do que na sudoeste do edifício analisado. Assim os blocos com os melhores desempenho mantiveram-se nos dois cenários, no módulo orientado ao nordeste e os do pior desempenho no módulo orientado ao sudoeste, porém com valores bem diferenciados entre um cenário e o outro, atingindo nos parâmetros de ganho solar e horas de refrigeração não satisfeitas valores na média de 50% mais baixos em todos os blocos do CM1 e nas temperaturas internas deste cenário valores muito mais próximos à faixa de conforto, com variações de no máximo 2 °C em relação às temperaturas externas (Quadro 10).

No caso de Cenário Base (CB), os blocos que apresentaram valores abaixo da média do cenário na maioria dos parâmetros analisados foram o H-NE-LE-01 e o H-NE-LD-04, porém entre eles o que apresentou as menores horas com necessidade de refrigeração foi o H-NE-LD-04, sendo ele o catalogado neste cenário como o do

melhor desempenho. Similarmente no Cenário Modificado 1 (CM1) o H-NE-LE-01 apresentou também todos seus valores por debaixo da média do cenário, porém foi seu par o H-NE-CE-02, quem além de ter todos os valores abaixo do cenário apresentou o menor valor de horas de refrigeração não satisfeitas, sendo assim catalogado como o do melhor desempenho do cenário.

CENÁRIO BLOCO	BLOCOS TÉRMICOS	M2	RELAÇÃO DE VIDRO NA FACHADA (%)	REFRIGERAÇÃO NÃO SATISFEITA (H)	GANHO SOLAR (MWh/a m2)	21 MARÇO		21 DE JUNHO		21 SETEMBRO		21 DEZEMBRO		ESCORE
						T. EXT	T. INT	T. EXT	T. INT	T. EXT	T. INT	T. EXT	T. INT	
CB	01 H-NE-LE	75,46	6	7111	73,79		32,14		32,09		32,69		30,28	6
CM1			6	3092	86,36		27,15		28,32		28,45		27,21	7
CB	02 H-NE-CE	62,55	12	7549	93,3		32,22		31,97		32,82		30,66	4
CM1			6	2965	76,4		27,15		28,32		28,45		27,21	7
CB	03 H-NE-CD	62,56	12	7536	93,43		32,19		31,95		32,79		30,64	4
CM1			7	3024	81,25		27,20		28,35		28,49		27,26	5
CB	04 H-NE-LD	74,15	7	6979	78,51		32,05		32,23		32,60		30,12	6
CM1			7	3128	90,26	25,52	27,24	27,45	28,42	28,59	26,03	27,18	4	
CB	05 H-SO-LE	71,89	9	7408	116,0		32,61		32,15		33,01		30,70	1
CM1			9	3559	163,1		27,55		28,50		28,68		27,43	0
CB	06 H-SO-CE	61,40	9	7374	116,70		32,55		31,97		32,87		30,51	3
CM1			6	3345	120,84		27,43		28,39		28,56		27,26	2
CB	07 H-SO-CD	61,43	10	7589	119,78		32,97		32,21		33,22		30,81	0
CM1			6	3465	124,97		27,55		28,44		28,65		27,33	1
CB	08 H-SO-LD	72,21	9	7227	99,23		32,40		32,08		32,78		30,47	4
CM1			8	3418	145,96		27,45		28,46		28,59		27,30	0

Observações:

Os dados de Ganho Solar e Emissão de Ventilação expostas referem ao m2

Os dados promedios de temperatura encontram-se em °C

▶ Valores abaixo da média no Cenário Base (melhor desempenho)

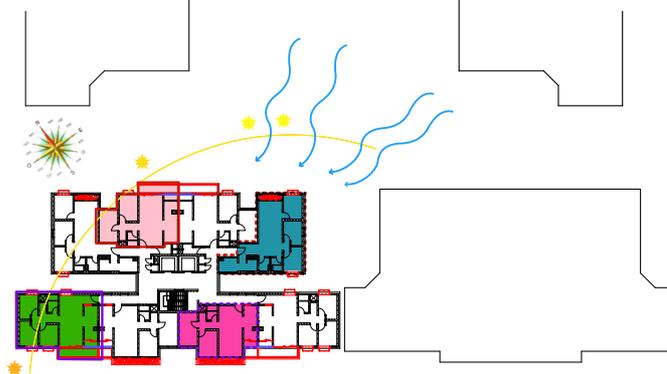
▶ Valores abaixo da média no Cenário Modificado 1 (melhor desempenho)

⊖ Menor valor de Horas de Refrigeração não satisfeitas no Cenário Base

⊖ Maior valor de Horas de Refrigeração não satisfeitas no Cenário Base

⊖ Menor valor de Horas de Refrigeração não satisfeitas no Cenário Modificado 1

⊖ Maior valor de Horas de Refrigeração não satisfeitas no Cenário Modificado 1



**Quadro 10.** Comparação dos resultados de desempenho dos blocos térmicos no CB e CM1

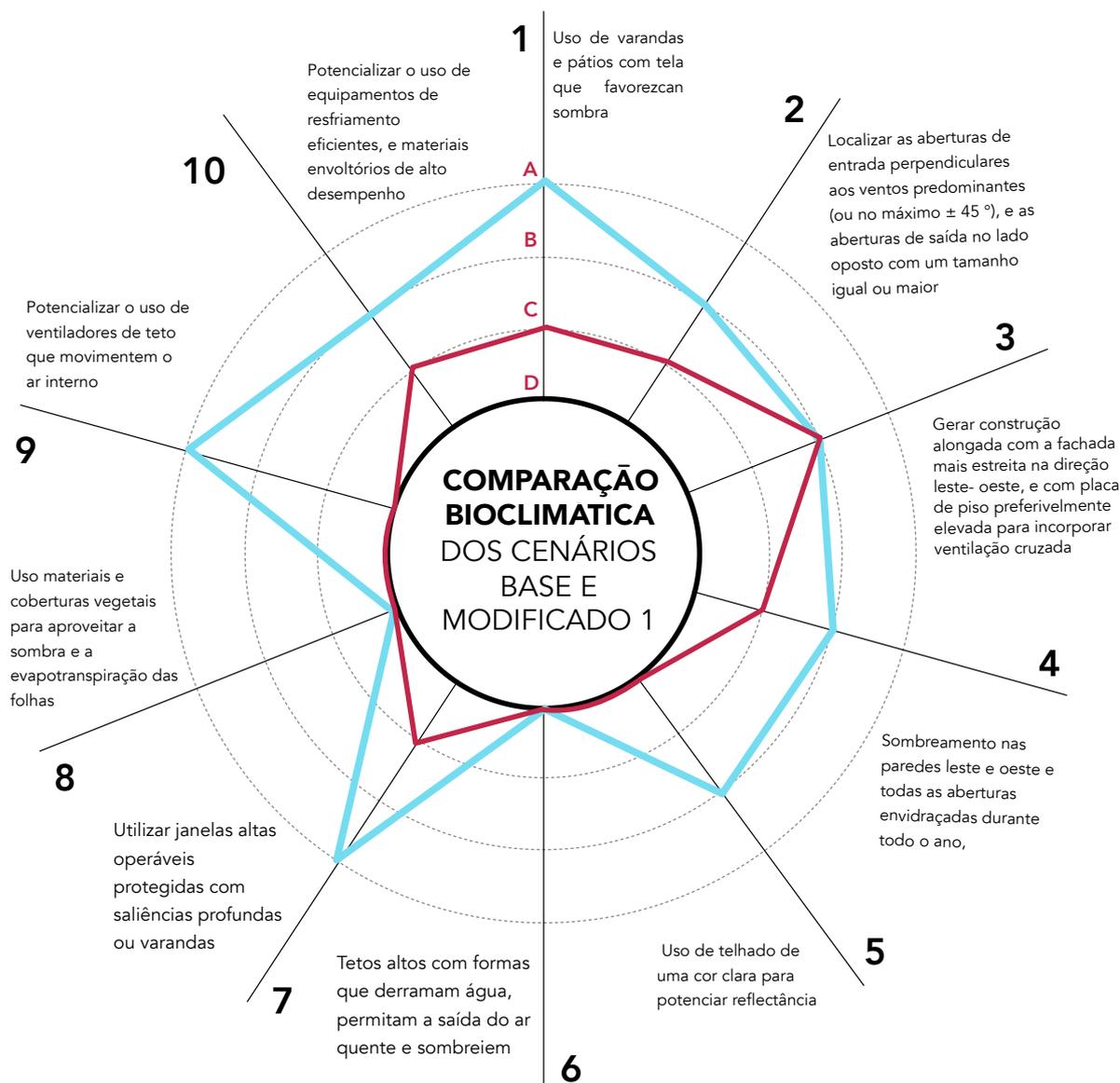
Fonte: Elaboração com base nos resultados da simulação.

Se faz visível no Quadro 10 que, dentre os resultados dos dois blocos com melhor desempenho no CM1, o H-NE-LE-01 e o H-NE-CE-02 a diferença vai relacionada ao ganho solar, comparativamente maior no H-NE-LE-01 localizado na lateral da edificação e com duas superfícies expostas à radiação direta que no H-NE-CE-02 localizado no centro da edificação e com só uma superfície exposta à radiação direta. Já na comparação entre os blocos de melhor desempenho de cada cenário, o bloco H-NE-LD-04 no CB, e o bloco H-NE-CE-02 no CM1, destaca-se que o bloco H-NE-

LD-04 não apresentou mudança considerável na percentagem de relação de vidro em fachada, a dizer na vulnerabilidade da fachada à radiação direta, enquanto no H-NE-CE-02 este valor diminuiu à metade no CM1., o que ressalta a relevância da aplicação de estratégias de sombreamento sobre as superfícies expostas para a diminuição da sua vulnerabilidade e consequentemente para a melhora do conforto interno.

Por sua vez, nos blocos catalogados com o pior desempenho apresentam-se também mudanças entre o CB e o CM1: no primeiro cenário o posto é preenchido pelo bloco H-SO-CD-07, enquanto no Cenário Modificado 1 a posição é ocupada pelo bloco H-SO-LE-05. Observa-se que dentre os parâmetros analisados (Quadro 10) as maiores diferenças entre o desempenho dos blocos nos dois cenários estão relacionadas ao ganho energético e a relação de vidro na fachada, cujo bloco H-SO-LE-05 apresenta um impacto menor de melhoras por sombreamento na relação de vidro em fachada, e valores de ganho solar mais diferenciados aos obtidos no CB.

Pode-se afirmar assim que, como defendido nos postulados de Edifícios de Energia Zero, a integração de estratégias de adaptação bioclimática com o uso de equipamentos eficientes, impulsiona notavelmente a otimização do consumo energético das edificações. Nessa linha, a Figura 29 mostra a comparação gráfica das avaliações bioclimáticas dos cenários trabalhados com as estratégias recomendadas para o clima local pelo *Climate Consultant* (CB=linha roxa; CM1=linha azul), evidenciando o impacto que as modificações do projeto têm no desempenho energético da edificação, e que passaram principalmente pelo favorecimento do sombreamento e refletância na edificação (estratégias 1, 4, 5 e 7), a passagem do vento (estratégias 2 e 9) e o uso de equipamentos eficientes (estratégia 10).



**Figura 29.** Comparação de desempenho bioclimático dos CB e CM1 de acordo com as estratégias proposta no Climate Consultant para o local

No que se refere à estratégia 8, de uso de materiais e coberturas vegetais, ainda que contempladas entre as modificações do CM1, o detalhamento dos dados considerados pelo *software* para a análise energética (Apêndice D-L), permitiu visualizar que, o mesmo não apresenta parâmetros de análise do impacto da vegetação desconsiderando esta variação nos resultados apresentados. Assim na Figura 29 este item colocou-se sem variações entre ambos os cenários. Similar ao acontecido com as estratégias que referem à forma dos tetos ou a edificação

(estratégias 3 e 6), cuja modificação torna-se complicada em edificações existente pelo que também se apresentam sem variações entre os cenários.

### 3.6.2 BALANÇO ENERGÉTICO

No escopo do equilíbrio ambiental, a comparativa dos resultados obtidos fez evidente, por um lado, o impacto direto que a troca das fontes de energia têm na emissão de carbono da edificação e, por outro, o potencial das edificações para a integração da energia fotovoltaica.

Como indicado pelo IPCC (2021), em seu informe das Mudanças Climáticas 2021, uma das principais causas da problemática ambiental é o uso indiscriminados das energias fósseis, no entanto, como indicado por Sachs (2007), no caso dos países produtores deste tipo de energia, como a Venezuela, sua completa separação aos fins ambientais torna-se no curto prazo pouco viável e até contraproducente, sendo sustentavelmente mais viável o aproveitamento dos benefícios econômicos carregados do uso dessas energias para a inversão na progressiva mudança para fontes renováveis, e a complementar implementação de estratégias para o sequestro dos gases de efeito estufa gerados no processo.

A validação dos potenciais dessa lógica queda reflexada na comparativa dos resultados obtidos no CM2 com uma diminuição de -20,53% nas emissões calculadas para o Cenário Base (14,42 Kg/m<sup>2</sup>a) e -6,17% das calculadas para o Cenário Modificado 1 (Tabela 13). Porém, foi visível também que a maior parte desta redução foi por conta da incorporação da energia fotovoltaica, e não por a diminuição de consumo energético.

Adicionalmente, é resgatável também o valor qualitativo que o uso dos módulos tem no projeto, incorporando no CM2 450,9 m<sup>2</sup> de área de lazer sombreada na cobertura do edifício e 2.630,638 m<sup>2</sup> de estacionamento sombreado, na área comum.

**Tabela 14.** Comparação de resultados de emissão de CO<sub>2</sub> dos três cenários de simulação

CENÁRIOS	CONSUMO ENERGÉTICO (kWh/m <sup>2</sup> a)	NECESSIDADE REFRIGERAÇÃO (h)	EMIÇÃO CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> a)
BASE (CB)	132,39	7649	14,42
MODIFICADO 1 (CM1)	88,60	3654	13,53
COMPARATIVA CB/CM1 (%)	-33,08	-52,23	-6,17
MODIFICADO 2	88,60	3654	11,46
COMPARATIVA CB/CM2 (%)	-33,08	-52,23	-20,53

Fonte: Elaboração com base nos resultados da simulação

A incorporação de módulos solares aos projetos habitacionais mostra-se assim como uma estratégia plausível para a considerável diminuição das emissões de efeito estufa, e a diversificação da matriz elétrica, de urgência no caso da Venezuela (VILLEGAS et al., 2010). Porém, como defendido por Reed (2007), o escopo de projetos ambientalmente corretos, passa também pela incorporação de algum sistema paralelo que permita o sequestro dos gases que são gerados no funcionamento das edificações. A incorporação de massa vegetal mostrou-se no marco teórico como o sistema até agora mais eficiente para esses fins; no entanto, sua incorporação nas proporções requeridas para seu ótimo funcionamento, dificultou-se em projetos já construídos como no Caso Modelo principalmente pela demolição e associada poluição que carrega, pelo que não foi incorporada no estudo, convertendo-se num dos principais temas sugeridos para futuras pesquisas.

Nesta mesma linha, no detalhamento dos resultados (Apêndice E) não foi visualizado nenhum parâmetro que resgatasse o impacto da vegetação nem em relação a suas implicações no desempenho térmico dos cenários simulados, nem em seus benefícios como absorvedor natural de CO<sub>2</sub>, pelo que se assume como uma estratégia desconsiderada nos resultados oferecidos pela plataforma.

### 3.7 CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO 3

A análise dos resultados das simulações de desempenho energético desenvolvidas permitiu visualizar que a principal necessidade para o conforto da edificação trabalhada como caso modelo é o resfriamento. Situação que no caso do clima de Caracas demonstrou-se que pode ser melhorada por meio de práticas bioclimáticas que permitam aproveitar os fluxos naturais de energia local, minimizando o ganho de calor solar e permitindo o resfriamento dos espaços interno e a eliminação do excesso de umidade. Assim, a aplicação de modificações alinhadas a esses princípios, como a troca da cor das paredes para um tom mais claro, a incorporação de elementos que permitam aumentar a passagem do vento e o sombreamento integrados a um perfil de consumo por equipamentos mais eficientes (Opção b da Tabela 3) permitiram a redução de: 33% do consumo energético global; 52% das horas de necessidade de resfriamento; e 50% da energia para uso de equipamentos.

Evidenciou-se por sua vez o potencial de Caracas para o desenvolvimento de energias fotovoltaicas, referenciado sua possibilidade de utilização no âmbito, que no caso de estudo permitiu responder a 12% do consumo energético da edificação, levando a uma redução de 20,5% das emissões anuais de CO<sub>2</sub>.

Já no que tem a ver com a capacidade de sequestro de gases geradores do efeito estufa, a incorporação de vegetação mostrou-se como a prática atualmente mais eficiente para esses fins, no entanto, sua eficácia precisa da incorporação de amplas superfícies folhadas, difíceis de acoplar em edificações já construídas como neste caso.

## CONCLUSÕES

---

“Que nem o sol quente, nem inutilmente ilumine,  
nem a água corra, nem as ondas rebentem na praia, sem dar benefício”  
Dante Alighieri, *Divina Comédia*. (Tradução do autor)

A presente dissertação teve como objetivo geral determinar estratégias e parâmetros de design pertinentes à sustentabilidade energética do Programa Habitacional Venezuelano *Gran Mision Vivienda Venezuela* (GMVV).

Além do objetivo geral, procurou-se atender aos seguintes objetivos específicos: caracterizar conceitos, ações e critérios de análise, associados à sustentabilidade energética na arquitetura; identificar estratégias de plausível aplicação para a melhoria do desempenho energético de edificações residenciais multifamiliares em Caracas, VE; avaliar comparativamente o desempenho energético de uma edificação representativa do Programa (caso modelo), em diferentes cenários referenciais, de acordo às estratégias para a melhoria de desempenho energético previamente definidas; e, quantificar a pertinência das estratégias simuladas na melhora do desempenho energético do Programa Habitacional Venezuelano (GMVV).

Na revisão de literatura, abordaram-se contextos e conceitos referentes ao Programa Habitacional Venezuelano foco desta pesquisa, a *Gran Misión Vivienda Venezuela* (GMVV); a Arquitetura Bioclimática, os Edifícios de Energia Zero, e a Arquitetura Regenerativa como referências contemporâneas para a compreensão do alcance e implicações da sustentabilidade energética no espaço construído; e, um compêndio de tecnologias e procedimentos de avaliação, a partir dos quais foram definidos os *softwares* e critérios de análise dos cenários de simulação trabalhados.

O trabalho, de natureza aplicada, envolveu uma abordagem quantitativa, utilizando o procedimento de simulação computacional numa situação tipo de habitação do programa venezuelano GMVV, no caso o Edifício tipo C do Residencial *Ciudad Tiuna* em Caracas, VE. Para o qual foram definidas estratégias de plausível aplicação para a sustentabilidade do seu desempenho energético, e três Cenários de simulação (Cenário Base, Cenário Modificado 1, Cenário Modificado 2) para avaliar o impacto de aplicação dessas estratégias.

A definição das estratégias bioclimáticas foi auxiliada pelo *Climate Consultant 6®*, enquanto a simulação de desempenho energético pelo *Ecodesigner do Graphisoft Archicad 23®*, a utilização conjunta desses *softwares* permitiu a determinação das estratégias pertinentes tanto para a otimização do consumo, quanto para o equilíbrio energético.

## OTIMIZAÇÃO DO CONSUMO ENERGÉTICO

Em relação ao consumo energético, os resultados da simulação do Cenário Base, mostraram que a principal necessidade para o conforto da edificação é o resfriamento, para o qual são destacadas no clima da Caracas práticas bioclimáticas que permitam aproveitar os fluxos naturais de energia no local, minimizando o ganho de calor solar e permitindo que as correntes de ar que ocorrem naturalmente resfriem os espaços internos e eliminem o excesso de umidade neles.

A aplicação de modificações alinhadas com esse princípios bioclimáticos e integradas com um perfil de consumo por equipamentos mais eficientes que favoreceu a ventilação natural apoiada por ventiladores para climatização, uso de luminárias LED e equipamentos à gás para a cozinha e aquecimento de água, assim como a diminuição de uso de secadora de roupa por meio da garantia de espaços para a sua secagem natural, permitiram no Cenário Modificado 1 a redução de: 33% do

consumo energético global obtido no Cenário Base; 52,2% das horas com necessidade de resfriamento no andar analisado; e 50 % da energia necessária para o uso de equipamentos.

Nesta mesma linha, destaca-se a importância da passagem do ar para o escopo do conforto neste contexto, pois ainda que ampliadas no CM1 as áreas envidraçadas e conseqüentemente o ganho solar global, a garantia da passagem do vento pelos espaços internos permitiu que neles não ocorressem um conseqüente desconforto por aquecimento, senão pelo contrário, otimiza-se a saída do calor, diminuindo as temperaturas internas e melhorando em conseqüência a sensação de conforto.

Em suma, foi possível melhorar consideravelmente o conforto interno dos apartamentos sem necessariamente incorrer num aumento do consumo energético pelo uso de equipamentos mecânicos de refrigeração, evidenciando o potencial que a integração de estratégias de projeto bioclimático, e a eficiência de equipamentos têm na otimização do consumo energético e conseqüentemente na melhoria da sustentabilidade energética de edificações existentes.

## **EQUILIBRIO ENERGÉTICO**

Em relação ao equilíbrio energético, evidenciou-se o potencial nacional para o desenvolvimento de energias alternativas, com ênfase na fronteira litoral norte, onde se localiza Caracas, na capacidade de radiação solar, gerando a sua vez uma referência do conseqüente impacto que esta troca de fontes de energia poderia ter nas emissões de carbono da edificação.

A estimativa de geração de energia calculada para o local em 1494,39 kWh/d, levou à simulação do Cenário Modificado 2 com a troca de 12,5% da energia que inicialmente veio do petróleo para uma fonte fotovoltaica, correspondendo

quantitativamente a uma diminuição do 20,5% das emissões calculadas para o Cenário Base e 15,29% das calculadas para o Cenário Modificado 1. No entanto, destaca-se que esta porcentagem de geração fotovoltaica precisou da incorporação no projeto de 396 módulos fotovoltaicos na cobertura e ¼ da energia dos 1992 módulos instalados no estacionamento coletivo, assim como análise de sombreamento e associada disponibilidade de superfícies para a incorporação mais otimizada da tecnologia.

Em relação à capacidade de sequestro do resto dos gases de efeito estufa emitidos pelo funcionamento da edificação, a incorporação de vegetação mostrou-se como a prática, por enquanto mais eficiente a esses fins, no entanto, sua eficácia precisa da incorporação de amplas superfícies folheadas, difíceis de acoplar em edificações já construídas como no Caso Modelo, pelo que sua incorporação foi desconsiderada neste estudo.

#### ALCANCE DO SOFTWARE ARCHICAD ECODESIGNER

Em contextos culturais, como os da Venezuela, onde torna-se complexo o acesso à informação e estudos válidos sobre as características climáticas locais, o *Climate Consultant* mostra-se como uma ferramenta eficiente e de fácil acesso para a visualização e análise da realidade climática, permitindo o avanço de pesquisas no âmbito da sustentabilidade energética. Porém, é importante destacar a validade das análises de *software* vai integrado à atualização dos dados climáticos utilizados pelo que o contínuo monitoramento e acesso a dados recentes é vital para a confiabilidade dos resultados obtidos.

Em relação ao funcionamento do software *Graphisoft Archicad 23®* para o desenvolvimento de edificações energeticamente sustentáveis, a plataforma mostrou potencial para a projeção BIM e análise integrada do impacto energético, de

modificações relacionadas ao sombreamento de aberturas, materialidade, operabilidade manual da taxa de renovação de ar, perfis de consumo e uso de equipamentos assim como fontes de energia. Sendo útil na visualização rápida do impacto energético de diferentes opções de design, e outorgando ferramentas para a racional tomada de decisões alinhadas à sustentabilidade energética.

Contudo, apresentou limitações em relação à simulação de estratégias de sombreamento nas paredes e no detalhamento aprofundado das temperaturas e movimentação do ar nos espaços internos. Assim como na análise do impacto da integração de vegetação no projeto, tanto nos seus benefícios térmicos, quanto na sua capacidade para o sequestro dos gases de efeito estufa, tornando impossível a análise completa de seu efeito no balanço ambiental do projeto.

Por sua vez, na determinação do impacto da integração dos módulos fotovoltaicos ao projeto, se faz preciso recorrer a cálculos externos para a estimativa da energia gerada e a definição do percentual de impacto dela dentro do consumo energético do modelo analisado, o qual retarda o processo e desalenta mais não impede a aplicação de energias alternativas.

Portanto, o uso da plataforma se revela como uma ferramenta de apoio no processo de design, eficiente na tomada de decisões gerais alinhadas à sustentabilidade energética dos projetos, porém com necessidade de complementação com ferramentas BEM de maior alcance, para o detalhamento e avaliação específica das áreas envolvidas no desempenho energético sustentável.

Ao ser o *Graphisoft Archicad* um *software* pouco comum na análise de desempenho energético no âmbito brasileiro, a pesquisa procurou um detalhamento aprofundado

dos parâmetros e procedimentos trabalhados com o mesmo, acreditando neles como parte dos aportes do trabalho.

### LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Apesar da iminente e mostrada necessidade de políticas e práticas que apontem a sustentabilidade energética no âmbito da construção, a pesquisa na área é localmente pouca na Venezuela, e o acesso à informação atualizada relevante para o tema é complicada, já que na maioria dos casos consultados não se tem dados de acesso público nos entes do Estado.

A não disponibilização direta dessa informação retarda as pesquisas, e dificulta a obtenção de dados adaptados à realidade local, de vital importância no campo, sobretudo, no que tem a ver nos aspectos bioclimáticos.

### SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Esta dissertação permitiu a avaliação do impacto geral que um conjunto de estratégias de projeto bioclimático, eficiência energética de equipamentos e utilização de energia fotovoltaica têm na sustentabilidade energética de uma edificação tipo da GMVV. No entanto, há muito o que ainda se precisa aprofundar no tema, tanto no impacto que cada uma das estratégias de forma individualizada pode ter no modelo, como em outras tipologias de edificações, localidades ou hábitos de consumo que incluam equipamentos para climatização, dentro do mesmo programa habitacional.

A esse respeito, destaca-se a necessidade local de aprofundamento nos estudos de zonificação bioclimática, hábitos de consumo do setor residencial, eficiência de equipamentos, caracterização do repertório edificado, potencial de geração de energias alternativas, e afins, com a finalidade de agilizar a regulamentação

metodológica e normativa de desempenho das edificações, alinhada à sustentabilidade energética, e integrar sua prática à realidade educativa e construtiva local.

Na mesma linha, considera-se importante o avanço de pesquisas que estudem o impacto que a incorporação de vegetação a meia escala teria tanto no desempenho energético local quanto no conforto e saúde dos espaços residenciais da GMVV.

## REFERÊNCIAS

- ABDALA, Klaus De Oliveira. Sustentabilidade, do conceito à análise. *[S. l.]*, v. 10, 2020. ISBN: 0000000264.
- ACOSTA, Domingo. Diseñar en el Antropoceno: la arquitectura más allá de la sostenibilidad. **Entre Rayas**, Caracas, Venezuela, n. October, p. 26–31, 2018.
- ACOSTA, Domingo. **Diseñar en el Antropoceno. La arquitectura mas allá de la sostenibilidad**. Caracas, Venezuela. ISBN: 9789807391191.
- ADAM, Roberto Sabatella. **Princípios do ecoedifício: interação entre ecologia, consciência e edifício**. São Paulo: Aquariana, 2001.
- AELENEI, Laura; AELENEI, Daniel; GONÇALVES, Helder; LOLLINI, Roberto; MUSALL, Eike; SCOGNAMIGLIO, Alessandra; CUBI, Eduard; NOGUCHI, Massa. Design issues for net zero-energy buildings. **Open House International**, *[S. l.]*, v. 38, n. 3, p. 7–14, 2013 a. ISSN: 01682601. DOI: 10.1108/ohi-03-2013-b0002.
- AELENEI, Laura; AELENEI, Daniel; GONÇALVES, Helder; LOLLINI, Roberto; MUSALL, Eike; SCOGNAMIGLIO, Alessandra; CUBI, Eduard; NOGUCHI, Massa. Design Issues for Net Zero-Energy Buildings. **Open House International**, *[S. l.]*, v. 38, n. 3, p. 7–14, 2013 b. ISSN: 0168-2601, 2633-9838. DOI: 10.1108/OHI-03-2013-B0002. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/OHI-03-2013-B0002>.
- ALMEIDA, F. O bom negócio da sustentabilidade. Rio de Janeiro: Nova Fronteira. 2002.
- AN, Hyung Jun; YOON, Jong Ho; AN, Young Sub; HEO, Eunnyeong. Heating and cooling performance of office buildings with a-Si BIPV windows considering operating conditions in temperate climates: The case of Korea. **Sustainability (Switzerland)**, *[S. l.]*, v. 10, n. 12, 2018. ISSN: 20711050. DOI: 10.3390/su10124856.
- ARMIJO, Alberto; ELGUEZABAL, Peru; ELAGIRY, Mohamed; LASARTE, Natalia; COSTA, Andrea. A Methodology for the Digitalization of the Residential Building Renovation Process through IDDS Ready Workflows. **MDPI**, *[S. l.]*, v. 65, n. 1, p. 21, 2021. ISSN: 2504-3900. DOI: 10.3390/proceedings2020065021.
- BBC News (2021). 5 revelaciones del informe de la ONU sobre cambio climático y qué dice sobre América Latina (Video en línea). 2021. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=4QEW0DHWIlg>
- BASTIN, Jean-Francois; FINEGOLD, Yelena; GARCIA, Claude; MOLLICONE, Danilo; REZENDE, Marcelo; ROUTH, Devin; ZOHNER, Constantin M.; CROWTHER, Thomas W. The global tree restoration potential. **Science**, *[S. l.]*, v. 365, n. 6448, p. 76–79, 2019. ISSN: 0036-8075. DOI: 10.1126/science.aax0848. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aax0848>.
- BARBIERI, J. C. (1997). **Desenvolvimento e meio ambiente: as estratégias de mudanças da Agenda 21**. 4a ed. Petrópolis, RJ: Vozes.

BASURTO, Ana Barbara Reyna. **Propuesta para mejoramiento de temperatura interior de viviendas nuevas mediante diferentes materiales , estrategias bioclimáticas y la orientación de las viviendas.** 2018. Universidad Autónoma de Querétaro, [S. l.], 2018.

BAUTISTA, Lorena Puerta. Los iconos urbanísticos de la Revolución Bolivariana Regresiones del paisaje urbano de Caracas en el Siglo XXI. [S. l.], v. XXXVII, p. 93–117, 2019.

BOFF, Leonardo. **Sustentabilidade: o que é – o que não é.** Petrópolis, RJ: Vozes, 2012.

BUENO, Cristiane. **Avaliação de desempenho ambiental de edificações habitacionais: Análise comparativa dos sistemas de certificação no contexto brasileiro.** 2010. Universidade de São Paulo, [S. l.], 2010.

CARIOLA, Cecilia; FERNANDEZ, Beatriz; JUNGEMANN, Beate. **La Gran Misión Vivienda Venezuela. Hacia una política socioterritorial de vivienda. Una mirada desde Caracas Metropolitana.** Caracas. ISBN: 9789806755659. Disponible em: [www.fundacredesa.gob.ve](http://www.fundacredesa.gob.ve).

CARIOLA, Cecilia; FERNÁNDEZ, Beatriz; JUNGEMANN, Beate; SIERRA, Rosaura; AZARIAH-MORENO, George. Nuevos procesos de integración socioterritorial: Impactos de la Gran Misión Vivienda Venezuela en la segregación urbana de la Caracas Metropolitana CECILIA. **Cuadernos del CENDES**, [S. l.], p. 139–144, 2014.

CILENTO SARLI, Alfredo. Construcción sostenible : de las declaraciones a la acción. **Tribuna del investigador**, Caracas, Venezuela, v. 4, p. 72–82, 1997.

CLEGG, Peter. A practitioner's view of the "Regenerative Paradigm". **Building Research and Information**, [S. l.], v. 40, n. 3, p. 365–368, 2012. ISSN: 09613218. DOI: 10.1080/09613218.2012.663557.

CUSTÓDIO, I.; QUEVEDO, T.; MELO, A. P.; RÜTHER, R. A holistic approach for assessing architectural integration quality of solar photovoltaic rooftops and shading devices. **Solar Energy**, [S. l.], v. 237, n. November 2021, p. 432–446, 2022. ISSN: 0038092X. DOI: 10.1016/j.solener.2022.02.019.

CVG. **Estimación de los requerimientos de generación del sistema eléctrico nacional a mediano y largo plazo.** División de planificación de sistemas eléctricos, Editor. Caracas, 2007. Disponible em: [http://www.soberania.org/Archivos/CVG-Edelca\\_Informe\\_2007.pdf](http://www.soberania.org/Archivos/CVG-Edelca_Informe_2007.pdf)

D'AMANZO, Micaela; MERCADO, María Victoria; GANEM-KARLEN, Carolina. 10 Preguntas De Los Edificios Energía Cero: Revisión Del Estado Del Arte. **Revista Hábitat Sustentable**, [S. l.], v. 10, n. 2, p. 24–41, 2020. DOI: 10.22320/07190700.2020.10.02.02.

DALBEM, R.; FREITAS, J. M. R.; CUNHA, E. G. Conceito Passivhaus Aplicado ao Clima Brasileiro. **Revista de Arquitetura IMED**, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 26–36, 2015. DOI:

10.18256/2318-1109/arqimed.v4n1p26-36.

DUSSEL, Enrique Dussel en Aristegui Noticias para hablar de la situación actual de México y su gobierno (Video en línea). 2019. Consultado em 14 junho, 2022.

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=VQtOay7elk8>

EDWARDS, Brian. O guia básico para a sustentabilidade. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2008

ELAGIRY; MARINO; LASARTE; ELGUEZABAL; MESSERVEY. BIM4Ren: Barriers to BIM Implementation in Renovation Processes in the Italian Market. **MDPI**, [S. l.], v. 20, n. 1, p. 24, 2019. ISSN: 2504-3900. DOI: 10.3390/proceedings2019020024.

ELKINGTON, John. **Sustentabilidade, canibais com garfo e faca**. São Paulo: M. Books do Brasil Editora Ltda, 2012

EVANS, John Martin. ZONIFICACION BIOAMBIENTAL EN LATINOAMERICA PARA UNA ARQUITECTURA SUSTENTABLE. **Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente**, Argentina, v. 8, n. 1, p. 1–23, 2004. ISBN: 0329-5184.

GELLER, Howard Stevens. **Revolução Energética - Políticas Para Um Futuro Sustentável**. Rio de Janeiro: Relume dumará, 2003. ISBN: 8573163364.

GIRALDO, Walter; HERRERA, Carlos A. Ventilación pasiva y confort térmico en vivienda de interés social en clima ecuatorial. **Ingeniería y Desarrollo**, [S. l.], v. 35, n. 1, p. 77–101, 2017. ISSN: 0122-3461. Disponível em: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0122-34612017000100077&lang=en%0Ahttp://www.scielo.org.co/pdf/inde/v35n1/2145-9371-inde-35-01-00077.pdf](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-34612017000100077&lang=en%0Ahttp://www.scielo.org.co/pdf/inde/v35n1/2145-9371-inde-35-01-00077.pdf).

GOVERNMENT OF VENEZUELA. Ley de uso racional y eficiente de la energía República Bolivariana de Venezuela, 2011. p. 1–9. Disponível em: [http://www.procuraduriacarabobo.gob.ve/site/images/stories/pdf\\_descargas/leyes/leyes\\_ordinarias/Ley de Uso Racional y Eficiente de la Energia.pdf](http://www.procuraduriacarabobo.gob.ve/site/images/stories/pdf_descargas/leyes/leyes_ordinarias/Ley de Uso Racional y Eficiente de la Energia.pdf).

GUERRA, Carlos Manuel Calzadilla. **DE LA PRODUCCIÓN DE VIVIENDA SOCIAL AL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN SOCIAL DE LA VIVIENDA**: 2017. Politecnica de Cataluña, [S. l.], 2017.

GUIMARÃES, M. (2003). **Sustentabilidade e educação ambiental**. CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Orgs.). A questão ambiental: diferentes abordagens. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.

HAGEMANN, I. PV in buildings - the influence of pv on the design and planning process of a building. **Renewable Energy**, [S. l.], v. 8, n. 1–4, p. 467–470, 1996. ISSN: 09601481. DOI: 10.1016/0960-1481(96)88900-2. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0960148196889002>.

HERNÁNDEZ TÉLLEZ, Angélica. Panorama de la situación energética en América Latina. **Panorama de la situación energética en América Latina. A un alto costo**.

**Generación de energía en América Latina. Perspectivas América Latina, Vol . 5, [S. l.],** p. 9–12, 2019.

IAQUINTO, Beatriz Oliveira. a Sustentabilidade E Suas Dimensões. **Revista da ESMESC, [S. l.],** v. 25, n. 31, p. 157–178, 2018. ISSN: 1519-8731. DOI: 10.14295/revistadaesmesec.v25i31.p157.

IEA. Climate Impacts on Latin American Hydropower. [S. l.], p. 1–57, 2021.

IPCC. **Climate Change 2021. The Physical Science Basis Bulletin of the Chinese Academy of Sciences.** [s.l: s.n.]. ISSN: 1003-3572. DOI: 10.3724/sp.j.7103161536.

LAMBERTS, R; DUTRA, L; PEREIRA, F. **Eficiência energética na arquitetura.** São Paulo: PW, 1997. 192p

LITTMAN, Jaccob A. **Regenerative Architecture : A Pathway Beyond Sustainability.** 2009. University of Massachusetts Amherst, [S. l.], 2009. Disponível em: <http://scholarworks.umass.edu/theses/303>.

LLAVE ZARZUELA, Esperanza M. G. de la Jose; ARCO DÍAZ, Julián; HIDALGO GARCIA, David. Estudio comparativo-tecnologías BIM en Edificación: Arquitectura Sostenible= Comparative study-BIM technologies in Building: Sustainable Architecture. **Anales de Edificación, [S. l.],** v. 5, n. 3, p. 8, 2019. ISSN: 2444-1309. DOI: 10.20868/ade.2019.4362.

M.M CHAUSTRE VIRGÜEZ; V. M. MIJARES. Cómo fallan los Petroestados: análisis del caso Venezuela. **Cuadernos del CENDES,** Caracas, Venezuela, v. 103, p. 35–62, 2020. ISBN: 9781119130536.

MARQUES, Peixoto. **Análise do consumo de energia elétrica numa habitação.** 2016. Instituto Superior de Engenharia de Oporto, [S. l.], 2016.

MARRERO ROMERO, Jesús. **Sembrando Luz 2005-2014.** Lima. Disponível em: [https://www.osinergmin.gob.pe/empresas/electricidad/Paginas/IVCongresoGFE/archivos/1\\_Exposiciones/27\\_VENEZUELA\\_JesusMarrero.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/empresas/electricidad/Paginas/IVCongresoGFE/archivos/1_Exposiciones/27_VENEZUELA_JesusMarrero.pdf).

MILNE, Murray; LIGGETT, Robin; BENSON, Andrew; BHATTACHARYA, Yasmin. Climate consultant 4.0 develops design guidelines for each unique climate. **38th ASES National Solar Conference 2009, SOLAR 2009, [S. l.],** v. 8, p. 4559–4593, 2009. ISBN: 9781615673636.

MINVIH. **Memoria 2015.** Caracas, Venezuela.

MIPPCI. **Plan Banda Verde comienza para promover el uso racional de la energía eléctrica.** 2014. Disponível em: <http://www.minci.gob.ve/plan-banda-verde-comienza-para-promover-el-uso-racional-de-la-energia-electrica/>

MONTIBELLER FILHO, G. (1999). **O Mito do Desenvolvimento Sustentável: meio ambiente e custos sociais no moderno sistema produtor de mercadorias.** Tese de doutorado, Programa Interdisciplinar de Doutorado em Ciências Humanas: Sociedade e Meio Ambiente, Universidade Federal São Carlos, São Carlos, SP, Brasil.

MORENO, Y. (2009). "Autodesk Ecotec y Green Building Studio". **Revista Construible**. 2009.

NAZARENO, Paulo; JUNIOR, Monteiro; CARLOS, Luis; BLASQUES, Macedo. BIPV E BAPV: AVALIAÇÕES A PARTIR DE CONCEITOS TEÓRICOS , DE ASPECTOS POSITIVOS E NEGATIVOS E DE ESTIMATIVAS DE DESEMPENHO ENERGÉTICO PARA REGIÕES DE BAIXA LATITUDE. **Anais do V Congresso Brasileiro de Energia Solar**, [S. l.], 2014.

ONU HABITAT. **Nova Agenda Urbana** دمشق جامعة منشورات. Quito.

PETTER JELLE, Bjørn; BREIVIK, Christer; DROLSUM RØKENES, Hilde. Building integrated photovoltaic products: A state-of-the-art review and future research opportunities. **Solar Energy Materials and Solar Cells**, [S. l.], v. 100, p. 69–96, 2012. ISSN: 09270248. DOI: 10.1016/j.solmat.2011.12.016. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0927024811006970>.

PIMENTEL, Breno Pontes; BARBOSA, Andréa Teresa Riccio; SOUZA, Mayara Dias De. Análise De Métodos De Integração Entre Bim E Simulação Termo Energética De Edificações Militares. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, [S. l.], v. 9, p. 125, 2020. ISSN: 2238-8753. ISBN: 0202012514. DOI: 10.19177/rgsa.v9e02020125-146.

POLO LOPEZ, Cristina Silvia; SCOGNAMIGLIO, Alessandra; FRONTINI, Francesco. PV AND FAÇADE SYSTEMS FOR THE BUILDING SKIN. ANALYSIS OF DESIGN EFFECTIVENESS AND TECHNOLOGICAL FEATURES. *In*: 29TH EUROPEAN PHOTOVOLTAIC SOLAR ENERGY CONFERENCE AND EXHIBITION PV 2014, **Anais [...]**. [s.l: s.n.] p. 3613–3618.

PORSANI, Gabriela Bastos; DE LERSUNDI, Kattalin Del Valle; GUTIÉRREZ, Ana Sánchez Ostiz; BANDERA, Carlos Fernández. Interoperability between building information modelling (Bim) and building energy model (bem). **Applied Sciences (Switzerland)**, [S. l.], v. 11, n. 5, p. 1–20, 2021. ISSN: 20763417. DOI: 10.3390/app11052167.

POSSO RIVERA, Fausto. Estudio del desarrollo de las energías alternativas en Venezuela. **Anales de la Universidad Metropolitana**, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 147–164, 2004. ISSN: 1856-9811.

QUICENO GALLEGO, Marisol. **Propuesta para mitigar la contaminación atmosférica en el sector zona centro del casco urbano de la dorada caldas, generada por el parque automotor, mediante la arborizacion urbana**. 2015. UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA, [S. l.], 2015.

QUIROZ, L. **La eficiencia energética en Venezuela y acciones en la Fundacion Instituto de Ingeniería**. Fundación Instituto de Ingeniería. Nota Técnica. 2016. Disponível em: <http://www.fii.gob.ve/?p=5316>

REED, Bill. Shifting from "sustainability" to regeneration. **Building Research and**

**Information**, [S. l.], v. 35, n. 6, p. 674–680, 2007. ISSN: 09613218. DOI: 10.1080/09613210701475753.

RODRIGUEZ, Ciaddy; SERA, Antonio Sarmiento; RODRIGUEZ, Maria. **Alternative of Electric Generation By Means of Renewable Energy Sources for Hotels** in. [s.l: s.n.].

ROMEIRO, A. R. (2001). **Economia ou economia política da sustentabilidade?** Texto para Discussão. IE/UNICAMP n. 102, set

ROSALES S, Luis A. Caracterización y clasificación del clima para el diseño bioclimático en Venezuela. Caracas, Venezuela, p. 236–244, 2013. ISBN: 9781119130536.

RÜTHER, R. **Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil:** Editora UFSC/LABSOLAR. Florianópolis, 2004.

SACHS, Ignacy. Arevolução energética do século XXI. **Estudos Avançados**, [S. l.], v. 21, n. 59, p. 21–38, 2007.

SALAMEH, Tareq; ASSAD, Mamdouh El Haj; TAWALBEH, Muhammad; GHENAI, Chaouki; MERABET, Adel; ÖZTOP, Hakan F. Analysis of cooling load on commercial building in UAE climate using building integrated photovoltaic façade system. **Solar Energy**, [S. l.], v. 199, p. 617–629, 2020. ISSN: 0038092X. DOI: 10.1016/j.solener.2020.02.062. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0038092X20301870>.

SARTORI, Simone; LATRÔNICO, Fernanda; CAMPOS, Lucila M. S. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: uma taxonomia no campo da literatura. **Ambiente & Sociedade**, [S. l.], v. 17, n. 1, p. 01–22, 2014. DOI: 10.1590/1809-44220003490.

SATURNO, Simón. **Venezuela en apagón: Desinversión, falta de mantenimiento y desfalco.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://transparencia.org.ve/wp-content/uploads/2018/11/EPE-II-Sector-Eléctrico.pdf>.

SILVA, E. et al. **CABA: Cartografía de los barrios de Caracas 1966-2014.** Caracas: Fundación Espacio. 2015.

SOONETS, Silvia. **La Gran Misión Vivienda en Caracas , una mirada global .** 2018. Universitat Oberta de Catalunya, [S. l.], 2018.

SOSA GRIFFIN, Maria Eugenia; SIEM, Geovanni. **Manual de diseño para edificaciones energéticamente eficientes en el trópico.** Pimera Edi ed., Caracas, Venezuela. ISBN: 1752004720185.

SOSA GRIFFIN, María Eugenia; SIEM, Giovanni. **Guia del Consumidor de Energía Eléctrica de viviendas y oficinas.** Caracas, Venezuela.

TORCELLINI, P., PLESS, S. and DERU, M. “Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition”. **National Renewable Energy Laboratory (NREL).** 2006

ULTRAMARI, C. (2003). **A respeito do conceito de sustentabilidade.** Curitiba:

Ipardes/IEL-PR. Van

VAN DER RYN, S; COWAN, S (1996). **Ecological Design**. Washington D.C: Island Press.

VILLEGAS, Aminta; ALLER, José; OLIVEIRA, Paulo De; MARTÍNEZ, Miguel; DÍAZ, Hernán; SALAZAR, Luisa; MOLINA, Juvencio. La USB ante la crisis del sector eléctrico venezolano. [S. l.], p. 1–19, 2010. Disponível em: <http://www.innovaven.org/quepasa/eoana26.pdf>.

VAN DER RYN, S; COWAN, S. **Ecological Design**. Washington D.C: Island Press. 1996.

VIVAS, Fruto. **Las casas mas sencillas**. 1ra. ed., Guarenas, Venezuela. ISBN: 978-980-14-1676-0.

WALSH, Angélica; CHEBEL LABAKI, Lucila; CÓSTOLA, Dániel. Panorama do zoneamento bioclimático nas américas. **XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, [S. l.], v. 1, n. November, p. 994–1003, 2014. DOI: 10.17012/entac2014.726.

ZOMER, Clarissa Debiazi. **Megawatt Solar : Geração Solar Fotovoltaica Integrada a Uma Edificação Inserida Em Meio Urbano E Conectada À Rede Elétrica** . 2010. Universidade Federal de Santa Catarina, [S. l.], 2010.

## APÊNDICES

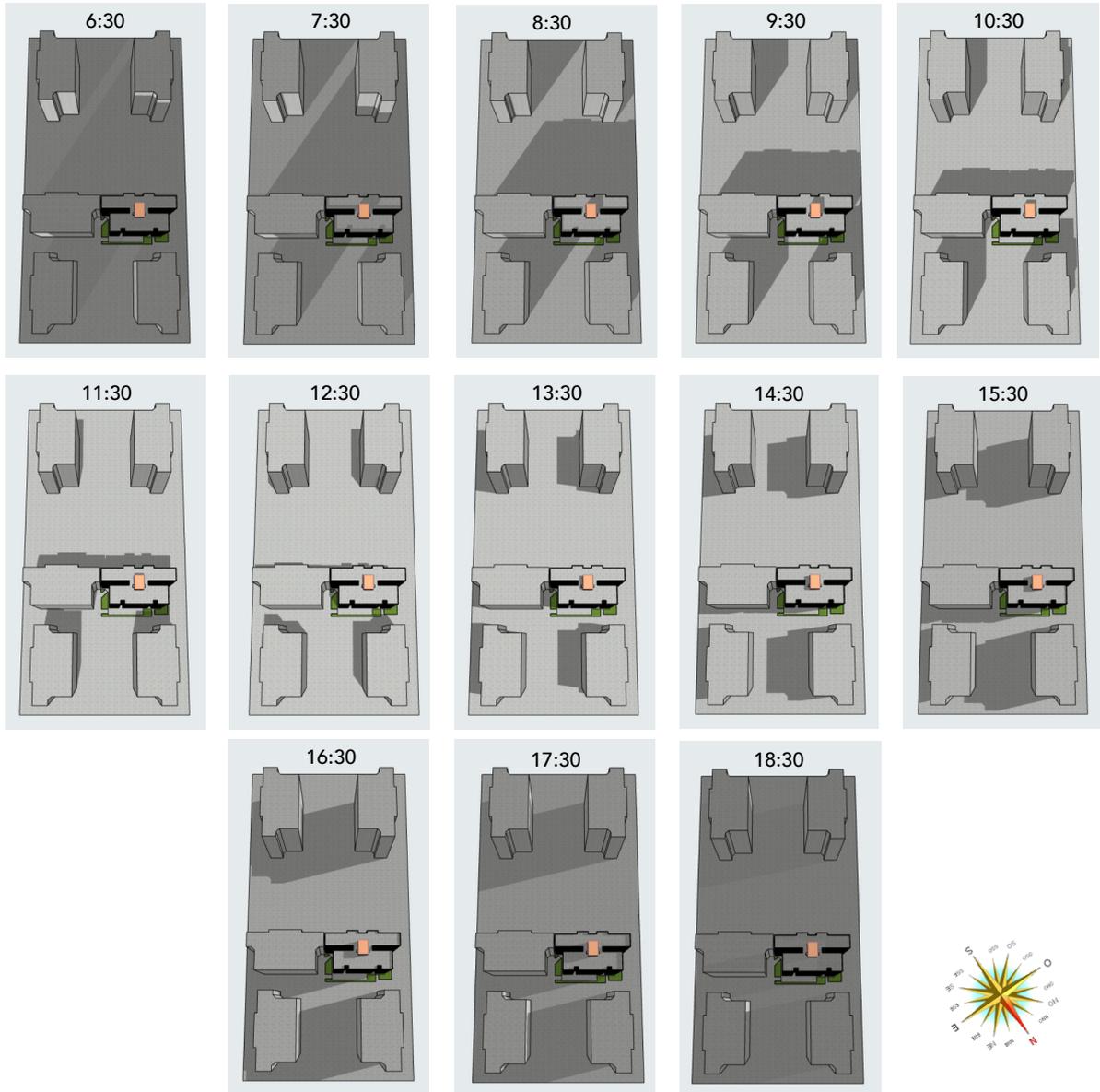
APÊNDICE A: PARÂMETROS DE ANÁLISE DO ECODESIGNER ARCHICAD 23<sup>®</sup>

AREAS DE ESTUDIO	ECODESIGNER DO GRAPHISOFT ARCHICAD 23			DADOS DE SAÍDA
	DADOS DE ENTRADA	CRITERIOS / UNIDADES DE MEDIÇÃO		
Definição do Entorno	Clima	Arquivo climático	Arquivo IWEC ASHRAE, TMY, WTEC2 (Usar ano ideal com informação de temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento, radiação solar)	Valores claves ; Balanço energético; Perfil de temperatura diária; Dados de desenho dos sistemas HVAC; Consumo de energia por objetivos e fontes; Sistemas de energia renováveis
		Tipo de Clima	Úmido / Seco / Marítimo	
		Localização do Projeto	Norte / Altitude / Latitude	
	Contexto	Nível de altura	Distância de deslocamento da elevação 0 Modelagem de terreno (malha)	
		Tipo de solo	Cascalho drenado/ areia drenada/ argila/ silte/ areia/ cascalho/ rocha/ pedras	
		Arredores	Pavimentado/ frente à água/ jardim/ personalizado	
		Refletância do solo (%)	Porcentagem (%)	
Proteção do vento (de acordo com a orientação)	Protegido /parcialmente protegido/ desprotegido			
Proteção do sol (de acordo com a orientação)	Protegido /parcialmente protegido/ desprotegido			
Materialidade de paredes e coberturas e aberturas (Modelo BIM)	Paredes e coberturas	Orientação	Norte / Sur / Este / Oeste	
		Categoria	Externo / Interno / en el suelo / subterráneo	
		Dimensiones	Area (m2) / Espesor (m)	
		Valor [U]= Transtancia térmica	Valor calculado pelo software em (w (m2/K) a partir do: Espesor (m); Conductividad térmica (W/mK); Densidad (Kg/m3); e Capacidad calorífica (J/KgK)	
		Estrutura da massa de armazenamento de calor	P. Pesado: estructura hormigón / P. Medio: Albañilería / P. Ligero: Marcos de Madera	
		Infiltração	(l/sm2), referencia: 0,6 l/s,m2 = infiltración baja / 1,6 l/sm2 = infiltración alta	
		Absorção Solar	Porcentagem (%)	
		Estado de Rehabilitación	Existente / Novo	
	Aberturas	Orientação	Norte / Sul / Leste / Oeste	
		Tipo de abertura	Porta / Janela	
		Superfície transparente	(m2)	
		Tipo de Abertura (do catálogo de modelado)	Padrões associados ao tipo de abertura: Valor [U] (w (m2/K)); [TST] Transmissão Solar Total (%); [TSD] Transmissão Solar Directa (%)	
		Superfície opaca	(m2)	
		Perímetro	(m)	
Perfis de Operação	Ocupação	Tipo de ocupación	Residencial / No residencial	
		Ganancia de calor humano	(W/cáp)	
		Carga de Agua Caliente	(l/día, cáp)	
		Carga de humedad	(l/día)	
	Perfis Diários	Rangos de hora de ocupación	Blocos de Hora	
		Rangos de temperatura interna (confort).	Temperatura mínima e máxima de confort (°C)	
		Densidad ocupación humana	(W/m2)	
		Densidad de uso iluminación	Tipo: Incandescente / Tubo fluorescente / Compacto fluorescente / LED / Personalizado	
Densidad potencia equipamiento	(W/m2)			
Sistemas de Construção	Calefação	Tipo de sistema	Bomba de aterramento/ caldeira de óleo/ caldeira a gás montada na parede/ aquecimento urbano/ aquecedor elétrico/chaminé/ painel solar	
		Equipamento	Aquecimento urbano / equipamento no local (forno de caldeira / coletor térmico / bomba de calor de água) / não especificado	
		Definições do sistema	Blocos térmicos atribuídos Origem da Energía (%) Capacidade Nominal (W)	
		Servicio de Calefação de agua	Temperatura máxima e mínima (°C)	
		Tipo de sistema	Refrigerador de teto/ arrefecimento urbano/ unidade de CA de janela/ unidade de AC de parede)	
	Refrigeração	Equipamento	Máquina de refrigeração/ refrigeração distrital / não especificada	
		Definições do sistema	Capacidade de refrigeração (W ou Btu/h) Blocos térmicos atribuídos	
		Tipo de sistema	Fornecimento de ar fresco/ ventilação com recuperação de calor/ ventilação natural	
	Ventilação	Equipamento	natural/ mecânico	
		Definições do sistema	Cronograma de operação Cambio de ar por Hora: m3/h; l/s; cfm Função: Fornecimento / Exaustão / Fornecimento e exaustão Recuperação de calor : sim/não Blocos térmicos atribuídos	
		Fatores da energia (norma DINV-18599)	Factor de energía primaria (segundo a fonte) Emissão de CO2 (kg/kWh)	
		Fonte e coste da energia	Fonte de electricidade	Porcentagem (%)
Coste	Moeda Local			
	Unidade de energia local	A depender do país		

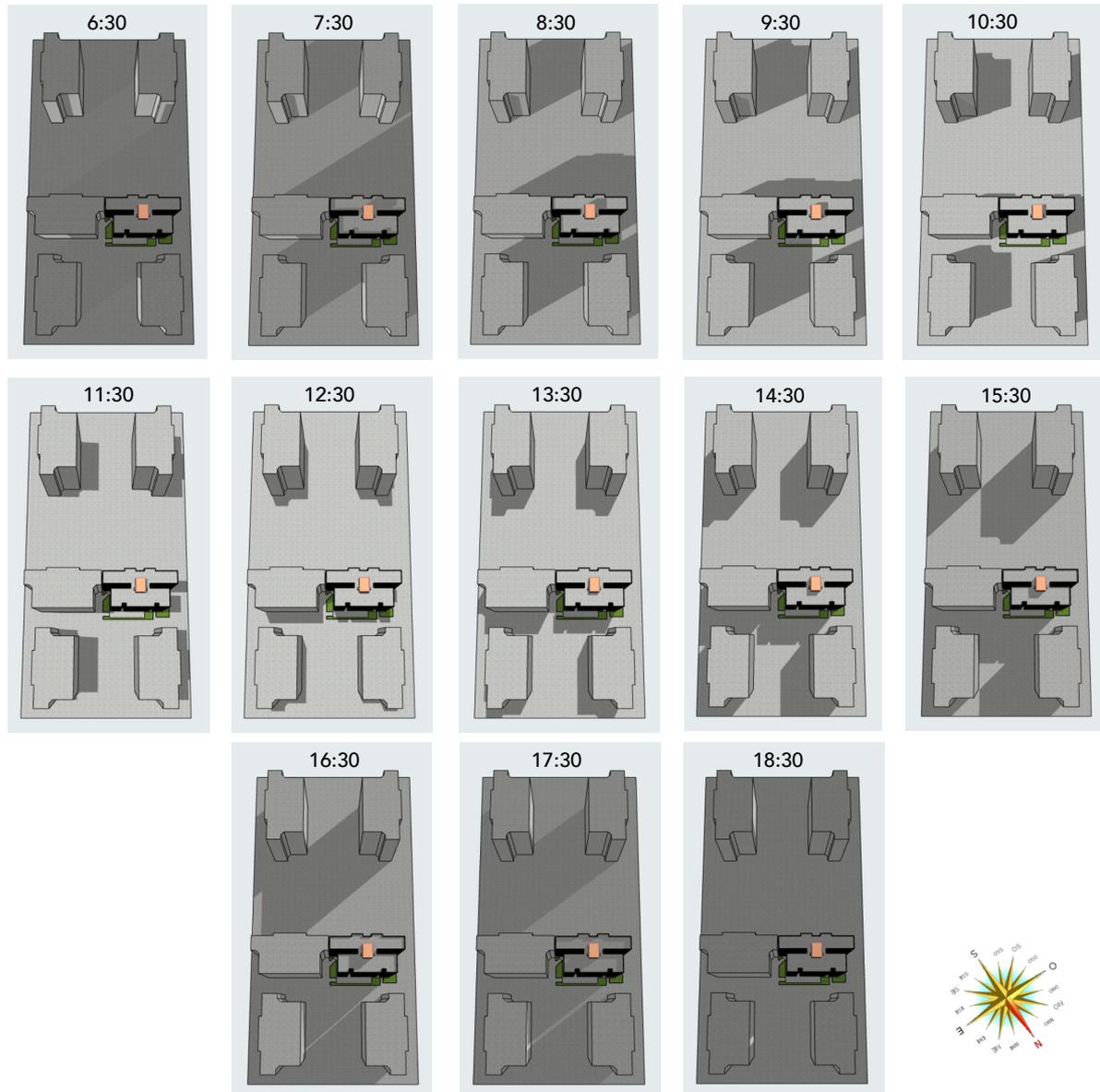
## APÊNDICE B: ESTUDO DE SOMBREAMENTO EM COBERTA



JUNHO 21



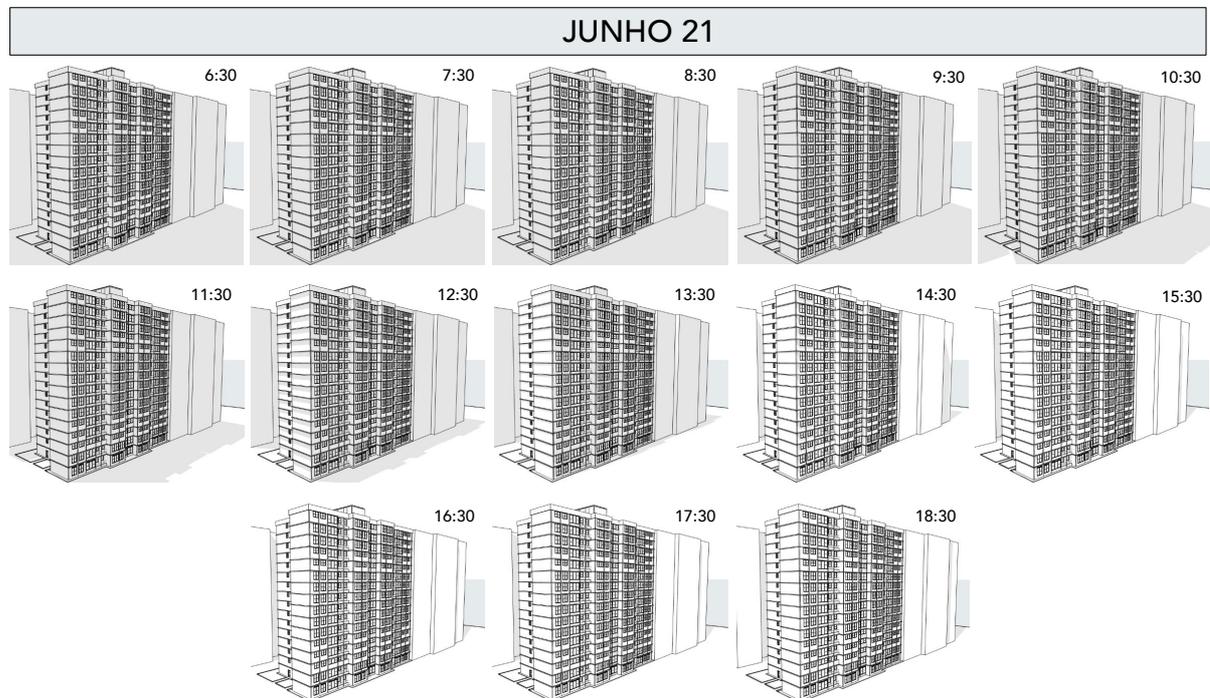
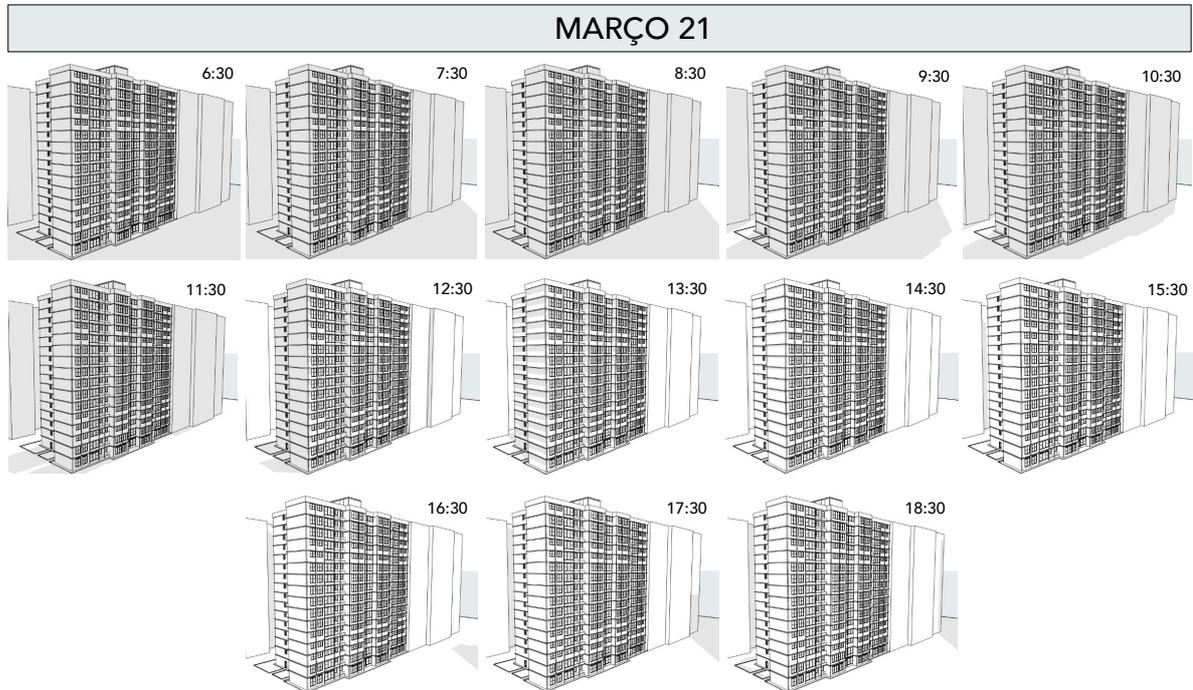
## SETEMBRO 21



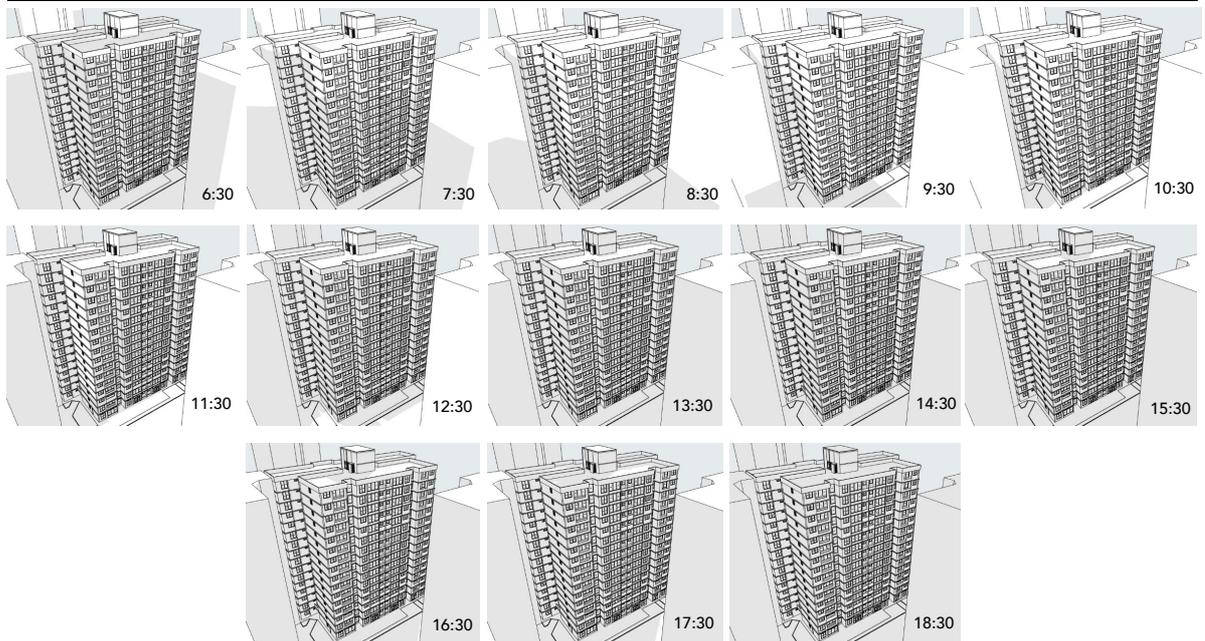
## DEZEMBRO 21



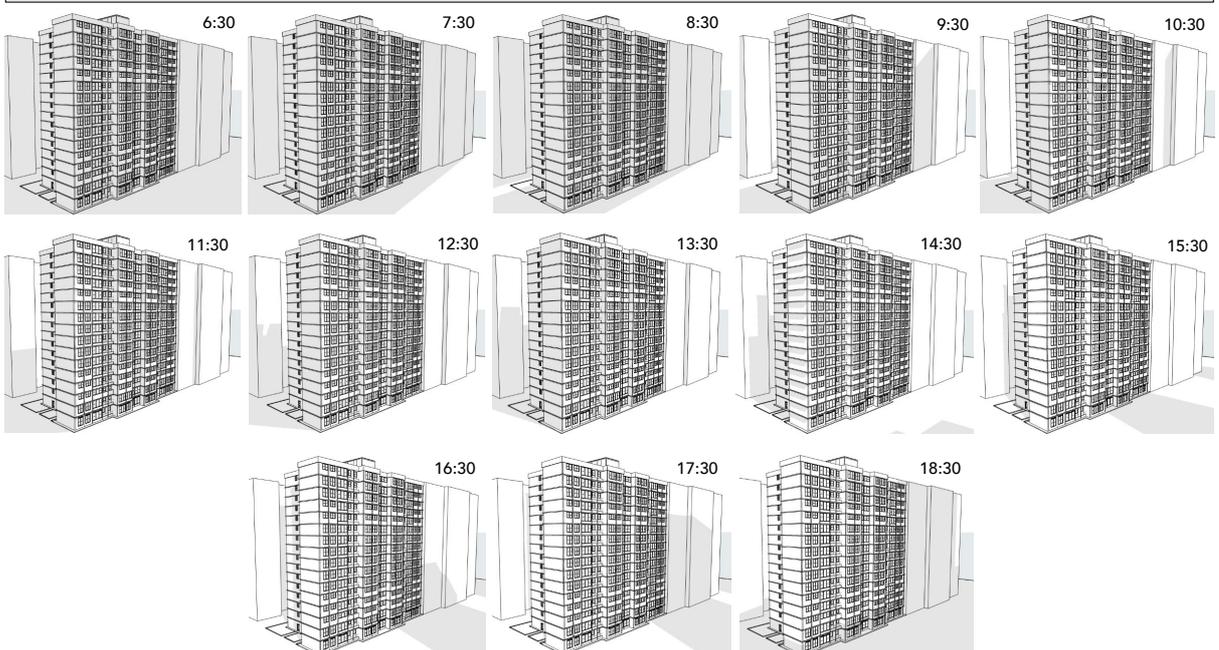
## APÊNDICE C: ESTUDO DE SOMBREAMENTO EM FACHADA SUDOESTE



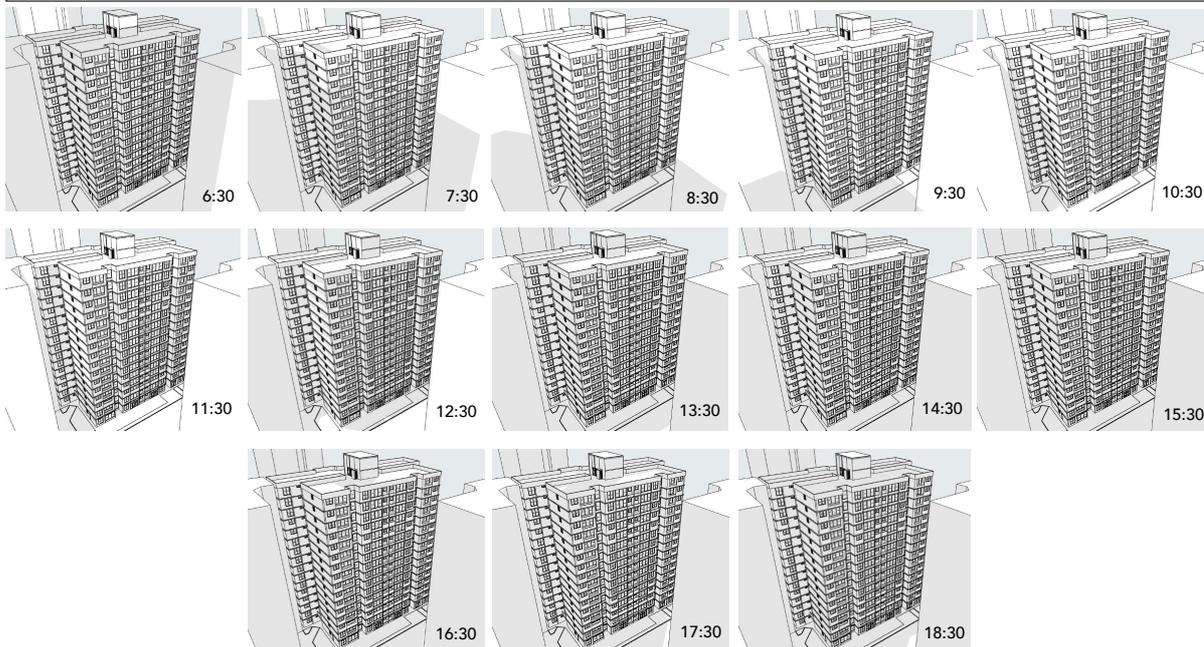
## SETEMBRO 21



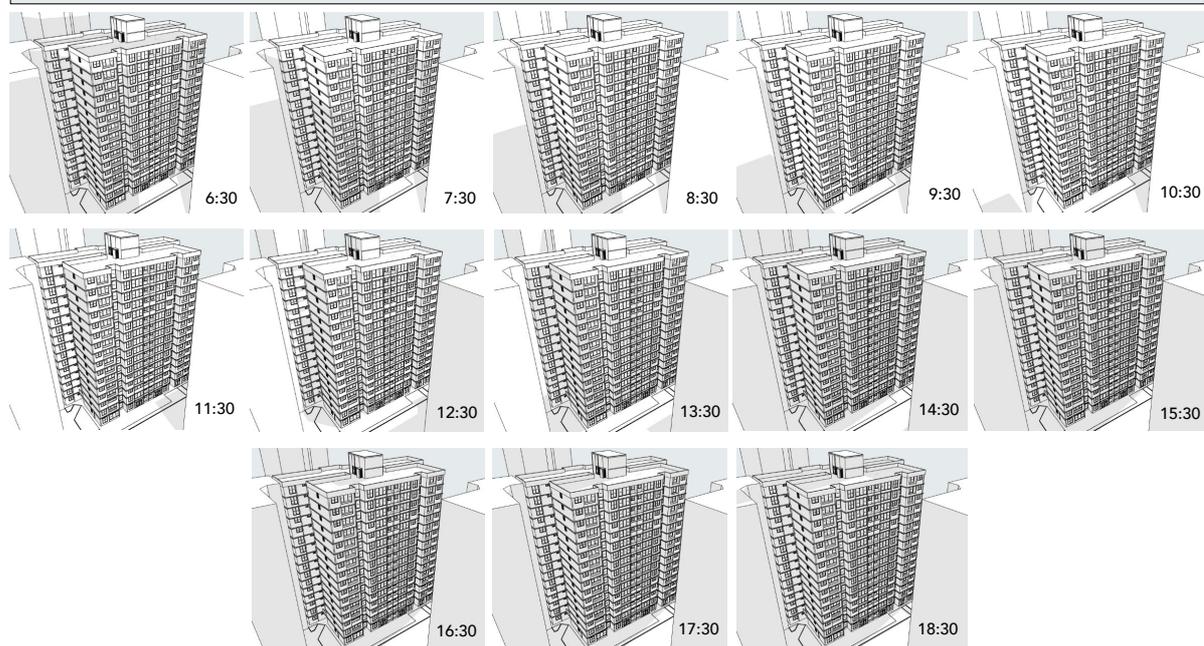
## DEZEMBRO 21



MARÇO 21

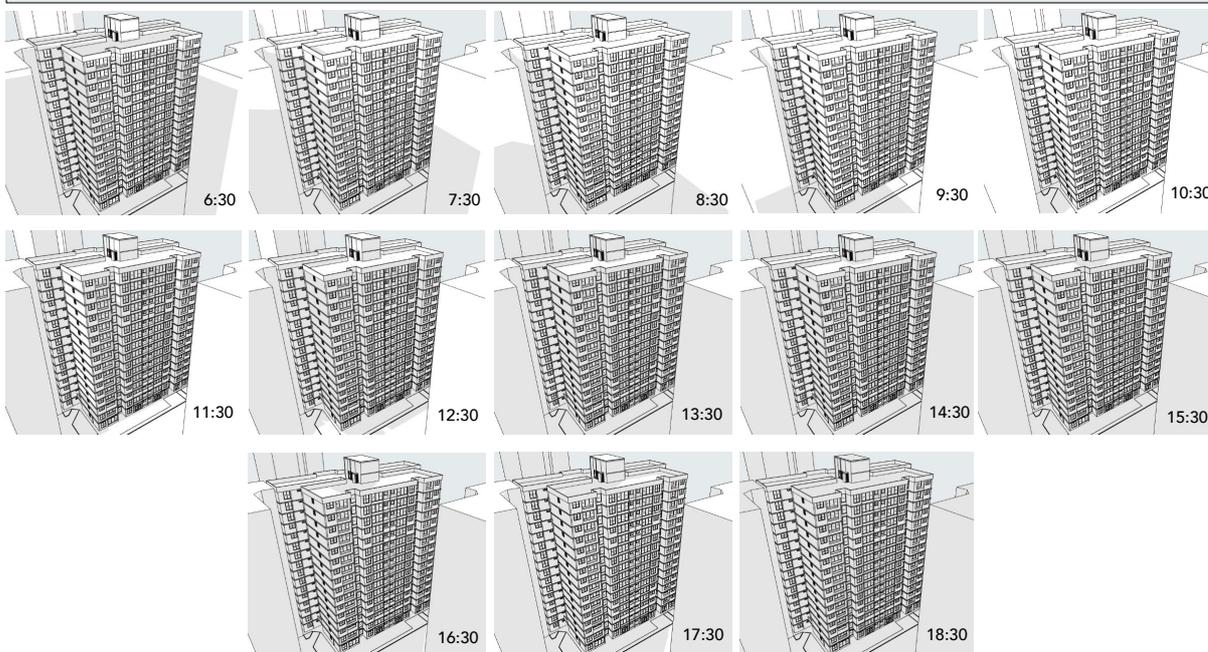


JUNHO 21

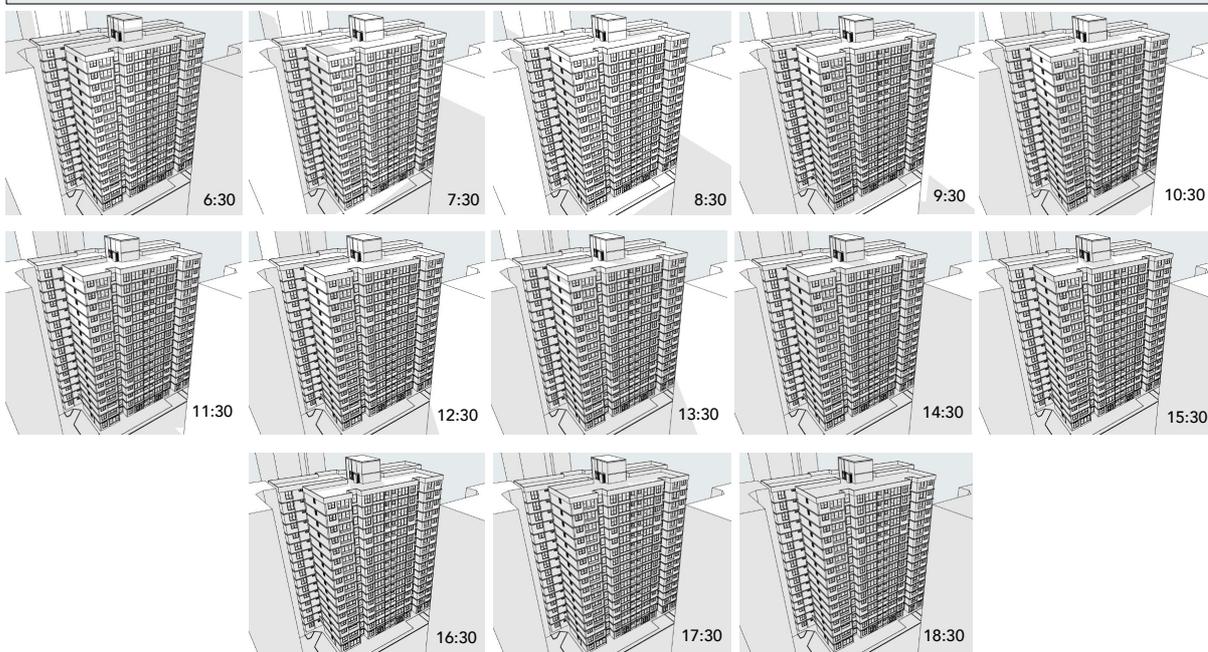


### APÊNDICE D: ESTUDO DE SOMBREAMENTO EM FACHADA NORDESTE

#### SETEMBRO 21



#### DEZEMBRO 21



## APÉNDICE E: DETALHAMENTO DOS DADOS CONSIDERADOS PELO SOFTWARE PARA A ANÁLISE ENERGÉTICA (BLOCO H-NE-LE-01)

Bloque Térmico	01 H-NL-LE
Perfil de Operación:	Residencial (PROY_GENERAL)
Área bruta de la planta (m2)	75,46
Volumen Bloque Térmico:	154,95

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS	
Tipo Sistema	Nombre Sistema
Ventilación	Ventilación natural
Calefacción	Calentador Eléctrico

ESTRUCTURAS											
Orientación	Categoría	Nombre	Complejidad	Tipo	Área [m <sup>2</sup> ]	Espesor [m]	Valor-U [W/m <sup>2</sup> K]	Infiltración [l/sm <sup>2</sup> ]	Absorción Solar [%]	Estado de Rehabilitación	
Noroeste	Externo	Muro Estructural 18 cm	recto	Muro	5,33	0,18	4,29	1,10	70,00	Nuevo	
Angular (Suave)	Subterráneo	Muro Estructural 18 cm	recto	Muro	0,95	0,18	5,03	-----	-----	Nuevo	
Sureste	Externo	Muro Estructural 18 cm	recto	Muro	16,31	0,18	4,29	1,10	70,00	Nuevo	
Suroeste	Externo	Muro Estructural 18 cm	recto	Muro	0,42	0,18	4,29	1,10	70,00	Nuevo	
Noroeste	Externo	Muro Mampostería 15 cm	recto	Muro	1,92	0,15	1,40	1,10	70,00	Nuevo	
Suroeste	Externo	Muro Mampostería 15 cm	recto	Muro	8,13	0,15	1,40	1,10	70,00	Nuevo	
Angular (Suave)	Subterráneo	Muro Mampostería 15 cm	recto	Muro	1,31	0,15	1,47	-----	-----	Nuevo	
Noreste	Externo	Muro mampostería 10 cm	recto	Muro	4,49	0,10	1,89	1,10	70,00	Nuevo	
Angular (Suave)	Subterráneo	Muro mampostería 10 cm	recto	Muro	0,47	0,10	2,02	-----	-----	Nuevo	
Suroeste	Externo	Muro Estructural 25 cm	recto	Muro	9,65	0,25	3,80	1,10	70,00	Nuevo	
Noroeste	Externo	Muro Estructural 25 cm	recto	Muro	21,79	0,25	3,80	1,10	70,00	Nuevo	
Angular (Suave)	Subterráneo	Muro Estructural 25 cm	recto	Muro	1,49	0,25	4,36	-----	-----	Nuevo	
Suroeste	Externo	Muro mampostería 10 cm	recto	Muro	4,34	0,10	1,89	1,10	70,00	Nuevo	
Sureste	Externo	Muro mampostería 10 cm	recto	Muro	0,96	0,10	1,89	1,10	70,00	Nuevo	
Noreste	Externo	Muro Mampostería 15 cm	recto	Muro	9,50	0,15	1,40	1,10	70,00	Nuevo	
Noreste	Externo	Muro Estructural 18 cm	recto	Muro	0,42	0,18	4,29	1,10	70,00	Nuevo	
Horizontal	En el suelo	Forjado 15 cm	-----	Forjado	62,33	0,15	4,48	-----	-----	Nuevo	
Hacia arriba	Externo	Forjado 15 cm	-----	Forjado	63,25	0,15	4,96	1,10	70,00	Nuevo	
Este Arriba	Interno	Muro Mampostería 15 cm	recto	Muro	5,93	0,15	1,25	-----	-----	Nuevo	
Este Arriba	Interno	Muro Estructural 18 cm	recto	Muro	10,41	0,18	3,13	-----	-----	Nuevo	
Interior	Interno	Muro Estructural 18 cm	recto	Muro	33,33	0,18	3,13	-----	-----	Nuevo	
Interior	Interno	Muro mampostería 10 cm	recto	Muro	5,18	0,10	1,63	-----	-----	Nuevo	
Interior	Interno	Muro Mampostería 15 cm	recto	Muro	9,54	0,15	1,25	-----	-----	Nuevo	
Interior	Interno	Muro Estructural 25 cm	recto	Muro	5,93	0,25	2,86	-----	-----	Nuevo	
Horizontal	En el suelo	Forjado 15 cm	-----	Forjado	0,92	0,15	4,48	-----	-----	Nuevo	
Sureste	Externo	Muro Mampostería 15 cm	recto	Muro	1,88	0,15	1,40	1,10	85,00	Nuevo	

ABERTURAS															
Orientación	Tipo	Superficie acristalada [m <sup>2</sup> ]	Vidriera Valor U [W/m <sup>2</sup> K]	TST %	DST %	Superficie opaca [m <sup>2</sup> ]	Perímetro [m]	Opaco Valor-U [W/m <sup>2</sup> K]	Valor del Psi [W/mK]	Área total [m <sup>2</sup> ]	Total Valor-U [W/m <sup>2</sup> K]	Infiltración [l/sm]	Protector solar	Radiación directa anual [kWh]	Estado de Rehabilitación
Suroeste	Ventana	0,86	2,80	82,00	69,00	0,44	6,02	2,11	0,18	1,30	3,40	1,43	Ninguno	353,94	Nuevo
Suroeste	Ventana	0,86	2,80	82,00	69,00	0,44	6,02	2,11	0,18	1,30	3,40	1,43	Ninguno	332,85	Nuevo
Sureste	Puerta	0,00	2,80	82,00	69,00	2,10	0,00	2,11	0,18	2,10	2,11	1,43	Ninguno	0,00	Nuevo
Noreste	Ventana	4,80	2,80	82,00	69,00	1,03	15,90	2,11	0,18	5,83	3,17	1,43	Ninguno	280,45	Nuevo
Noreste	Ventana	1,42	2,80	82,00	69,00	0,53	7,02	2,11	0,18	1,95	3,26	1,43	Ninguno	516,67	Nuevo
Noroeste	Ventana	0,86	2,80	82,00	69,00	0,44	6,02	2,11	0,18	1,30	3,40	1,43	Ninguno	268,17	Nuevo
Suroeste	Ventana	1,42	2,80	82,00	69,00	0,53	7,02	2,11	0,18	1,95	3,26	1,43	Ninguno	571,52	Nuevo
Suroeste	Ventana	0,32	2,80	82,00	69,00	0,28	3,22	2,11	0,18	0,60	3,44	1,43	Ninguno	71,38	Nuevo
Suroeste	Ventana	0,16	2,80	82,00	69,00	0,21	2,42	2,11	0,18	0,36	3,60	1,43	Ninguno	32,89	Nuevo

## APÊNDICE F: DETALHAMENTO DOS DADOS CONSIDERADOS PELO SOFTWARE PARA A ANÁLISE ENERGÉTICA (BLOCO H-NE-CE-02)

Bloque Térmico	02 H-NL-CE
Perfil de Operación:	Residencial (PROY_GENERAL)
Área bruta de la planta (m2)	62,55
Volumen Bloque Térmico m3	135,47

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS	
Tipo Sistema	Nombre Sistema
Ventilación	Ventilación natural
Calefacción	Calentador Eléctrico

ESTRUCTURAS										
Orientación	Categoría	Nombre	Complejidad	Tipo	Área [m <sup>2</sup> ]	Espesor [m]	Valor-U [W/m <sup>2</sup> K]	Infiltración [l/sm <sup>2</sup> ]	Absorción Solar [%]	Estado de Rehabilitación
Este Arriba	Interno	Muro Mampostería 15 cm	recto	Muro	5,93	0,15	1,25	-----	-----	Nuevo
Este Arriba	Interno	Muro Estructural 18 cm	recto	Muro	10,41	0,18	3,13	-----	-----	Nuevo
Sureste	Externo	Muro Estructural 18 cm	recto	Muro	0,74	0,18	4,29	1,10	70,00	Nuevo
Anular (Suave)	Subterráneo	Muro Estructural 18 cm	recto	Muro	0,22	0,18	5,03	-----	-----	Nuevo
Noreste	Externo	Muro Mampostería 15 cm	recto	Muro	7,29	0,15	1,40	1,10	70,00	Nuevo
Anular (Suave)	Subterráneo	Muro Mampostería 15 cm	recto	Muro	1,67	0,15	1,47	-----	-----	Nuevo
Hacia arriba	Externo	Forjado 15 cm	-----	Forjado	55,30	0,15	4,96	1,10	70,00	Nuevo
Horizontal (perímetro Interior)	En el suelo	Forjado 15 cm	-----	Forjado	55,30	0,15	4,48	-----	-----	Nuevo
Interior	Interno	Muro Estructural 18 cm	recto	Muro	32,62	0,18	3,13	-----	-----	Nuevo
Noroeste	Externo	Muro Estructural 18 cm	recto	Muro	4,63	0,18	4,29	1,10	70,00	Nuevo
Interior	Interno	Muro Estructural 25 cm	recto	Muro	4,04	0,25	2,86	-----	-----	Nuevo
Suroeste	Externo	Muro Mampostería 15 cm	recto	Muro	13,62	0,15	1,40	1,10	70,00	Nuevo
Sureste	Externo	Muro Mampostería 15 cm	recto	Muro	1,18	0,15	1,40	1,10	70,00	Nuevo
Sureste	Externo	Muro Mampostería 18 cm	recto	Muro	0,68	0,18	1,21	1,10	70,00	Nuevo
Anular (Suave)	Subterráneo	Muro Mampostería 18 cm	recto	Muro	0,03	0,18	1,26	-----	-----	Nuevo
Noreste	Externo	Muro mampostería 10 cm	recto	Muro	1,79	0,10	1,89	1,10	70,00	Nuevo
Anular (Suave)	Subterráneo	Muro mampostería 10 cm	recto	Muro	0,15	0,10	2,02	-----	-----	Nuevo
Suroeste	Externo	Muro mampostería 10 cm	recto	Muro	1,79	0,10	1,89	1,10	70,00	Nuevo
Este Arriba	Interno	Muro Estructural 18 cm	recto	Muro	7,48	0,18	3,13	-----	-----	Nuevo
Este Arriba	Interno	Muro Mampostería 15 cm	recto	Muro	4,75	0,15	1,25	-----	-----	Nuevo
Interior	Interno	Muro Mampostería 15 cm	recto	Muro	4,44	0,15	1,25	-----	-----	Nuevo
Noroeste	Externo	Muro Mampostería 15 cm	recto	Muro	1,39	0,15	1,40	1,10	70,00	Nuevo

ABERTURAS															
Orientación	Tipo	Superficie acristalada [m <sup>2</sup> ]	Vidriera U [W/m <sup>2</sup> K]	TST %	DST %	Superficie opaca [m <sup>2</sup> ]	Perímetro [m]	Opaco U [W/m <sup>2</sup> K]	Valor del Psi [W/mK]	Área total [m <sup>2</sup> ]	Total Valor-U [W/m <sup>2</sup> K]	Infiltración [l/sm <sup>2</sup> ]	Protector Solar	Radiación directa anual [kWh]	Estado de Rehabilitación
Noreste	Ventana	3,77	2,80	82,00	69,00	0,83	11,26	2,11	0,18	4,60	3,12	1,43	Ninguno	554,38	Nuevo
Noreste	Ventana	2,18	2,80	82,00	69,00	0,67	9,42	2,11	0,18	2,85	3,23	1,43	Ninguno	925,68	Nuevo
Noreste	Ventana	4,80	2,80	82,00	69,00	1,03	15,90	2,11	0,18	5,83	3,17	1,43	Ninguno	2006,54	Nuevo
Suroeste	Puerta	0,00	2,80	82,00	69,00	2,10	0,00	2,11	0,18	2,10	2,11	1,43	Ninguno	0,00	Nuevo
Noreste	Ventana	1,72	2,80	82,00	69,00	0,58	7,56	2,11	0,18	2,30	3,22	1,43	Ninguno	58,77	Nuevo
Suroeste	Ventana	0,32	2,80	82,00	69,00	0,28	3,22	2,11	0,18	0,60	3,44	1,43	Ninguno	0,00	Nuevo

DST: Transmissão Solar Direita

TST: Transmissão Solar Total

## APÊNDICE G: DETALHAMENTO DOS DADOS CONSIDERADOS PELO SOFTWARE PARA A ANÁLISE ENERGÉTICA (BLOCO H-NE-CD-03)

Bloque Térmico	03 H-NL-CD
Perfil de Operación:	Residencial (PROY_GENERAL)
Área bruta de la planta (m2)	62,56
Volumen Bloque Térmico m3	135,70

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS	
Tipo Sistema	Nombre Sistema
Ventilación	Ventilación natural
Calefacción	Calentador Eléctrico

ESTRUCTURAS										
Orientación	Categoría	Nombre	Complejidad	Tipo	Área [m²]	Espesor [m]	Valor-U [W/m²K]	Infiltración [l/sm²]	Absorción Solar [%]	Estado de Rehabilitación
Este Arriba	Interno	Muro Estructural 18 cm	recto	Muro	7,48	0,18	3,13	----	----	Nuevo
Este Arriba	Interno	Muro Mampostería 15 cm	recto	Muro	4,75	0,15	1,25	----	----	Nuevo
Suroeste	Externo	Muro Mampostería 15 cm	recto	Muro	13,86	0,15	1,40	1,10	70,00	Nuevo
Angular (Suave)	Subterráneo	Muro Mampostería 15 cm	recto	Muro	1,68	0,15	1,47	----	----	Nuevo
Noroeste	Externo	Muro Estructural 18 cm	recto	Muro	0,59	0,18	4,29	1,10	70,00	Nuevo
Angular (Suave)	Subterráneo	Muro Estructural 18 cm	recto	Muro	0,21	0,18	5,03	----	----	Nuevo
Noroeste	Externo	Muro Mampostería 18 cm	recto	Muro	0,68	0,18	1,21	1,10	70,00	Nuevo
Angular (Suave)	Subterráneo	Muro Mampostería 18 cm	recto	Muro	0,03	0,18	1,26	----	----	Nuevo
Noreste	Externo	Muro Mampostería 15 cm	recto	Muro	7,20	0,15	1,40	1,10	70,00	Nuevo
Suroeste	Externo	Muro mampostería 10 cm	recto	Muro	1,32	0,10	1,89	1,10	70,00	Nuevo
Angular (Suave)	Subterráneo	Muro mampostería 10 cm	recto	Muro	0,11	0,10	2,02	----	----	Nuevo
Noroeste	Externo	Muro Mampostería 15 cm	recto	Muro	1,18	0,15	1,40	1,10	70,00	Nuevo
Noreste	Externo	Muro mampostería 10 cm	recto	Muro	1,32	0,10	1,89	1,10	70,00	Nuevo
Horizontal	En el suelo	Forjado 15 cm	----	Forjado	55,39	0,15	4,48	----	----	Nuevo
Hacia arriba	Externo	Forjado 15 cm	----	Forjado	55,39	0,15	4,96	1,10	70,00	Nuevo
Interior	Interno	Muro Estructural 25 cm	recto	Muro	4,04	0,25	2,86	----	----	Nuevo
Interior	Interno	Muro Estructural 18 cm	recto	Muro	32,24	0,18	3,13	----	----	Nuevo
Interior	Interno	Muro Mampostería 15 cm	recto	Muro	4,44	0,15	1,25	----	----	Nuevo
Sureste	Externo	Muro Estructural 18 cm	recto	Muro	4,63	0,18	4,29	1,10	70,00	Nuevo
Este Arriba	Interno	Muro Estructural 18 cm	recto	Muro	10,41	0,18	3,13	----	----	Nuevo
Este Arriba	Interno	Muro Mampostería 15 cm	recto	Muro	5,93	0,15	1,25	----	----	Nuevo
Sureste	Externo	Muro Mampostería 15 cm	recto	Muro	1,37	0,15	1,40	1,10	70,00	Nuevo

ABERTURAS															
Orientación	Tipo	Superficie acristalada [m²]	Vidriera U [W/m²K]	TST %	DST %	Superficie opaca [m²]	Perímetro [m]	Opaco U [W/m²K]	Valor Psi [W/mK]	Área total [m²]	Total Valor-U [W/m²K]	Infiltración [l/sm]	Protector solar	Radiación directa anual [kWh]	Estado de Rehabilitación
Suroeste	Puerta	0,00	2,80	82,00	69,00	2,10	0,00	2,11	0,18	2,10	2,11	1,43	Ninguno	0,00	Nuevo
Noreste	Ventana	4,80	2,80	82,00	69,00	1,03	15,90	2,11	0,18	5,83	3,17	1,43	Ninguno	2006,54	Nuevo
Noreste	Ventana	1,72	2,80	82,00	69,00	0,58	7,56	2,11	0,18	2,30	3,22	1,43	Ninguno	62,64	Nuevo
Noreste	Ventana	2,18	2,80	82,00	69,00	0,67	9,42	2,11	0,18	2,85	3,23	1,43	Ninguno	936,09	Nuevo
Noreste	Ventana	3,77	2,80	82,00	69,00	0,83	11,26	2,11	0,18	4,60	3,12	1,43	Ninguno	612,15	Nuevo
Suroeste	Ventana	0,32	2,80	82,00	69,00	0,28	3,22	2,11	0,18	0,60	3,44	1,43	Ninguno	0,00	Nuevo

DST: Transmissão Solar Direita

TST: Transmissão Solar Total

## APÉNDICE H: DETALHAMENTO DOS DADOS CONSIDERADOS PELO SOFTWARE PARA A ANÁLISE ENERGÉTICA (BLOCO H-NE-LD-04)

Bloque Térmico	04 H-NL-LD
Perfil de Operación:	Residencial (PROY_GENERAL)
Área bruta de la planta (m2)	74,15
Volumen Bloque Térmico (m3)	154,96

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS	
Tipo Sistema	Nombre Sistema
Ventilación	Ventilación natural
Calefacción	Calentador Eléctrico

ESTRUCTURAS										
Orientación	Categoría	Nombre	Complejidad	Tipo	Área [m <sup>2</sup> ]	Espesor [m]	Valor-U [W/m <sup>2</sup> K]	Infiltración [l/sm <sup>2</sup> ]	Absorción Solar [%]	Estado de Rehabilitación
Este Arriba	Interno	Muro Estructural 18 cm	recto	Muro	10,41	0,18	3,13	-----	-----	Nuevo
Este Arriba	Interno	Muro Mampostería 15	recto	Muro	5,93	0,15	1,25	-----	-----	Nuevo
Noroeste	Externo	Muro Estructural 18 cm	recto	Muro	19,77	0,18	4,29	1,10	70,00	Nuevo
Noreste	Externo	Muro Estructural 18 cm	recto	Muro	0,42	0,18	4,29	1,10	70,00	Nuevo
Angular (Suave)	Subterráneo	Muro Estructural 18 cm	recto	Muro	1,27	0,18	5,03	-----	-----	Nuevo
Noreste	Externo	Muro Mampostería 15	recto	Muro	9,43	0,15	1,40	1,10	70,00	Nuevo
Angular (Suave)	Subterráneo	Muro Mampostería 15	recto	Muro	1,31	0,15	1,47	-----	-----	Nuevo
Noroeste	Externo	Muro mampostería 10	recto	Muro	1,12	0,10	1,89	1,10	70,00	Nuevo
Angular (Suave)	Subterráneo	Muro mampostería 10	recto	Muro	0,53	0,10	2,02	-----	-----	Nuevo
Noreste	Externo	Muro mampostería 10	recto	Muro	4,49	0,10	1,89	1,10	70,00	Nuevo
Suroeste	Externo	Muro mampostería 10	recto	Muro	4,39	0,10	1,89	1,10	70,00	Nuevo
Sureste	Externo	Muro mampostería 10	recto	Muro	1,02	0,10	1,89	1,10	70,00	Nuevo
Sureste	Externo	Muro Mampostería 15	recto	Muro	1,92	0,15	1,40	1,10	70,00	Nuevo
Suroeste	Externo	Muro Mampostería 15	recto	Muro	8,13	0,15	1,40	1,10	70,00	Nuevo
Sureste	Externo	Muro Estructural 18 cm	recto	Muro	10,14	0,18	4,29	1,10	70,00	Nuevo
Horizontal	En el suelo	Forjado 15 cm	-----	Forjado	63,25	0,15	4,48	-----	-----	Nuevo
Hacia arriba	Externo	Forjado 15 cm	-----	Forjado	63,25	0,15	4,96	1,10	70,00	Nuevo
Interior	Interno	Muro Estructural 18 cm	recto	Muro	25,22	0,18	3,13	-----	-----	Nuevo
Interior	Interno	Muro mampostería 10	recto	Muro	3,85	0,10	1,63	-----	-----	Nuevo
Interior	Interno	Muro Mampostería 15	recto	Muro	9,66	0,15	1,25	-----	-----	Nuevo
Sureste	Externo	Muro Estructural 25 cm	recto	Muro	21,44	0,25	3,80	1,10	70,00	Nuevo
Angular (Suave)	Subterráneo	Muro Estructural 25 cm	recto	Muro	0,97	0,25	4,36	-----	-----	Nuevo
Interior	Interno	Muro Estructural 25 cm	recto	Muro	5,93	0,25	2,86	-----	-----	Nuevo
Noroeste	Externo	Muro Mampostería 15	recto	Muro	1,88	0,15	1,40	1,10	70,00	Nuevo

ABERTURAS															
Orientación	Tipo	Superficie acristalada [m <sup>2</sup> ]	Vidriera U [W/m <sup>2</sup> K]	TST %	DST %	Superficie opaca [m <sup>2</sup> ]	Perímetro [m]	Opaco U [W/m <sup>2</sup> K]	Valor Psi [W/mK]	Área total [m <sup>2</sup> ]	Total Valor-U [W/m <sup>2</sup> K]	Infiltración [l/sm <sup>2</sup> ]	Protector solar	Radiación directa anual [kWh]	Estado de Rehabilitación
Noroeste	Puerta	0,00	2,80	82,00	69,00	2,10	0,00	2,11	0,18	2,10	2,11	1,43	Ninguno	0,00	Nuevo
Suroeste	Ventana	0,86	2,80	82,00	69,00	0,44	6,02	2,11	0,18	1,30	3,40	1,43	Ninguno	290,39	Nuevo
Noreste	Ventana	0,86	2,80	82,00	69,00	0,44	6,02	2,11	0,18	1,30	3,40	1,43	Ninguno	0,00	Nuevo
Noreste	Ventana	4,80	2,80	82,00	69,00	1,03	15,90	2,11	0,18	5,83	3,17	1,43	Ninguno	409,91	Nuevo
Noreste	Ventana	1,42	2,80	82,00	69,00	0,53	7,02	2,11	0,18	1,95	3,26	1,43	Ninguno	521,66	Nuevo
Sureste	Ventana	0,86	2,80	82,00	69,00	0,44	6,02	2,11	0,18	1,30	3,40	1,43	Ninguno	561,18	Nuevo
Suroeste	Ventana	1,42	2,80	82,00	69,00	0,53	7,02	2,11	0,18	1,95	3,26	1,43	Ninguno	560,62	Nuevo
Suroeste	Ventana	0,16	2,80	82,00	69,00	0,21	2,42	2,11	0,18	0,36	3,60	1,43	Ninguno	31,80	Nuevo
Suroeste	Ventana	0,32	2,80	82,00	69,00	0,28	3,22	2,11	0,18	0,60	3,44	1,43	Ninguno	67,53	Nuevo

## APÊNDICE I: DETALHAMENTO DOS DADOS CONSIDERADOS PELO SOFTWARE PARA A ANÁLISE ENERGÉTICA (BLOCO H-SO-LE-05)

<b>Bloque Térmico</b>	<b>05 H-SO-LE</b>
<b>Perfil de Operación:</b>	Residencial (PROY_GENERAL)
<b>Área bruta de la planta (m2)</b>	71,89
<b>Volumen Bloque Térmico (m3)</b>	150,54

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS	
Tipo Sistema	Nombre Sistema
Ventilación	Ventilación natural
Calefacción	Calentador Eléctrico

ESTRUCTURAS										
Orientación	Categoría	Nombre	Complejidad	Tipo	Área [m <sup>2</sup> ]	Espesor [m]	Valor-U [W/m <sup>2</sup> K]	Infiltración [l/sm <sup>2</sup> ]	Absorción Solar [%]	Estado de Rehabilitación
Sureste	Externo	Muro Estructural 18 cm	recto	Muro	2,89	0,18	4,29	1,10	70,00	Nuevo
Angular (Suave)	Subterráneo	Muro Estructural 18 cm	recto	Muro	0,17	0,18	5,03	-----	-----	Nuevo
Noreste	Externo	Muro Mampostería 15	recto	Muro	8,53	0,15	1,40	1,10	70,00	Nuevo
Angular (Suave)	Subterráneo	Muro Mampostería 15	recto	Muro	1,51	0,15	1,47	-----	-----	Nuevo
Noroeste	Externo	Muro Estructural 25 cm	recto	Muro	15,27	0,25	3,80	1,10	70,00	Nuevo
Angular (Suave)	Subterráneo	Muro Estructural 25 cm	recto	Muro	1,15	0,25	4,36	-----	-----	Nuevo
Sureste	Externo	Muro mampostería 10	recto	Muro	1,96	0,10	1,89	1,10	70,00	Nuevo
Angular (Suave)	Subterráneo	Muro mampostería 10	recto	Muro	0,23	0,10	2,02	-----	-----	Nuevo
Horizontal	En el suelo	Forjado 15 cm	-----	Forjado	0,26	0,15	4,48	-----	-----	Nuevo
Horizontal	En el suelo	Forjado 15 cm	-----	Forjado	61,19	0,15	4,48	-----	-----	Nuevo
Hacia arriba	Externo	Forjado 15 cm	-----	Forjado	61,45	0,15	4,96	1,10	70,00	Nuevo
Interior	Interno	Muro Estructural 25 cm	recto	Muro	7,69	0,25	2,86	-----	-----	Nuevo
Interior	Interno	Muro Estructural 18 cm	recto	Muro	39,34	0,18	3,13	-----	-----	Nuevo
Interior	Interno	Muro mampostería 10	recto	Muro	2,45	0,10	1,63	-----	-----	Nuevo
Suroeste	Externo	Muro Mampostería 15	recto	Muro	10,72	0,15	1,40	1,10	70,00	Nuevo
Suroeste	Externo	Muro Estructural 18 cm	recto	Muro	0,42	0,18	4,29	1,10	70,00	Nuevo
Sureste	Externo	Muro Mampostería 18	recto	Muro	0,35	0,18	1,21	1,10	70,00	Nuevo
Noreste	Externo	Muro Estructural 25 cm	recto	Muro	9,85	0,25	3,80	1,10	70,00	Nuevo
Noroeste	Externo	Muro Estructural 18 cm	recto	Muro	0,20	0,18	4,29	1,10	70,00	Nuevo
Noreste	Externo	Muro Estructural 18 cm	recto	Muro	0,36	0,18	4,29	1,10	70,00	Nuevo
Noroeste	Externo	Muro mampostería 10	recto	Muro	0,79	0,10	1,89	1,10	70,00	Nuevo
Noreste	Externo	Muro mampostería 10	recto	Muro	1,32	0,10	1,89	1,10	70,00	Nuevo
Suroeste	Externo	Muro mampostería 10	recto	Muro	1,32	0,10	1,89	1,10	70,00	Nuevo
Interior	Interno	Muro Mampostería 18	recto	Muro	4,34	0,18	1,10	-----	-----	Nuevo
Interior	Interno	Muro Mampostería 15	recto	Muro	4,92	0,15	1,25	-----	-----	Nuevo
Este Arriba	Interno	Muro Mampostería 18	recto	Muro	4,78	0,18	1,10	-----	-----	Nuevo
Este Arriba	Interno	Muro Estructural 18 cm	recto	Muro	5,33	0,18	3,13	-----	-----	Nuevo
Noroeste	Externo	Muro Mampostería 15	recto	Muro	2,00	0,15	1,40	1,10	70,00	Nuevo

ABERTURAS															
Orientación	Tipo	Superficie acristalada [m <sup>2</sup> ]	Vidriera U [W/m <sup>2</sup> K]	TST %	DST %	Superficie opaca [m <sup>2</sup> ]	Perímetro [m]	Opaco U [W/m <sup>2</sup> K]	Valor Psi [W/mK]	Área total [m <sup>2</sup> ]	Total Valor-U [W/m <sup>2</sup> K]	Infiltración [l/sm]	Protector solar	Radiación directa anual [kWh]	Estado de Rehabilitación
Noreste	Ventana	1,42	2,80	82,0	69,0	0,53	7,02	2,11	0,18	1,95	3,26	1,43	Ninguno	360,86	Nuevo
Suroeste	Ventana	1,42	2,80	82,0	69,0	0,53	7,02	2,11	0,18	1,95	3,26	1,43	Ninguno	604,24	Nuevo
Suroeste	Ventana	1,42	2,80	82,0	69,0	0,53	7,02	2,11	0,18	1,95	3,26	1,43	Ninguno	604,24	Nuevo
Sureste	Puerta	0,00	2,80	82,0	69,0	2,10	0,00	2,11	0,18	2,10	2,11	1,43	Ninguno	0,00	Nuevo
Noreste	Ventana	1,42	2,80	82,0	69,0	0,53	7,02	2,11	0,18	1,95	3,26	1,43	Ninguno	401,36	Nuevo
Suroeste	Ventana	4,80	2,80	82,0	69,0	1,03	15,90	2,11	0,18	5,83	3,17	1,43	Ninguno	2407,08	Nuevo
Suroeste	Ventana	1,72	2,80	82,0	69,0	0,58	7,56	2,11	0,18	2,30	3,22	1,43	Ninguno	63,63	Nuevo
Noreste	Ventana	0,28	2,80	82,0	69,0	0,26	3,02	2,11	0,18	0,54	3,46	1,43	Ninguno	30,47	Nuevo

DST: Transmissão Solar Direita

TST: Transmissão Solar Total

## APÊNDICE J: DETALHAMENTO DOS DADOS CONSIDERADOS PELO SOFTWARE PARA A ANÁLISE ENERGÉTICA (BLOCO H-SO-CE-06)

<b>Bloque Térmico</b>	<b>06 H-SO-CE</b>
<b>Perfil de Operación:</b>	Residencial (PROY_GENERAL)
<b>Área bruta de la planta (m2)</b>	61,40
<b>Volumen Bloque Térmico (m3)</b>	131,95

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS	
Tipo Sistema	Nombre Sistema
Ventilación	Ventilación natural
Calefacción	Calentador Eléctrico

ESTRUCTURAS										
Orientación	Categoría	Nombre	Complejidad	Tipo	Área [m <sup>2</sup> ]	Espesor [m]	Valor-U [W/m <sup>2</sup> K]	Infiltración [l/sm <sup>2</sup> ]	Absorción Solar [%]	Estado de Rehabilitación
Este Arriba	Interno	Muro Mamposteria 18 cm	recto	Muro	4,78	0,18	1,10	-----	-----	Nuevo
Este Arriba	Interno	Muro Estructural 18 cm	recto	Muro	5,33	0,18	3,13	-----	-----	Nuevo
Noroeste	Externo	Muro mamposteria 10	recto	Muro	1,11	0,10	1,89	1,10	70,00	Nuevo
Suroeste	Externo	Muro mamposteria 10	recto	Muro	1,43	0,10	1,89	1,10	70,00	Nuevo
Angular (Suave)	Subterráneo	Muro mamposteria 10	recto	Muro	0,17	0,10	2,02	-----	-----	Nuevo
Noreste	Externo	Muro mamposteria 10	recto	Muro	1,43	0,10	1,89	1,10	70,00	Nuevo
Suroeste	Externo	Muro Mamposteria 15	recto	Muro	9,80	0,15	1,40	1,10	70,00	Nuevo
Angular (Suave)	Subterráneo	Muro Mamposteria 15	recto	Muro	1,27	0,15	1,47	-----	-----	Nuevo
Noroeste	Externo	Muro Estructural 18 cm	recto	Muro	4,77	0,18	4,29	1,10	70,00	Nuevo
Angular (Suave)	Subterráneo	Muro Estructural 18 cm	recto	Muro	0,31	0,18	5,03	-----	-----	Nuevo
Noreste	Externo	Muro Mamposteria 15	recto	Muro	4,74	0,15	1,40	1,10	70,00	Nuevo
Noreste	Externo	Muro Mamposteria 18	recto	Muro	9,37	0,18	1,21	1,10	70,00	Nuevo
Angular (Suave)	Subterráneo	Muro Mamposteria 18	recto	Muro	0,38	0,18	1,26	-----	-----	Nuevo
Horizontal	En el suelo	Forjado 15 cm	-----	Forjado	53,86	0,15	4,48	-----	-----	Nuevo
Hacia arriba	Externo	Forjado 15 cm	-----	Forjado	53,86	0,15	4,96	1,10	70,00	Nuevo
Interior	Interno	Muro Estructural 18 cm	recto	Muro	28,83	0,18	3,13	-----	-----	Nuevo
Interior	Interno	Muro Mamposteria 15	recto	Muro	4,02	0,15	1,25	-----	-----	Nuevo
Interior	Interno	Muro Estructural 25 cm	recto	Muro	4,04	0,25	2,86	-----	-----	Nuevo
Suroeste	Externo	Muro Estructural 18 cm	recto	Muro	3,13	0,18	4,29	1,10	70,00	Nuevo
Noreste	Externo	Muro Estructural 25 cm	recto	Muro	5,69	0,25	3,80	1,10	70,00	Nuevo
Angular (Suave)	Subterráneo	Muro Estructural 25 cm	recto	Muro	0,24	0,25	4,36	-----	-----	Nuevo
Este Arriba	Interno	Muro Estructural 18 cm	recto	Muro	10,72	0,18	3,13	-----	-----	Nuevo
Sureste	Externo	Muro Mamposteria 15	recto	Muro	1,88	0,15	1,40	1,10	70,00	Nuevo

ABERTURAS															
Orientación	Tipo	Superficie acristalada [m <sup>2</sup> ]	Vidriera U [W/m <sup>2</sup> K]	TST %	DST %	Superficie opaca [m <sup>2</sup> ]	Perímetro [m]	Opaco U [W/m <sup>2</sup> K]	Valor Psi [W/mK]	Área total [m <sup>2</sup> ]	Total Valor-U [W/m <sup>2</sup> K]	Infiltración [l/sm]	Protector solar	Radiación directa anual [kWh]	Estado de Rehabilitación
Suroeste	Ventana	1,72	2,80	82,00	69,00	0,58	7,56	2,11	0,18	2,30	3,22	1,43	Ninguno	61,14	Nuevo
Suroeste	Ventana	3,73	2,80	82,00	69,00	0,92	14,66	2,11	0,18	4,65	3,23	1,43	Ninguno	1567,17	Nuevo
Noreste	Puerta	0,00	2,80	82,00	69,00	2,10	0,00	2,11	0,18	2,10	2,11	1,43	Ninguno	0,00	Nuevo
Suroeste	Ventana	2,18	2,80	82,00	69,00	0,67	9,42	2,11	0,18	2,85	3,23	1,43	Ninguno	948,09	Nuevo
Suroeste	Ventana	2,45	2,80	82,00	69,00	0,69	8,86	2,11	0,18	3,15	3,15	1,43	Ninguno	776,06	Nuevo
Noreste	Ventana	0,32	2,80	82,00	69,00	0,28	3,22	2,11	0,18	0,60	3,44	1,43	Ninguno	0,00	Nuevo

DST: Transmissão Solar Direita

TST: Transmissão Solar Total

## APÊNDICE K: DETALHAMENTO DOS DADOS CONSIDERADOS PELO SOFTWARE PARA A ANÁLISE ENERGÉTICA (BLOCO H-SO-CD-07)

Bloque Térmico	07 H-SO-CD
Perfil de Operación:	Residencial (PROY_GENERAL)
Área bruta de la planta (m <sup>2</sup> )	61,43
Volumen Bloque Térmico (m <sup>3</sup> )	131,95

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS	
Tipo Sistema	Nombre Sistema
Ventilación	Ventilación natural
Calefacción	Calentador Eléctrico

ESTRUCTURAS										
Orientación	Categoría	Nombre	Complejidad	Tipo	Área [m <sup>2</sup> ]	Espesor [m]	Valor-U [W/m <sup>2</sup> K]	Infiltración [l/sm <sup>2</sup> ]	Absorción Solar [%]	Estado de Rehabilitación
Este Arriba	Interno	Muro Estructural 18 cm	recto	Muro	10,72	0,18	3,13	-----	-----	Nuevo
Suroeste	Externo	Muro Mampostería 15	recto	Muro	9,81	0,15	1,40	1,10	70,00	Nuevo
Angular (Suave)	Subterráneo	Muro Mampostería 15	recto	Muro	1,27	0,15	1,47	-----	-----	Nuevo
Noreste	Externo	Muro Estructural 25 cm	recto	Muro	5,69	0,25	3,80	1,10	70,00	Nuevo
Angular (Suave)	Subterráneo	Muro Estructural 25 cm	recto	Muro	0,24	0,25	4,36	-----	-----	Nuevo
Horizontal	En el suelo	Forjado 15 cm	-----	Forjado	53,86	0,15	4,48	-----	-----	Nuevo
Hacia arriba	Externo	Forjado 15 cm	-----	Forjado	53,86	0,15	4,96	1,10	70,00	Nuevo
Interior	Interno	Muro Estructural 18 cm	recto	Muro	34,04	0,18	3,13	-----	-----	Nuevo
Noroeste	Externo	Muro Estructural 18 cm	recto	Muro	3,13	0,18	4,29	1,10	70,00	Nuevo
Angular (Suave)	Subterráneo	Muro Estructural 18 cm	recto	Muro	0,13	0,18	5,03	-----	-----	Nuevo
Interior	Interno	Muro Estructural 25 cm	recto	Muro	4,04	0,25	2,86	-----	-----	Nuevo
Noreste	Externo	Muro mampostería 10	recto	Muro	1,43	0,10	1,89	1,10	70,00	Nuevo
Sureste	Externo	Muro mampostería 10	recto	Muro	1,11	0,10	1,89	1,10	70,00	Nuevo
Angular (Suave)	Subterráneo	Muro mampostería 10	recto	Muro	0,17	0,10	2,02	-----	-----	Nuevo
Suroeste	Externo	Muro mampostería 10	recto	Muro	1,43	0,10	1,89	1,10	70,00	Nuevo
Noreste	Externo	Muro Mampostería 18	recto	Muro	9,37	0,18	1,21	1,10	70,00	Nuevo
Angular (Suave)	Subterráneo	Muro Mampostería 18	recto	Muro	0,38	0,18	1,26	-----	-----	Nuevo
Noreste	Externo	Muro Mampostería 15	recto	Muro	4,73	0,15	1,40	1,10	70,00	Nuevo
Interior	Interno	Muro Mampostería 15	recto	Muro	4,02	0,15	1,25	-----	-----	Nuevo
Este Arriba	Interno	Muro Estructural 18 cm	recto	Muro	5,33	0,18	3,13	-----	-----	Nuevo
Este Arriba	Interno	Muro Mampostería 18	recto	Muro	4,78	0,18	1,10	-----	-----	Nuevo
Noroeste	Externo	Muro Mampostería 15	recto	Muro	1,88	0,15	1,40	1,10	70,00	Nuevo

ABERTURAS															
Orientación	Tipo	Superficie acristalada [m <sup>2</sup> ]	Vidriera-U [W/m <sup>2</sup> K]	TST %	DST %	Superficie opaca [m <sup>2</sup> ]	Perímetro [m]	Opaco U [W/m <sup>2</sup> K]	Valor Psi [W/mK]	Área total [m <sup>2</sup> ]	Total Valor-U [W/m <sup>2</sup> K]	Infiltración [l/sm]	Protector solar	Radiación directa anual [kWh]	Estado de Rehabilitación
Suroeste	Ventana	2,45	2,80	82,00	69,00	0,69	8,86	2,11	0,18	3,15	3,15	1,43	Ninguno	941,94	Nuevo
Suroeste	Ventana	2,18	2,80	82,00	69,00	0,67	9,42	2,11	0,18	2,85	3,23	1,43	Ninguno	947,57	Nuevo
Suroeste	Ventana	1,72	2,80	82,00	69,00	0,58	7,56	2,11	0,18	2,30	3,22	1,43	Ninguno	26,62	Nuevo
Noreste	Puerta	0,00	2,80	82,00	69,00	2,10	0,00	2,11	0,18	2,10	2,11	1,43	Ninguno	0,00	Nuevo
Suroeste	Ventana	3,73	2,80	82,00	69,00	0,92	14,66	2,11	0,18	4,65	3,23	1,43	Ninguno	1567,17	Nuevo
Noreste	Ventana	0,32	2,80	82,00	69,00	0,28	3,22	2,11	0,18	0,60	3,44	1,43	Ninguno	0,00	Nuevo

DST: Transmissão Solar Direita

TST: Transmissão Solar Total

## APÊNDICE L: DETALHAMENTO DOS DADOS CONSIDERADOS PELO SOFTWARE PARA A ANÁLISE ENERGÉTICA (BLOCO H-SO-LD-08)

Bloque Térmico	08 H-SO-LD
Perfil de Operación:	Residencial (PROY_GENERAL)
Área bruta de la planta (m2)	72,21
Volumen Bloque Térmico (m3)	150,54

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS	
Tipo Sistema	Nombre Sistema
Ventilación	Ventilación natural
Calefacción	Calentador Eléctrico

ESTRUCTURAS										
Orientación	Categoría	Nombre	Complejidad	Tipo	Área [m²]	Espesor [m]	Valor-U [W/m²K]	Infiltración [l/sm²]	Absorción Solar [%]	Estado de Rehabilitación
Este Arriba	Interno	Muro Estructural 18 cm	recto	Muro	5,33	0,18	3,13	-----	-----	Nuevo
Este Arriba	Interno	Muro Mamposteria 18	recto	Muro	4,78	0,18	1,10	-----	-----	Nuevo
Sureste	Externo	Muro Estructural 18 cm	recto	Muro	5,85	0,18	4,29	1,10	70,00	Nuevo
Noreste	Externo	Muro Estructural 18 cm	recto	Muro	0,36	0,18	4,29	1,10	70,00	Nuevo
Angular (Suave)	Subterráneo	Muro Estructural 18 cm	recto	Muro	0,64	0,18	5,03	-----	-----	Nuevo
Noreste	Externo	Muro Mamposteria 15	recto	Muro	7,63	0,15	1,40	1,10	70,00	Nuevo
Angular (Suave)	Subterráneo	Muro Mamposteria 15	recto	Muro	1,51	0,15	1,47	-----	-----	Nuevo
Noreste	Externo	Muro Estructural 25 cm	recto	Muro	9,85	0,25	3,80	1,10	70,00	Nuevo
Angular (Suave)	Subterráneo	Muro Estructural 25 cm	recto	Muro	1,15	0,25	4,36	-----	-----	Nuevo
Noroeste	Externo	Muro Mamposteria 18	recto	Muro	0,35	0,18	1,21	1,10	70,00	Nuevo
Noroeste	Externo	Muro Estructural 18 cm	recto	Muro	9,36	0,18	4,29	1,10	70,00	Nuevo
Suroeste	Externo	Muro mamposteria 10	recto	Muro	1,32	0,10	1,89	1,10	70,00	Nuevo
Angular (Suave)	Subterráneo	Muro mamposteria 10	recto	Muro	0,16	0,10	2,02	-----	-----	Nuevo
Noroeste	Externo	Muro mamposteria 10	recto	Muro	1,13	0,10	1,89	1,10	70,00	Nuevo
Noreste	Externo	Muro mamposteria 10	recto	Muro	1,32	0,10	1,89	1,10	70,00	Nuevo
Suroeste	Externo	Muro Mamposteria 15	recto	Muro	10,72	0,15	1,40	1,10	70,00	Nuevo
Horizontal	En el suelo	Forjado 15 cm	-----	Forjado	61,45	0,15	4,48	-----	-----	Nuevo
Hacia arriba	Externo	Forjado 15 cm	-----	Forjado	61,45	0,15	4,96	1,10	70,00	Nuevo
Interior	Interno	Muro Mamposteria 15	recto	Muro	4,92	0,15	1,25	-----	-----	Nuevo
Interior	Interno	Muro Estructural 18 cm	recto	Muro	32,06	0,18	3,13	-----	-----	Nuevo
Interior	Interno	Muro mamposteria 10	recto	Muro	3,42	0,10	1,63	-----	-----	Nuevo
Interior	Interno	Muro Estructural 25 cm	recto	Muro	7,69	0,25	2,86	-----	-----	Nuevo
Interior	Interno	Muro Mamposteria 18	recto	Muro	4,34	0,18	1,10	-----	-----	Nuevo
Sureste	Externo	Muro Estructural 25 cm	recto	Muro	15,27	0,25	3,80	1,10	70,00	Nuevo
Sureste	Externo	Muro Mamposteria 15	recto	Muro	2,00	0,15	1,40	1,10	70,00	Nuevo

ABERTURAS															
Orientación	Tipo	Superficie acristalada [m²]	Vidriera U [W/m²K]	TST %	DST %	Superficie opaca [m²]	Perímetro [m]	Opaco U [W/m²K]	Valor Psi [W/mK]	Área total [m²]	Total Valor-U [W/m²K]	Infiltración [l/sm]	Protector solar	Radiación directa anual [kWh]	Estado de Rehabilitación
Noreste	Ventana	1,42	2,80	82,00	69,00	0,53	7,02	2,11	0,18	1,95	3,26	1,43	Ninguno	507,28	Nuevo
Noroeste	Puerta	0,00	2,80	82,00	69,00	2,10	0,00	2,11	0,18	2,10	2,11	1,43	Ninguno	0,00	Nuevo
Suroeste	Ventana	1,72	2,80	82,00	69,00	0,58	7,56	2,11	0,18	2,30	3,22	1,43	Ninguno	63,46	Nuevo
Suroeste	Ventana	4,80	2,80	82,00	69,00	1,03	15,90	2,11	0,18	5,83	3,17	1,43	Ninguno	2425,47	Nuevo
Suroeste	Ventana	1,42	2,80	82,00	69,00	0,53	7,02	2,11	0,18	1,95	3,26	1,43	Ninguno	617,02	Nuevo
Suroeste	Ventana	1,42	2,80	82,00	69,00	0,53	7,02	2,11	0,18	1,95	3,26	1,43	Ninguno	617,02	Nuevo
Noreste	Ventana	2,18	2,80	82,00	69,00	0,67	9,42	2,11	0,18	2,85	3,23	1,43	Ninguno	842,51	Nuevo
Noreste	Ventana	0,28	2,80	82,00	69,00	0,26	3,02	2,11	0,18	0,54	3,46	1,43	Ninguno	44,32	Nuevo

DST: Transmissão Solar Direita

TST: Transmissão Solar Total

## ANEXO 1: RESULTADOS DO CENÁRIO BASE

## Evaluación del Rendimiento Energético

[Número de Proyecto] Ciudad Tiuna

## Valores Clave

## Datos generales del proyecto

Nombre Proyecto:	Ciudad Tiuna		
Ubicación Ciudad:			
Latitud:	10° 30' 0" N		
Longitud:	66° 55' 0" O		
Altitud:	847,00	m	
Origen de Datos Climáticos:	VEN_C...EC.epw		
Fecha de Evaluación:	16/5/22 8:29 p. m.		

## Coeficientes de transfer.

Valor U	[W/m²K]
Promedio Edificio Entero:	3,76
Pavimentos:	4,48 - 4,48
Externo:	1,21 - 4,96
Subterráneo:	1,26 - 5,03
Aberturas:	2,11 - 3,60

## Datos de geometría del edificio

Área bruta de la planta:	541,65	m²
Área de Suelo Tratado:	468,27	m²
Área del Envolvente Exterior:	1044,73	m²
Volumen ventilado:	1146,07	m³
Ratio acristalamiento:	9	%

## Valores Anuales Específicos

Energía calorífica Neta:	0,00	kWh/m²a
Energía refrigerante Neta:	0,00	kWh/m²a
Energía Neta Total:	0,00	kWh/m²a
Consumo de Energía:	132,39	kWh/m²a
Consumo de Combustible:	132,39	kWh/m²a
Energía Primaria:	397,17	kWh/m²a
Coste Combustible:	14,56	BS/m²a
Emisión CO <sub>2</sub> :	14,42	kg/m²a

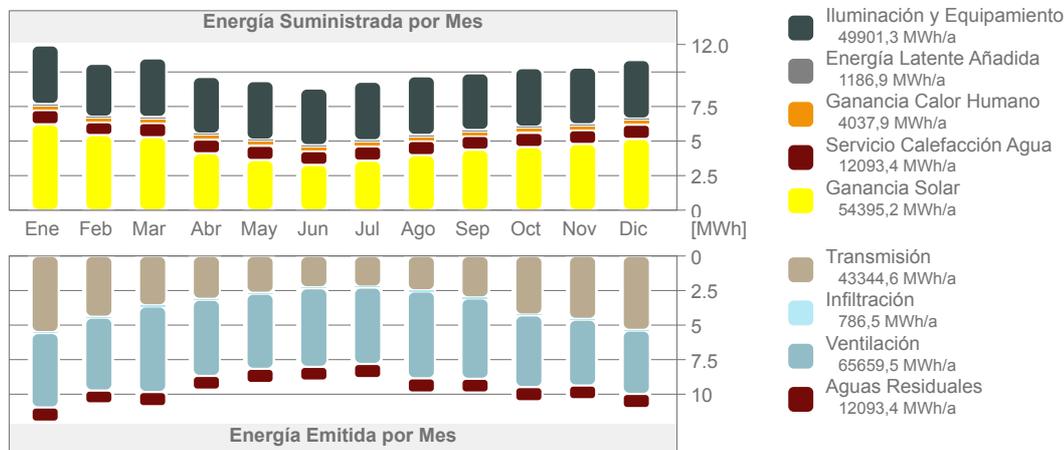
## Datos de rendimiento de la estructura

Infiltración a 50Pa:	4,93	AAH
----------------------	------	-----

## Días-Grado

Calefacción (HDD):	0,00
Refrigeración (CDD):	5907,15

## Balance Energético del Proyecto



## Bloques Térmicos

Bloque Térmico	Zonas Asignado(a)	Perfil de Operación	Área Bruta de la m²	Volumen m³
01 H-NL-BE	6	Residencial (PRO...	75,46	154,95
02 H-NL-CE	4	Residencial (PRO...	62,55	135,47
03 H-NL-CD	4	Residencial (PRO...	62,56	135,70
04 H-NL-BD	6	Residencial (PRO...	74,15	154,96
05 H-SO-BE	5	Residencial (PRO...	71,89	150,54
06 H-SO-CE	4	Residencial (PRO...	61,40	131,95
07 H-SO-CD	4	Residencial (PRO...	61,43	131,95
08 H-SO-BD	5	Residencial (PRO...	72,21	150,54
<b>Total:</b>	<b>38</b>		<b>541,65</b>	<b>1146,07</b>

## Evaluación del Rendimiento Energético

[Número de Proyecto] Ciudad Tiuna

### 01 H-NL-BE - Valores Clave

Datos de la Geometría			Coeficientes de transfer.		Valor U	[W/m²K]
Área bruta de la planta:	75,46	m²	Pavimentos:	4,48 - 4,48		
Área suelo tratado	63,25	m²	Externo:	1,40 - 4,96		
Área de estruct. compleja:	165,10	m²	Subterráneo:	1,47 - 5,03		
Volumen ventilado:	154,95	m³	Aberturas:	2,11 - 3,60		
Ratio acristalamiento:	6	%				
Temperatura Interna			Provisiones Anuales			
Min. (09:00 Ene 19):	24,92	°C	Calefacción:	0,00	kWh	
Media Anual:	31,85	°C	Refrigeración:	0,00	kWh	
Max. (18:00 Ago 25):	39,66	°C				
Horas de carga no satisfechas			Picos de Carga			
Calefacción:	0	hrs/a	Calefacción (01:00 Ene 01):	0,00	kW	
Refrigeración:	7111	hrs/a	Refrigeración (01:00 Ene 01):	0,00	kW	

### 02 H-NL-CE - Valores Clave

Datos de la Geometría			Coeficientes de transfer.		Valor U	[W/m²K]
Área bruta de la planta:	62,55	m²	Pavimentos:	4,48 - 4,48		
Área suelo tratado	55,42	m²	Externo:	1,21 - 4,96		
Área de estruct. compleja:	106,68	m²	Subterráneo:	1,26 - 5,03		
Volumen ventilado:	135,47	m³	Aberturas:	2,11 - 3,44		
Ratio acristalamiento:	12	%				
Temperatura Interna			Provisiones Anuales			
Min. (08:00 Ene 19):	25,42	°C	Calefacción:	0,00	kWh	
Media Anual:	31,97	°C	Refrigeración:	0,00	kWh	
Max. (18:00 Ago 25):	39,04	°C				
Horas de carga no satisfechas			Picos de Carga			
Calefacción:	0	hrs/a	Calefacción (01:00 Ene 01):	0,00	kW	
Refrigeración:	7549	hrs/a	Refrigeración (01:00 Ene 01):	0,00	kW	

### 03 H-NL-CD - Valores Clave

Datos de la Geometría			Coeficientes de transfer.		Valor U	[W/m²K]
Área bruta de la planta:	62,56	m²	Pavimentos:	4,48 - 4,48		
Área suelo tratado	55,51	m²	Externo:	1,21 - 4,96		
Área de estruct. compleja:	105,82	m²	Subterráneo:	1,26 - 5,03		
Volumen ventilado:	135,70	m³	Aberturas:	2,11 - 3,44		
Ratio acristalamiento:	12	%				
Temperatura Interna			Provisiones Anuales			
Min. (08:00 Ene 19):	25,40	°C	Calefacción:	0,00	kWh	
Media Anual:	31,95	°C	Refrigeración:	0,00	kWh	
Max. (18:00 Ago 25):	39,01	°C				
Horas de carga no satisfechas			Picos de Carga			
Calefacción:	0	hrs/a	Calefacción (01:00 Ene 01):	0,00	kW	
Refrigeración:	7536	hrs/a	Refrigeración (01:00 Ene 01):	0,00	kW	

## Evaluación del Rendimiento Energético

[Número de Proyecto] Ciudad Tiuna

### 04 H-NL-BD - Valores Clave

<b>Datos de la Geometría</b>			<b>Coefficientes de transfer.</b>		Valor U	[W/m <sup>2</sup> K]
Área bruta de la planta:	<b>74,15</b>	m <sup>2</sup>	Pavimentos:	<b>4,48 - 4,48</b>		
Área suelo tratado	<b>63,25</b>	m <sup>2</sup>	Externo:	<b>1,40 - 4,96</b>		
Área de estruct. compleja:	<b>164,09</b>	m <sup>2</sup>	Subterráneo:	<b>1,47 - 5,03</b>		
Volumen ventilado:	<b>154,96</b>	m <sup>3</sup>	Aberturas:	<b>2,11 - 3,60</b>		
Ratio acristalamiento:	<b>7</b>	%				
<b>Temperatura Interna</b>			<b>Provisiones Anuales</b>			
Min. (09:00 Ene 19):	<b>24,68</b>	°C	Calefacción:	<b>0,00</b>	kWh	
Media Anual:	<b>31,79</b>	°C	Refrigeración:	<b>0,00</b>	kWh	
Max. (19:00 Ago 10):	<b>40,13</b>	°C				
<b>Horas de carga no satisfechas</b>			<b>Picos de Carga</b>			
Calefacción:	<b>0</b>	hrs/a	Calefacción (01:00 Ene 01):	<b>0,00</b>	kW	
Refrigeración:	<b>6979</b>	hrs/a	Refrigeración (01:00 Ene 01):	<b>0,00</b>	kW	

### 05 H-SO-BE - Valores Clave

<b>Datos de la Geometría</b>			<b>Coefficientes de transfer.</b>		Valor U	[W/m <sup>2</sup> K]
Área bruta de la planta:	<b>71,89</b>	m <sup>2</sup>	Pavimentos:	<b>4,48 - 4,48</b>		
Área suelo tratado	<b>61,45</b>	m <sup>2</sup>	Externo:	<b>1,21 - 4,96</b>		
Área de estruct. compleja:	<b>136,01</b>	m <sup>2</sup>	Subterráneo:	<b>1,47 - 5,03</b>		
Volumen ventilado:	<b>150,54</b>	m <sup>3</sup>	Aberturas:	<b>2,11 - 3,46</b>		
Ratio acristalamiento:	<b>9</b>	%				
<b>Temperatura Interna</b>			<b>Provisiones Anuales</b>			
Min. (09:00 Ene 19):	<b>25,37</b>	°C	Calefacción:	<b>0,00</b>	kWh	
Media Anual:	<b>32,19</b>	°C	Refrigeración:	<b>0,00</b>	kWh	
Max. (18:00 Ago 24):	<b>40,11</b>	°C				
<b>Horas de carga no satisfechas</b>			<b>Picos de Carga</b>			
Calefacción:	<b>0</b>	hrs/a	Calefacción (01:00 Ene 01):	<b>0,00</b>	kW	
Refrigeración:	<b>7408</b>	hrs/a	Refrigeración (01:00 Ene 01):	<b>0,00</b>	kW	

### 06 H-SO-CE - Valores Clave

<b>Datos de la Geometría</b>			<b>Coefficientes de transfer.</b>		Valor U	[W/m <sup>2</sup> K]
Área bruta de la planta:	<b>61,40</b>	m <sup>2</sup>	Pavimentos:	<b>4,48 - 4,48</b>		
Área suelo tratado	<b>53,98</b>	m <sup>2</sup>	Externo:	<b>1,21 - 4,96</b>		
Área de estruct. compleja:	<b>112,86</b>	m <sup>2</sup>	Subterráneo:	<b>1,26 - 5,03</b>		
Volumen ventilado:	<b>131,95</b>	m <sup>3</sup>	Aberturas:	<b>2,11 - 3,44</b>		
Ratio acristalamiento:	<b>9</b>	%				
<b>Temperatura Interna</b>			<b>Provisiones Anuales</b>			
Min. (09:00 Ene 19):	<b>25,46</b>	°C	Calefacción:	<b>0,00</b>	kWh	
Media Anual:	<b>32,07</b>	°C	Refrigeración:	<b>0,00</b>	kWh	
Max. (18:00 Ago 24):	<b>39,83</b>	°C				
<b>Horas de carga no satisfechas</b>			<b>Picos de Carga</b>			
Calefacción:	<b>0</b>	hrs/a	Calefacción (01:00 Ene 01):	<b>0,00</b>	kW	
Refrigeración:	<b>7374</b>	hrs/a	Refrigeración (01:00 Ene 01):	<b>0,00</b>	kW	

## Evaluación del Rendimiento Energético

[Número de Proyecto] Ciudad Tiuna

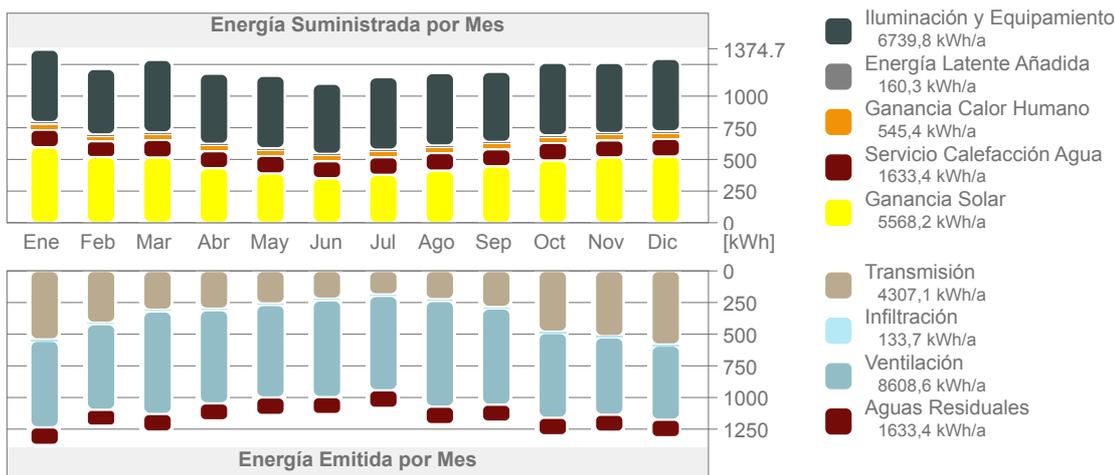
### 07 H-SO-CD - Valores Clave

<b>Datos de la Geometría</b>			<b>Coefficientes de transfer.</b>	Valor U	[W/m²K]
Área bruta de la planta:	61,43	m²	Pavimentos:	4,48 - 4,48	
Área suelo tratado	53,98	m²	Externo:	1,21 - 4,96	
Área de estruct. compleja:	108,10	m²	Subterráneo:	1,26 - 5,03	
Volumen ventilado:	131,95	m³	Aberturas:	2,11 - 3,44	
Ratio acristalamiento:	10	%			
<b>Temperatura Interna</b>			<b>Provisiones Anuales</b>		
Min. (09:00 Ene 19):	25,74	°C	Calefacción:	0,00	kWh
Media Anual:	32,39	°C	Refrigeración:	0,00	kWh
Max. (18:00 Sep 16):	40,27	°C	<b>Picos de Carga</b>		
<b>Horas de carga no satisfechas</b>			Calefacción (01:00 Ene 01):	0,00	kW
Calefacción:	0	hrs/a	Refrigeración (01:00 Ene 01):	0,00	kW
Refrigeración:	7589	hrs/a			

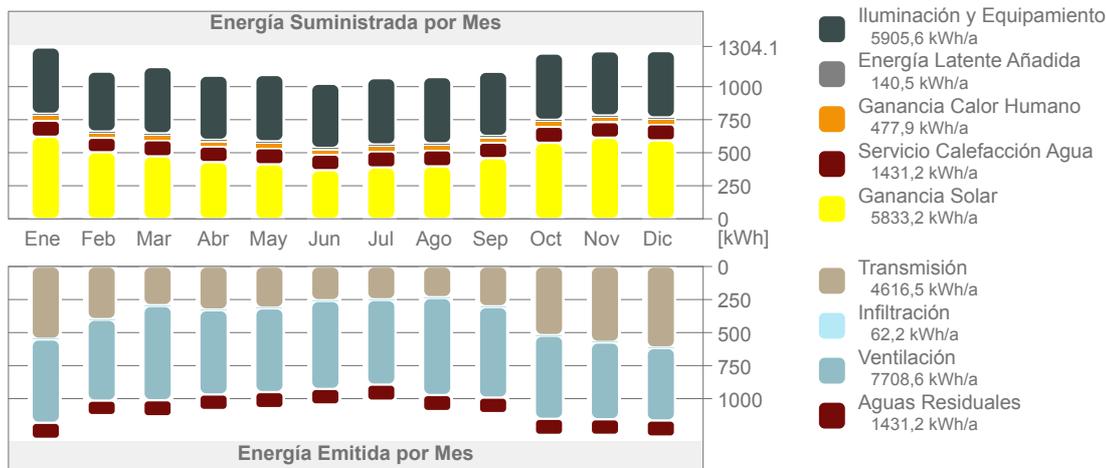
### 08 H-SO-BD - Valores Clave

<b>Datos de la Geometría</b>			<b>Coefficientes de transfer.</b>	Valor U	[W/m²K]
Área bruta de la planta:	72,21	m²	Pavimentos:	4,48 - 4,48	
Área suelo tratado	61,45	m²	Externo:	1,21 - 4,96	
Área de estruct. compleja:	146,07	m²	Subterráneo:	1,47 - 5,03	
Volumen ventilado:	150,54	m³	Aberturas:	2,11 - 3,46	
Ratio acristalamiento:	9	%			
<b>Temperatura Interna</b>			<b>Provisiones Anuales</b>		
Min. (09:00 Ene 19):	25,07	°C	Calefacción:	0,00	kWh
Media Anual:	31,99	°C	Refrigeración:	0,00	kWh
Max. (18:00 Ago 24):	40,11	°C	<b>Picos de Carga</b>		
<b>Horas de carga no satisfechas</b>			Calefacción (01:00 Ene 01):	0,00	kW
Calefacción:	0	hrs/a	Refrigeración (01:00 Ene 01):	0,00	kW
Refrigeración:	7227	hrs/a			

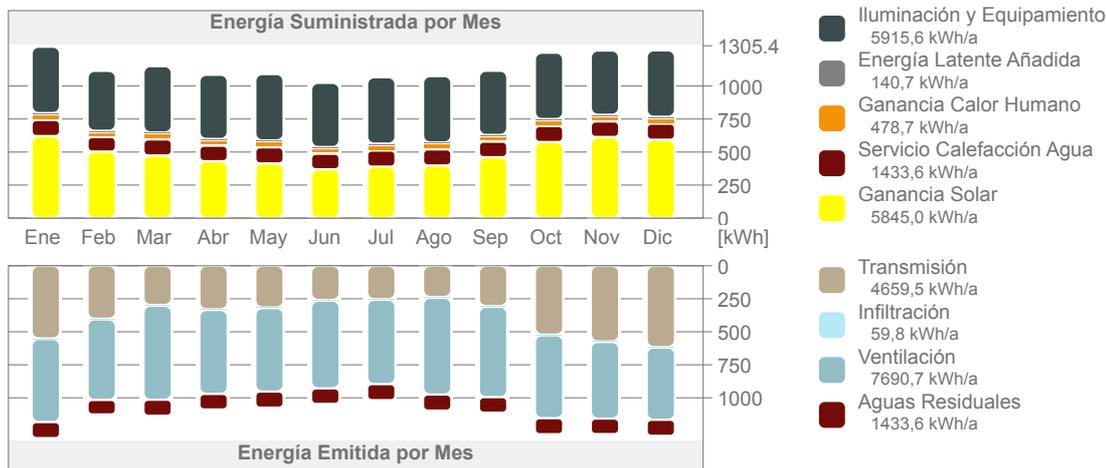
### 01 H-NL-BE Nivel de Energía



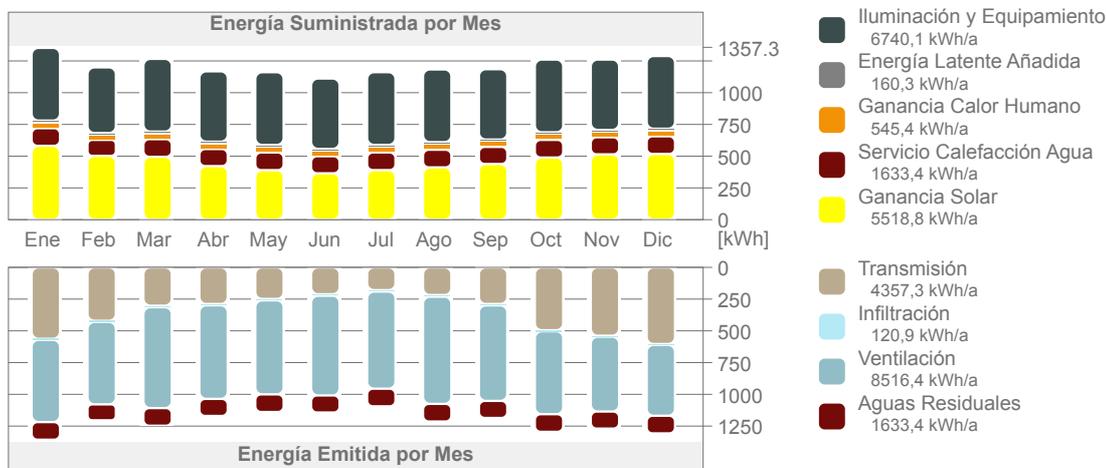
### 02 H-NL-CE Nivel de Energía



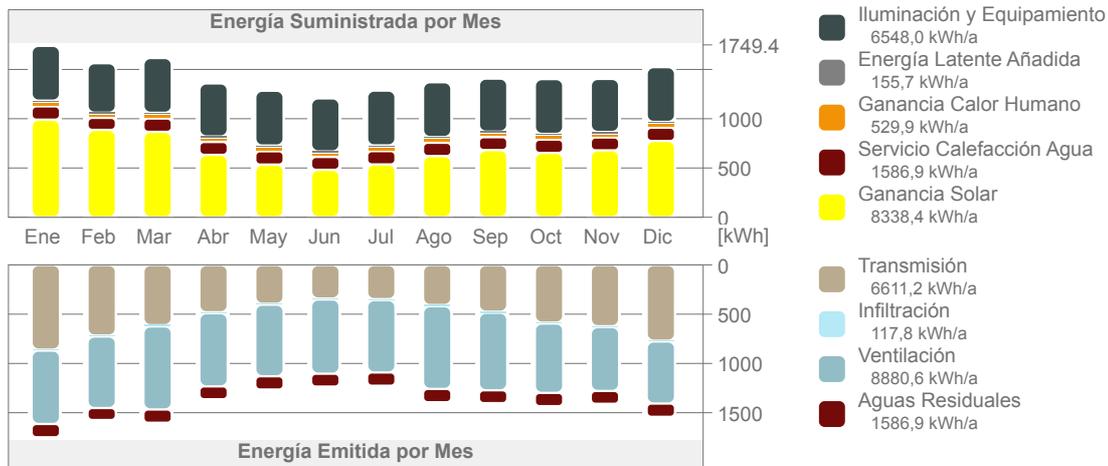
### 03 H-NL-CD Nivel de Energía



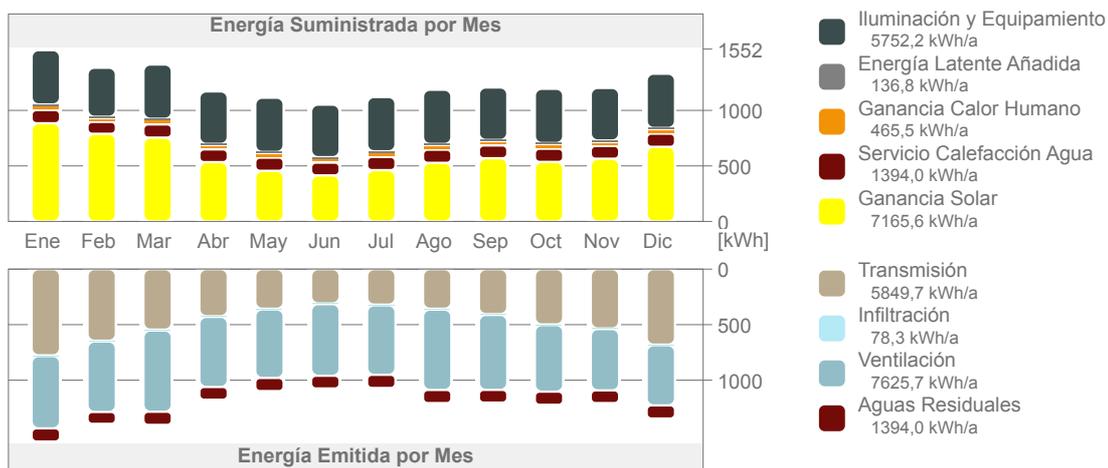
### 04 H-NL-BD Nivel de Energía



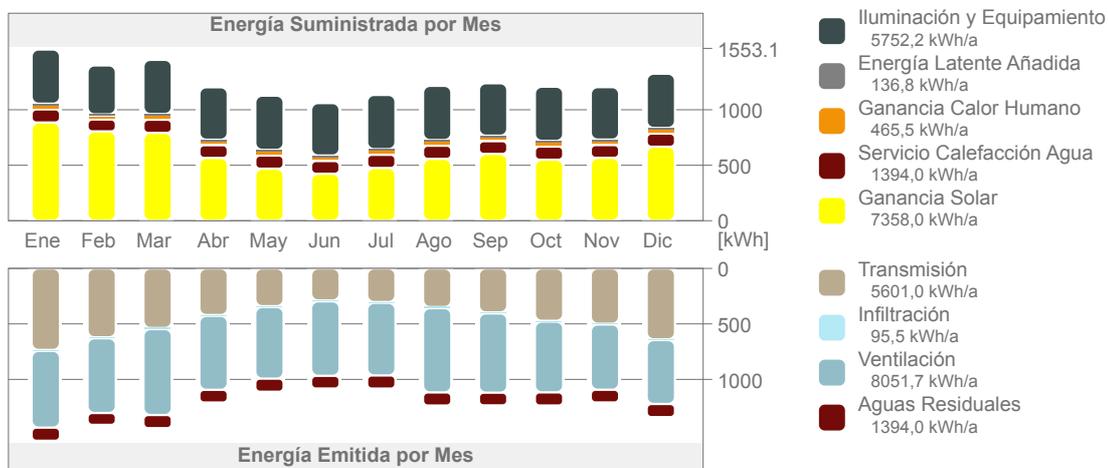
05 H-SO-BE Nivel de Energía



06 H-SO-CE Nivel de Energía



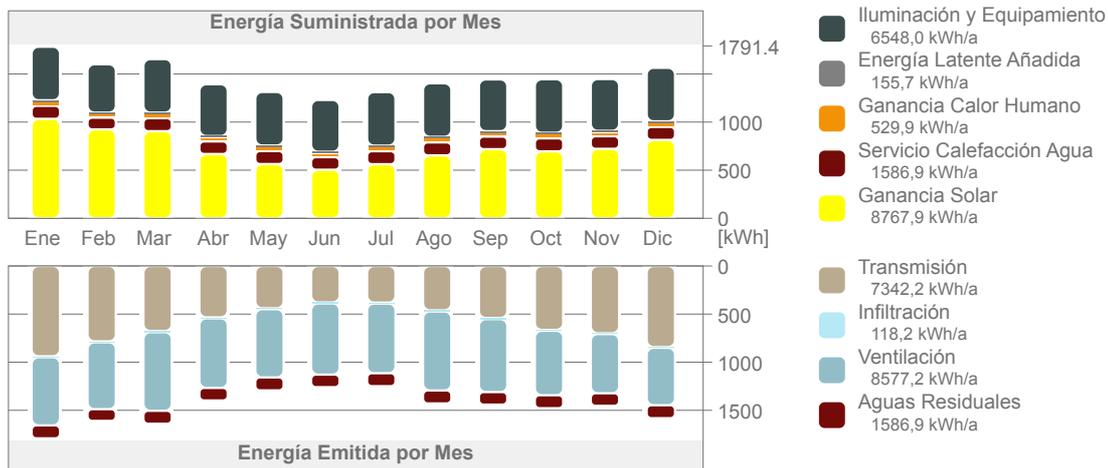
07 H-SO-CD Nivel de Energía



## Evaluación del Rendimiento Energético

[Número de Proyecto] Ciudad Tiuna

### 08 H-SO-BD Nivel de Energía



### Datos de Diseño HVAC

Bloque Térmico	Demanda de		Demanda de		Interno	
	Anualment [kWh]	Por Horas Pico [kW]	Anualment [kWh]	Por Horas Pico [kW]	Min. [°C]	Max. [°C]
01 H-NL-BE	0	0.0 --	0	0.0 --	24.9 09:00 Ene 19	39.7 18:00 Ago 25
02 H-NL-CE	0	0.0 --	0	0.0 --	25.4 08:00 Ene 19	39.0 18:00 Ago 25
03 H-NL-CD	0	0.0 --	0	0.0 --	25.4 08:00 Ene 19	39.0 18:00 Ago 25
04 H-NL-BD	0	0.0 --	0	0.0 --	24.7 09:00 Ene 19	40.1 19:00 Ago 10
05 H-SO-BE	0	0.0 --	0	0.0 --	25.4 09:00 Ene 19	40.1 18:00 Ago 24
06 H-SO-CE	0	0.0 --	0	0.0 --	25.5 09:00 Ene 19	39.8 18:00 Ago 24
07 H-SO-CD	0	0.0 --	0	0.0 --	25.7 09:00 Ene 19	40.3 18:00 Sep 16
08 H-SO-BD	0	0.0 --	0	0.0 --	25.1 09:00 Ene 19	40.1 18:00 Ago 24
<b>Todos los Bloques Térmicos:</b>	<b>0</b>	<b>0.0</b> --	<b>0</b>	<b>0.0</b> --		

#### Número de Horas Usadas en el Año:

Calefacción: 0 hrs  
Refrigeración: 0 hrs

#### Horas de carga no satisfechas en el año:

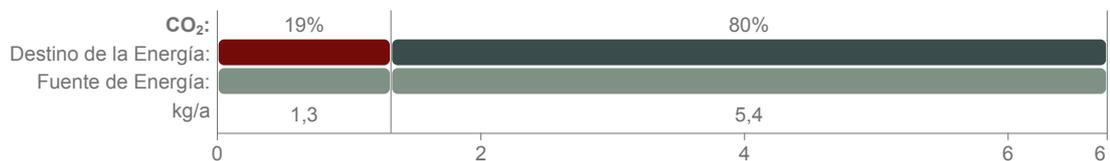
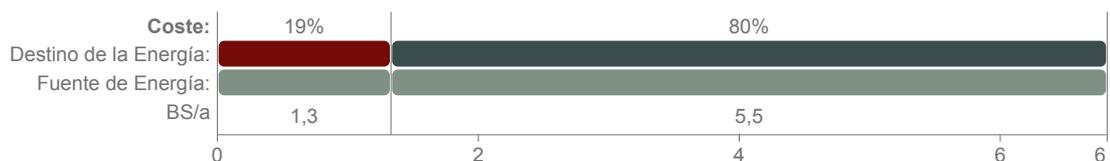
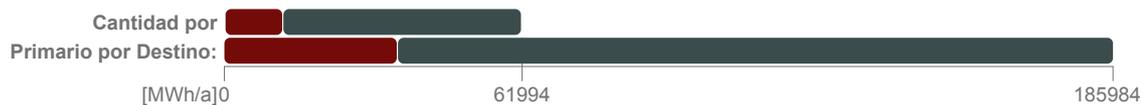
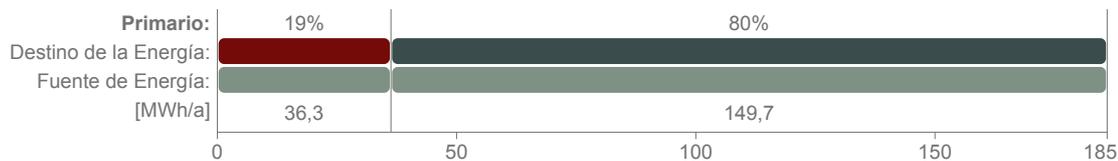
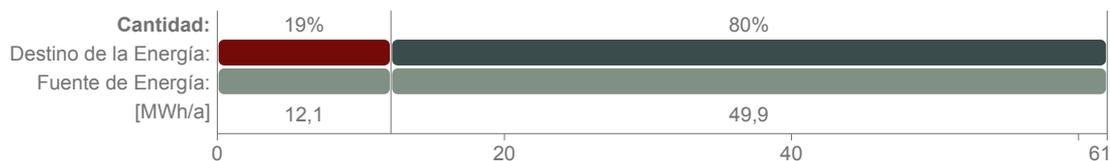
Calefacción: 0 hrs  
Refrigeración: 7649 hrs

## Evaluación del Rendimiento Energético

[Número de Proyecto] Ciudad Tiuna

### Consumo de energía por Objetivos

Nombre Destino	Energía			CO <sub>2</sub> Emisión kg/a
	Cantidad MWh/a	Primario MWh/a	Coste BS/a	
■ Calefacción	0	0	0	0
■ Refrigeración	0	0	0	0
■ Servicio de Agua Caliente	12	36	1330	1316
■ Ventiladores	0	0	0	0
■ Iluminación & aparatos	49	149	5489	5434
<b>Total:</b>	<b>61</b>	<b>185</b>	<b>6819</b>	<b>6751</b>



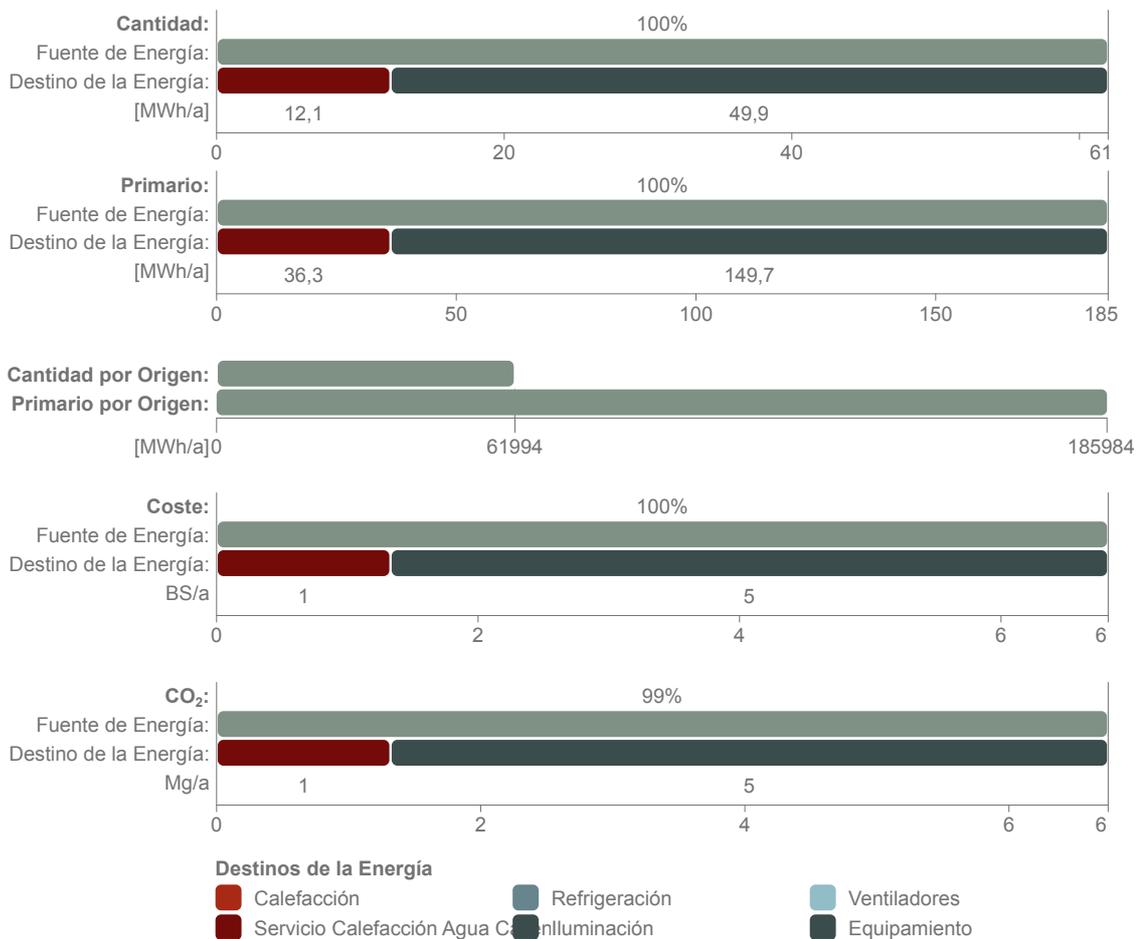
Fuentes de Energía

Secundario

■ Electricidad

### Consumo de Energía por Fuentes

Tipo Fuente	Energía				Emisión CO <sub>2</sub> kg/a
	Nombre de Origen	Cantidad MWh/a	Primario MWh/a	Coste BS/a	
Secundario	Electricidad	61	185	6819	6751
Total:		<b>61</b>	<b>185</b>	<b>6819</b>	<b>6751</b>



### Impacto Medioambiental

Tipo Fuente	Nombre de Origen	Energía Primaria MWh/a	Emisión CO <sub>2</sub> kg/a
Secundario	Electricidad	185	6751
Total:		<b>185</b>	<b>6751</b>

### Mensajes de Aviso

Alertas	
Propuesta de Diseño	
1	Horas de carga no satisfechas, Refrigeración:7649

## ANEXO 2: RESULTADOS CENÁRIO MODIFICADO 1

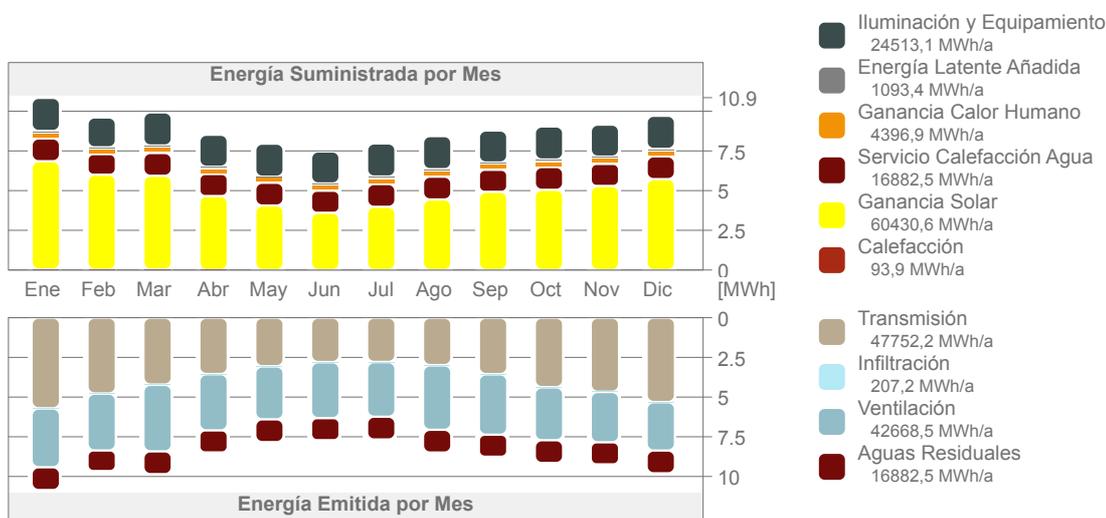
## Evaluación del Rendimiento Energético

[Número de Proyecto] Ciudad Tiuna

## Valores Clave

<b>Datos generales del proyecto</b>		<b>Coefficientes de transfer.</b>	Valor U	[W/m²K]
Nombre Proyecto:	Ciudad Tiuna	Promedio Edificio Entero:	<b>7,64</b>	
Ubicación Ciudad:		Pavimentos:	--	
Latitud:	10° 30' 0" N	Externo:	<b>1,21 - 16,67</b>	
Longitud:	66° 55' 0" O	Subterráneo:	--	
Altitud:	847,00 m	Aberturas:	<b>2,11 - 7,01</b>	
Origen de Datos Climáticos:	VEN_C...EC.epw			
Fecha de Evaluación:	18/5/22 7:17 p. m.			
<b>Datos de geometría del edificio</b>		<b>Valores Anuales Específicos</b>		
Área bruta de la planta:	<b>541,48</b> m²	Energía calorífica Neta:	<b>0,20</b>	kWh/m²a
Área de Suelo Tratado:	<b>468,27</b> m²	Energía refrigerante Neta:	<b>0,00</b>	kWh/m²a
Área del Envoltorio Exterior:	<b>1549,21</b> m²	Energía Neta Total:	<b>0,20</b>	kWh/m²a
Volumen ventilado:	<b>1146,07</b> m³	Consumo de Energía:	<b>88,60</b>	kWh/m²a
Ratio acristalamiento:	<b>7</b> %	Consumo de Combustible:	<b>88,60</b>	kWh/m²a
		Energía Primaria:	<b>196,92</b>	kWh/m²a
		Coste Combustible:	--	BS/m²a
		Emisión CO <sub>2</sub> :	<b>13,53</b>	kg/m²a
<b>Datos de rendimiento de la estructura</b>		<b>Días-Grado</b>		
Infiltración a 50Pa:	<b>7,93</b> AAH	Calefacción (HDD):	<b>0,00</b>	
		Refrigeración (CDD):	<b>5907,15</b>	

## Balance Energético del Proyecto



## Bloques Térmicos

Bloque Térmico	Zonas Asignado(a)	Perfil de Operación	Área Bruta de la m²	Volumen m³
01 H-NL-BE	6	Residencial MM1	75,85	154,95
02 H-NL-CE	4	Residencial MM1	62,16	135,47
03 H-NL-CD	4	Residencial MM1	62,18	135,70
04 H-NL-BD	6	Residencial MM1	73,85	154,96
05 H-SO-BE	5	Residencial MM1	72,43	150,54
06 H-SO-CE	4	Residencial MM1	61,31	131,95
07 H-SO-CD	4	Residencial MM1	61,31	131,95

## Evaluación del Rendimiento Energético

[Número de Proyecto] Ciudad Tiuna

Bloque Térmico	Zonas Asignado(a)	Perfil de Operación	Área Bruta de la m <sup>2</sup>	Volumen m <sup>3</sup>
08 H-SO-BD	5	Residencial MM1	72,38	150,54
<b>Total:</b>	<b>38</b>		<b>541,48</b>	<b>1146,07</b>

### 01 H-NL-BE - Valores Clave

<b>Datos de la Geometría</b>			<b>Coefficientes de transfer.</b>	Valor U	[W/m <sup>2</sup> K]
Área bruta de la planta:	75,85	m <sup>2</sup>	Pavimentos:	-	
Área suelo tratado	63,25	m <sup>2</sup>	Externo:	1,40 - 16,67	
Área de estruct. compleja:	237,96	m <sup>2</sup>	Subterráneo:	-	
Volumen ventilado:	154,95	m <sup>3</sup>	Aberturas:	2,11 - 3,60	
Ratio acristalamiento:	6	%			
<b>Temperatura Interna</b>			<b>Provisiones Anuales</b>		
Min. (06:00 Ene 19):	22,71	°C	Calefacción:	16,75	kWh
Media Anual:	27,76	°C	Refrigeración:	0,00	kWh
Max. (17:00 Nov 14):	34,26	°C	<b>Picos de Carga</b>		
<b>Horas de carga no satisfechas</b>			Calefacción (08:00 Mar 07):	1,30	kW
Calefacción:	0	hrs/a	Refrigeración (01:00 Ene 01):	0,00	kW
Refrigeración:	3092	hrs/a			

### 02 H-NL-CE - Valores Clave

<b>Datos de la Geometría</b>			<b>Coefficientes de transfer.</b>	Valor U	[W/m <sup>2</sup> K]
Área bruta de la planta:	62,16	m <sup>2</sup>	Pavimentos:	-	
Área suelo tratado	55,42	m <sup>2</sup>	Externo:	1,21 - 16,67	
Área de estruct. compleja:	164,87	m <sup>2</sup>	Subterráneo:	-	
Volumen ventilado:	135,47	m <sup>3</sup>	Aberturas:	2,11 - 3,50	
Ratio acristalamiento:	6	%			
<b>Temperatura Interna</b>			<b>Provisiones Anuales</b>		
Min. (06:00 Abr 19):	22,72	°C	Calefacción:	10,65	kWh
Media Anual:	27,73	°C	Refrigeración:	0,00	kWh
Max. (17:00 Nov 14):	33,91	°C	<b>Picos de Carga</b>		
<b>Horas de carga no satisfechas</b>			Calefacción (08:00 Mar 07):	0,93	kW
Calefacción:	0	hrs/a	Refrigeración (01:00 Ene 01):	0,00	kW
Refrigeración:	2965	hrs/a			

### 03 H-NL-CD - Valores Clave

<b>Datos de la Geometría</b>			<b>Coefficientes de transfer.</b>	Valor U	[W/m <sup>2</sup> K]
Área bruta de la planta:	62,18	m <sup>2</sup>	Pavimentos:	-	
Área suelo tratado	55,51	m <sup>2</sup>	Externo:	1,21 - 16,67	
Área de estruct. compleja:	162,77	m <sup>2</sup>	Subterráneo:	-	
Volumen ventilado:	135,70	m <sup>3</sup>	Aberturas:	2,11 - 3,48	
Ratio acristalamiento:	7	%			
<b>Temperatura Interna</b>			<b>Provisiones Anuales</b>		
Min. (06:00 Abr 19):	22,74	°C	Calefacción:	9,61	kWh
Media Anual:	27,78	°C	Refrigeración:	0,00	kWh
Max. (17:00 Nov 14):	33,99	°C	<b>Picos de Carga</b>		
<b>Horas de carga no satisfechas</b>			Calefacción (08:00 Mar 07):	0,88	kW
Calefacción:	0	hrs/a	Refrigeración (01:00 Ene 01):	0,00	kW
Refrigeración:	3024	hrs/a			

## Evaluación del Rendimiento Energético

[Número de Proyecto] Ciudad Tiuna

### 04 H-NL-BD - Valores Clave

<b>Datos de la Geometría</b>			<b>Coefficientes de transfer.</b>		
Área bruta de la planta:	<b>73,85</b>	m <sup>2</sup>	Pavimentos:	Valor U	[W/m <sup>2</sup> K]
Área suelo tratado	<b>63,25</b>	m <sup>2</sup>	Externo:	-	
Área de estruct. compleja:	<b>215,90</b>	m <sup>2</sup>	Subterráneo:	<b>1,40 - 16,67</b>	
Volumen ventilado:	<b>154,96</b>	m <sup>3</sup>	Aberturas:	-	
Ratio acristalamiento:	<b>7</b>	%		<b>2,11 - 3,60</b>	
<b>Temperatura Interna</b>			<b>Provisiones Anuales</b>		
Min. (06:00 Abr 19):	<b>22,71</b>	°C	Calefacción:	<b>15,56</b>	kWh
Media Anual:	<b>27,80</b>	°C	Refrigeración:	<b>0,00</b>	kWh
Max. (17:00 Nov 14):	<b>34,29</b>	°C	<b>Picos de Carga</b>		
<b>Horas de carga no satisfechas</b>			Calefacción (08:00 Mar 07):	<b>1,21</b>	kW
Calefacción:	<b>0</b>	hrs/a	Refrigeración (01:00 Ene 01):	<b>0,00</b>	kW
Refrigeración:	<b>3128</b>	hrs/a			

### 05 H-SO-BE - Valores Clave

<b>Datos de la Geometría</b>			<b>Coefficientes de transfer.</b>		
Área bruta de la planta:	<b>72,43</b>	m <sup>2</sup>	Pavimentos:	Valor U	[W/m <sup>2</sup> K]
Área suelo tratado	<b>61,45</b>	m <sup>2</sup>	Externo:	-	
Área de estruct. compleja:	<b>214,39</b>	m <sup>2</sup>	Subterráneo:	<b>1,21 - 16,67</b>	
Volumen ventilado:	<b>150,54</b>	m <sup>3</sup>	Aberturas:	-	
Ratio acristalamiento:	<b>9</b>	%		<b>2,11 - 7,01</b>	
<b>Temperatura Interna</b>			<b>Provisiones Anuales</b>		
Min. (06:00 Abr 19):	<b>22,61</b>	°C	Calefacción:	<b>11,97</b>	kWh
Media Anual:	<b>28,02</b>	°C	Refrigeración:	<b>0,00</b>	kWh
Max. (17:00 Nov 14):	<b>35,46</b>	°C	<b>Picos de Carga</b>		
<b>Horas de carga no satisfechas</b>			Calefacción (08:00 Mar 07):	<b>1,06</b>	kW
Calefacción:	<b>0</b>	hrs/a	Refrigeración (01:00 Ene 01):	<b>0,00</b>	kW
Refrigeración:	<b>3559</b>	hrs/a			

### 06 H-SO-CE - Valores Clave

<b>Datos de la Geometría</b>			<b>Coefficientes de transfer.</b>		
Área bruta de la planta:	<b>61,31</b>	m <sup>2</sup>	Pavimentos:	Valor U	[W/m <sup>2</sup> K]
Área suelo tratado	<b>53,98</b>	m <sup>2</sup>	Externo:	-	
Área de estruct. compleja:	<b>169,34</b>	m <sup>2</sup>	Subterráneo:	<b>1,21 - 16,67</b>	
Volumen ventilado:	<b>131,95</b>	m <sup>3</sup>	Aberturas:	-	
Ratio acristalamiento:	<b>6</b>	%		<b>2,11 - 7,01</b>	
<b>Temperatura Interna</b>			<b>Provisiones Anuales</b>		
Min. (07:00 Abr 19):	<b>22,76</b>	°C	Calefacción:	<b>8,22</b>	kWh
Media Anual:	<b>27,90</b>	°C	Refrigeración:	<b>0,00</b>	kWh
Max. (17:00 Nov 14):	<b>35,24</b>	°C	<b>Picos de Carga</b>		
<b>Horas de carga no satisfechas</b>			Calefacción (08:00 Mar 07):	<b>0,82</b>	kW
Calefacción:	<b>0</b>	hrs/a	Refrigeración (01:00 Ene 01):	<b>0,00</b>	kW
Refrigeración:	<b>3345</b>	hrs/a			

## Evaluación del Rendimiento Energético

[Número de Proyecto] Ciudad Tiuna

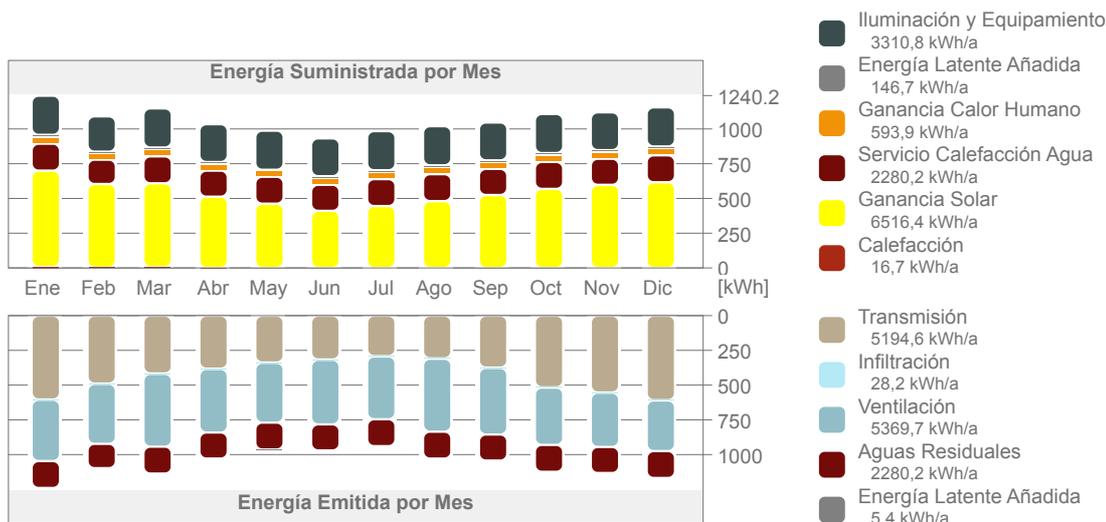
### 07 H-SO-CD - Valores Clave

Datos de la Geometría		Coeficientes de transfer.		Valor U	[W/m²K]
Área bruta de la planta:	61,31	m²	Pavimentos:	-	
Área suelo tratado	53,98	m²	Externo:	1,21 - 16,67	
Área de estruct. compleja:	164,13	m²	Subterráneo:	-	
Volumen ventilado:	131,95	m³	Aberturas:	2,11 - 7,01	
Ratio acristalamiento:	6	%			
Temperatura Interna			Provisiones Anuales		
Min. (07:00 Abr 19):	22,81	°C	Calefacción:	6,14	kWh
Media Anual:	27,98	°C	Refrigeración:	0,00	kWh
Max. (17:00 Nov 14):	35,38	°C			
Horas de carga no satisfechas			Picos de Carga		
Calefacción:	0	hrs/a	Calefacción (08:00 Mar 07):	0,70	kW
Refrigeración:	3465	hrs/a	Refrigeración (01:00 Ene 01):	0,00	kW

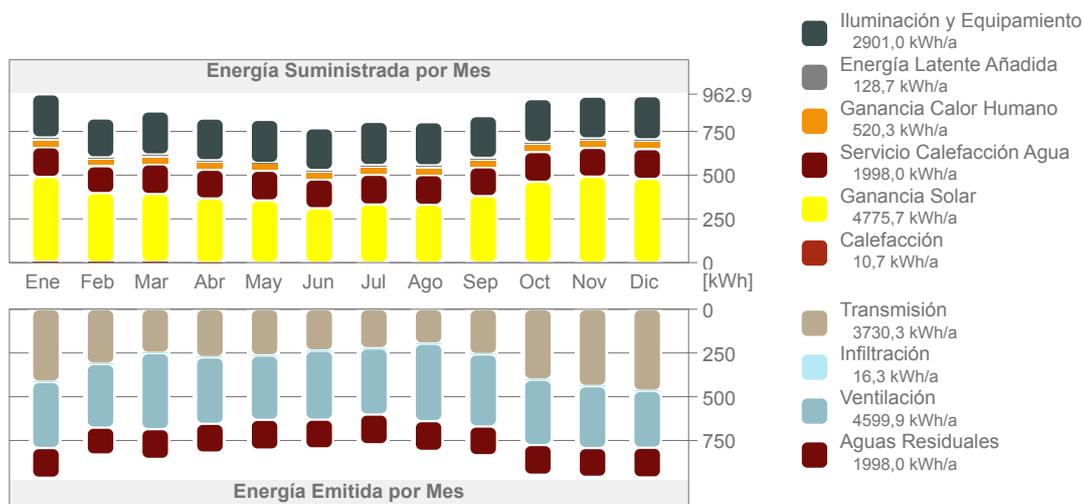
### 08 H-SO-BD - Valores Clave

Datos de la Geometría		Coeficientes de transfer.		Valor U	[W/m²K]
Área bruta de la planta:	72,38	m²	Pavimentos:	-	
Área suelo tratado	61,45	m²	Externo:	1,21 - 16,67	
Área de estruct. compleja:	219,85	m²	Subterráneo:	-	
Volumen ventilado:	150,54	m³	Aberturas:	2,11 - 7,01	
Ratio acristalamiento:	8	%			
Temperatura Interna			Provisiones Anuales		
Min. (06:00 Abr 19):	22,60	°C	Calefacción:	15,02	kWh
Media Anual:	27,93	°C	Refrigeración:	0,00	kWh
Max. (17:00 Nov 14):	35,25	°C			
Horas de carga no satisfechas			Picos de Carga		
Calefacción:	0	hrs/a	Calefacción (08:00 Mar 07):	1,18	kW
Refrigeración:	3418	hrs/a	Refrigeración (01:00 Ene 01):	0,00	kW

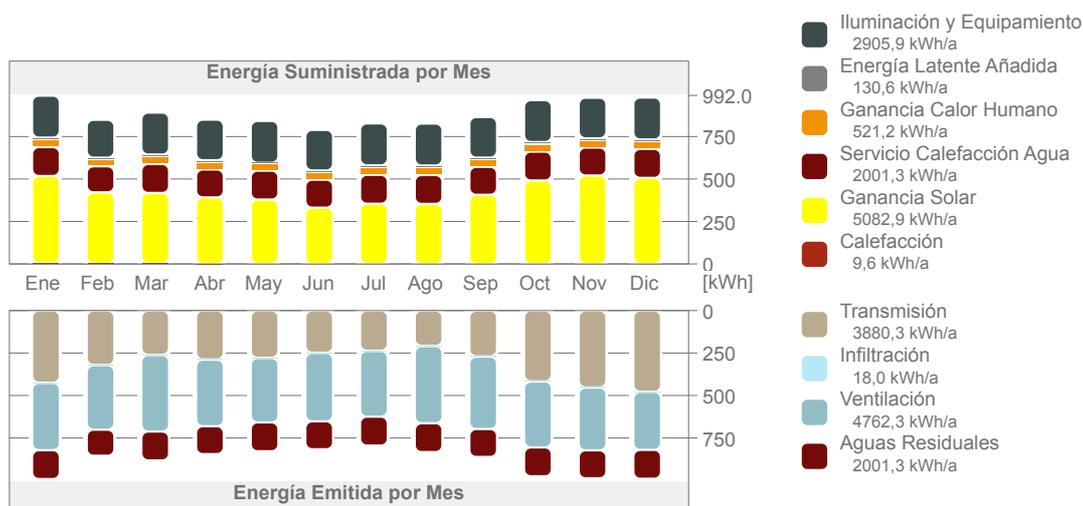
### 01 H-NL-BE Nivel de Energía



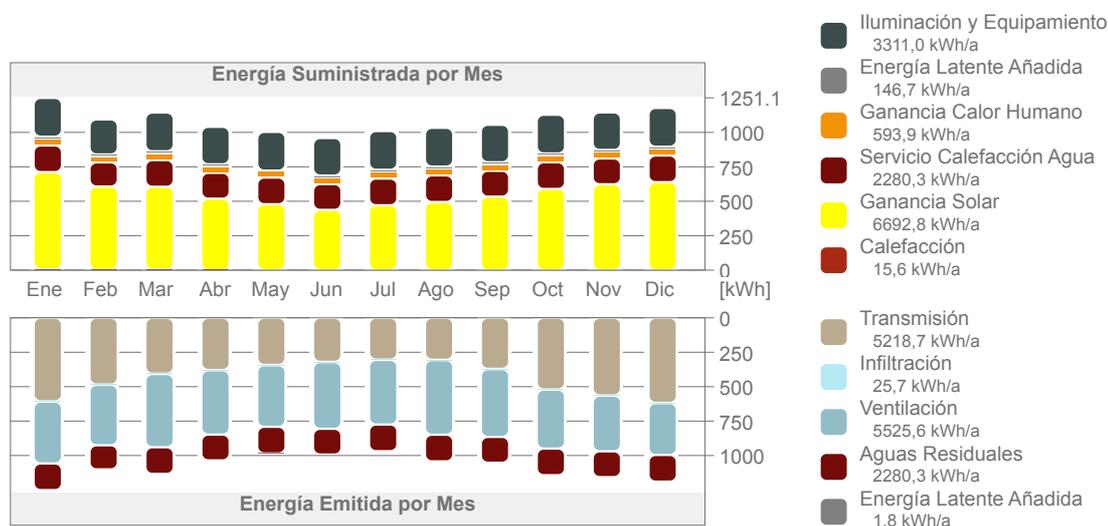
### 02 H-NL-CE Nivel de Energía



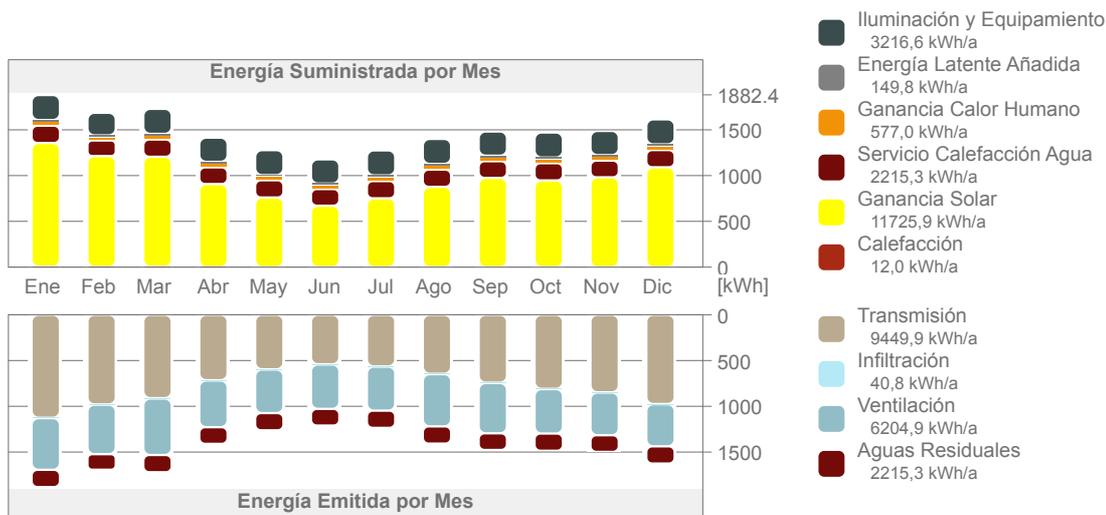
### 03 H-NL-CD Nivel de Energía



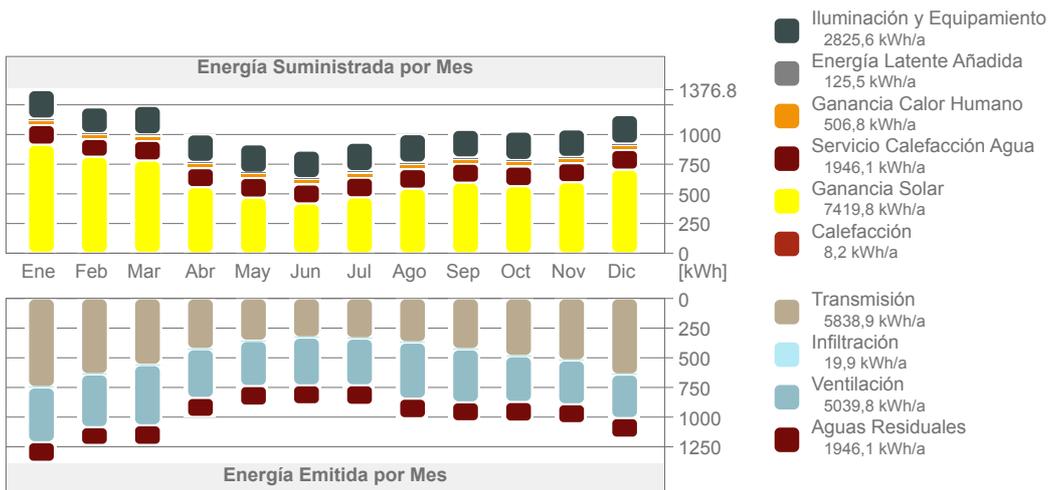
### 04 H-NL-BD Nivel de Energía



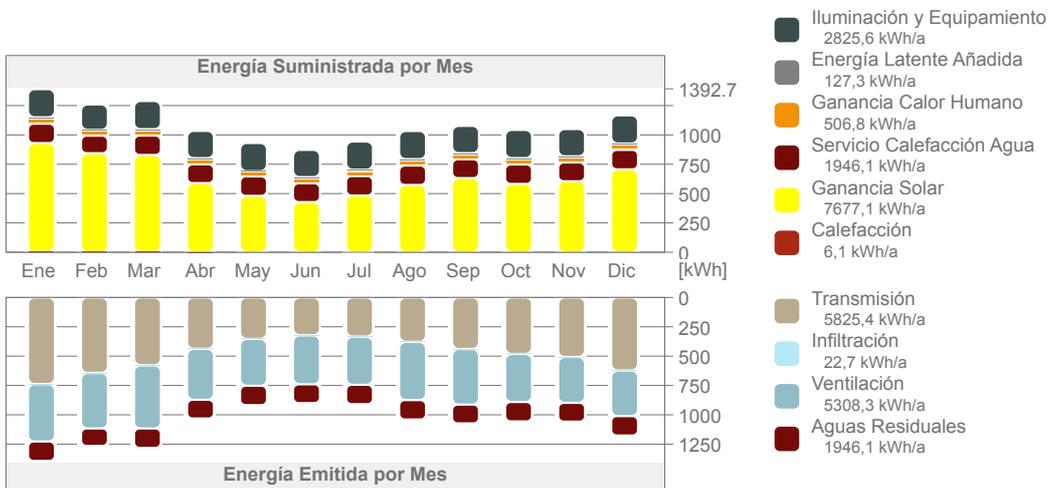
05 H-SO-BE Nivel de Energía



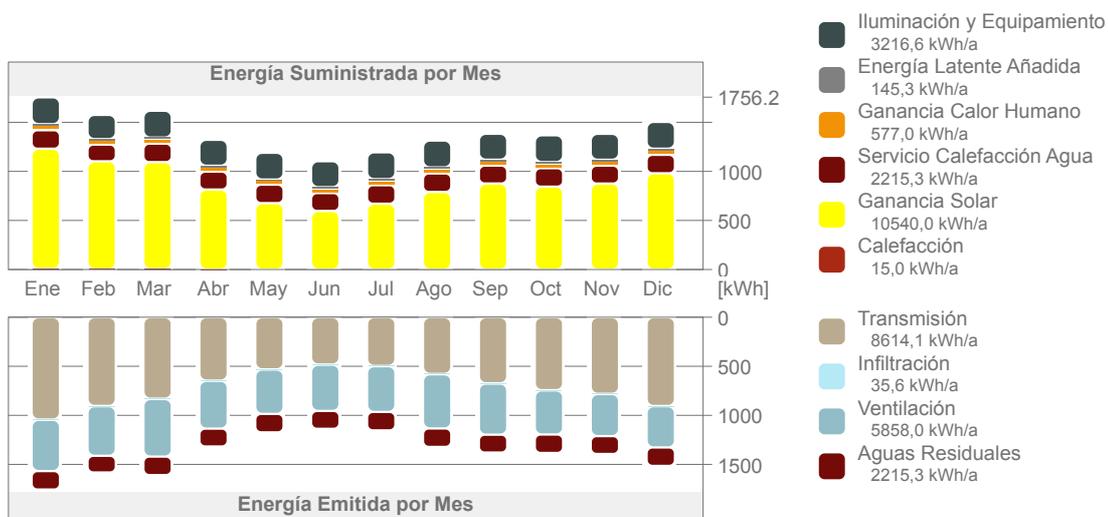
06 H-SO-CE Nivel de Energía



07 H-SO-CD Nivel de Energía



## 08 H-SO-BD Nivel de Energía



## Datos de Diseño HVAC

Bloque Térmico	Demanda de		Demanda de		Interno	
	Anualment [kWh]	Por Horas Pico [kW]	Anualment [kWh]	Por Horas Pico [kW]	Min. [°C]	Max. [°C]
01 H-NL-BE	16	1.3 08:00 Mar 07	0	0.0 --	22.7 06:00 Ene 19	34.3 17:00 Nov 14
02 H-NL-CE	10	0.9 08:00 Mar 07	0	0.0 --	22.7 06:00 Abr 19	33.9 17:00 Nov 14
03 H-NL-CD	9	0.9 08:00 Mar 07	0	0.0 --	22.7 06:00 Abr 19	34.0 17:00 Nov 14
04 H-NL-BD	15	1.2 08:00 Mar 07	0	0.0 --	22.7 06:00 Abr 19	34.3 17:00 Nov 14
05 H-SO-BE	11	1.1 08:00 Mar 07	0	0.0 --	22.6 06:00 Abr 19	35.5 17:00 Nov 14
06 H-SO-CE	8	0.8 08:00 Mar 07	0	0.0 --	22.8 07:00 Abr 19	35.2 17:00 Nov 14
07 H-SO-CD	6	0.7 08:00 Mar 07	0	0.0 --	22.8 07:00 Abr 19	35.4 17:00 Nov 14
08 H-SO-BD	15	1.2 08:00 Mar 07	0	0.0 --	22.6 06:00 Abr 19	35.2 17:00 Nov 14
<b>Todos los Bloques Térmicos:</b>	<b>93</b>	<b>8.1</b> 08:00 Mar 07	<b>0</b>	<b>0.0</b> --		

## Número de Horas Usadas en el Año:

Calefacción: **35** hrs  
Refrigeración: **0** hrs

## Horas de carga no satisfechas en el año:

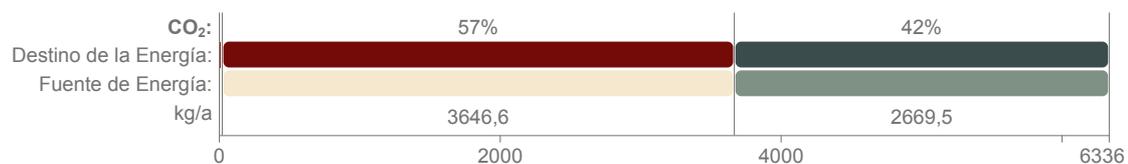
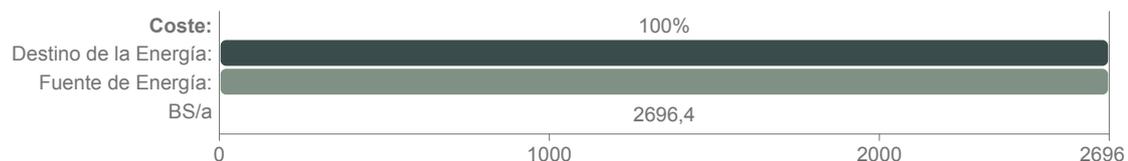
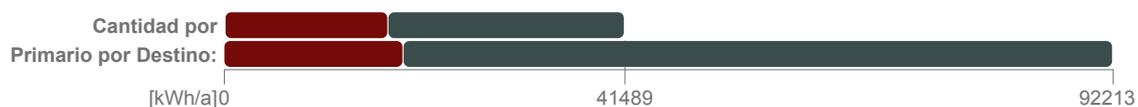
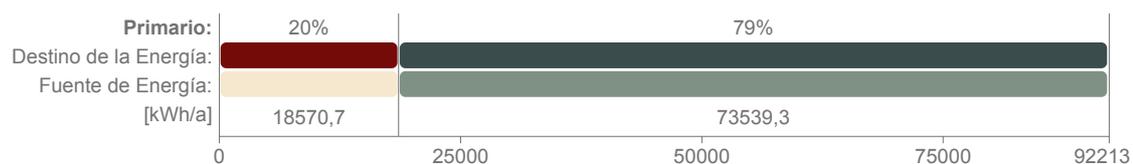
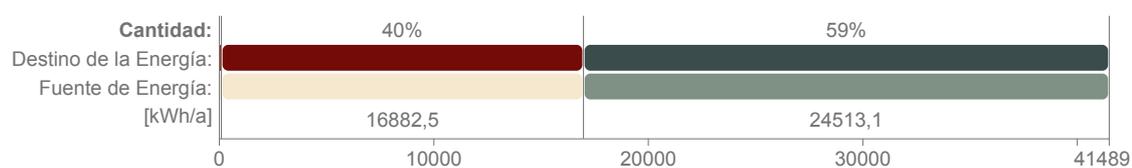
Calefacción: **0** hrs  
Refrigeración: **3654** hrs

## Evaluación del Rendimiento Energético

[Número de Proyecto] Ciudad Tiuna

### Consumo de energía por Objetivos

Nombre Destino	Energía			CO <sub>2</sub> Emisión kg/a
	Cantidad kWh/a	Primario kWh/a	Coste BS/a	
Calefacción	93	103	0	20
Refrigeración	0	0	0	0
Servicio de Agua Caliente	16882	18570	0	3646
Ventiladores	0	0	0	0
Iluminación & aparatos	24513	73539	2696	2669
<b>Total:</b>	<b>41489</b>	<b>92213</b>	<b>NA</b>	<b>6336</b>

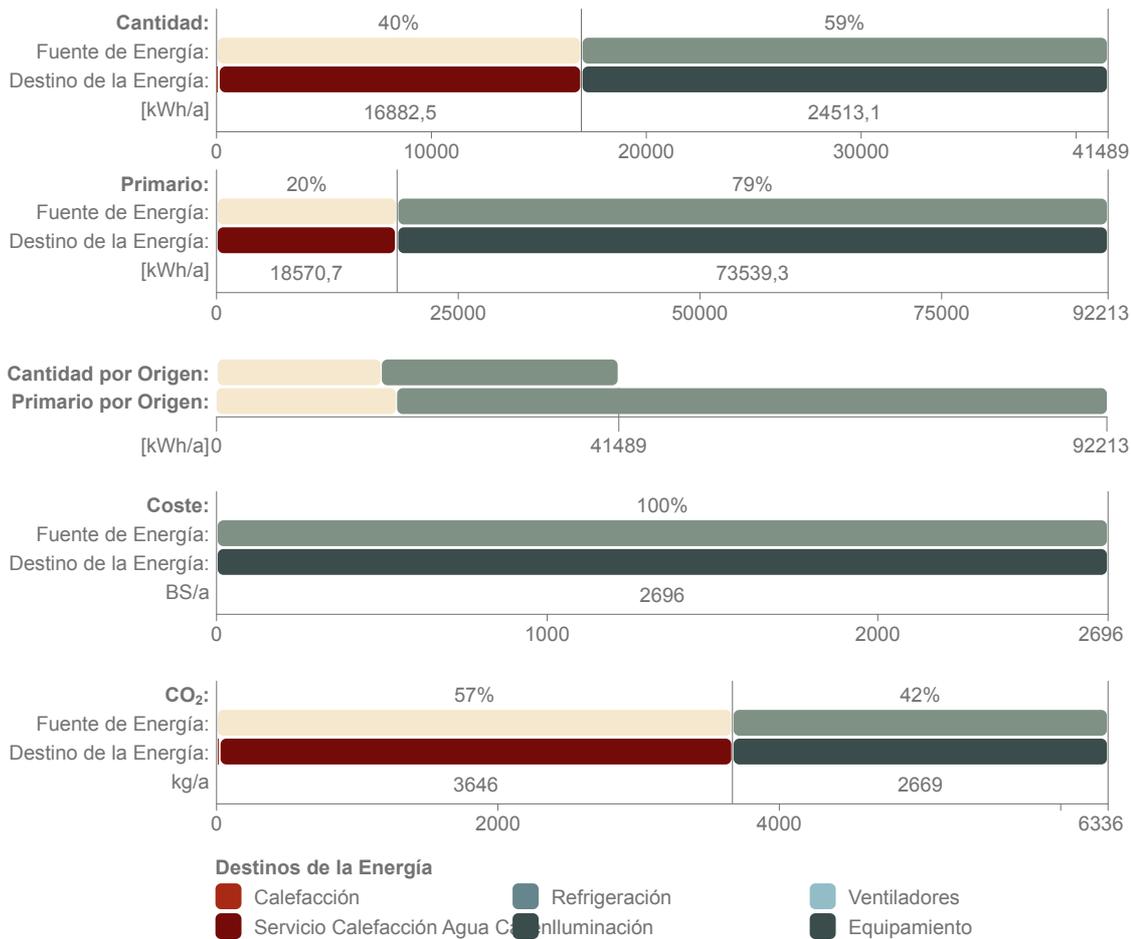


#### Fuentes de Energía

Fósil                      Secundario  
■ Gas Natural            ■ Electricidad

## Consumo de Energía por Fuentes

Tipo Fuente	Energía			Coste BS/a	Emisión CO <sub>2</sub> kg/a
	Nombre de Origen	Cantidad kWh/a	Primario kWh/a		
Fósil	Gas Natural	16976	18674	--	3666
Secundario	Electricidad	24513	73539	2696	2669
Total:		<b>41489</b>	<b>92213</b>	No aplicable	<b>6336</b>



## Impacto Medioambiental

Tipo Fuente	Nombre de Origen	Energía Primaria kWh/a	Emisión CO <sub>2</sub> kg/a
Fósil	Gas Natural	18674	3666
Secundario	Electricidad	73539	2669
Total:		<b>92213</b>	<b>6335</b>

## Mensajes de Aviso

Alertas	
Propuesta de Diseño	
1	Horas de carga no satisfechas, Refrigeración:3654

## ANEXO 3: RESULTADOS CENÁRIO MODIFICADO 2

## Evaluación del Rendimiento Energético

[Número de Proyecto] Ciudad Tiuna

## Valores Clave

## Datos generales del proyecto

Nombre Proyecto:	Ciudad Tiuna		
Ubicación Ciudad:			
Latitud:	10° 30' 0" N		
Longitud:	66° 55' 0" O		
Altitud:	847,00	m	
Origen de Datos Climáticos:	VEN_C...C.epw		
Fecha de Evaluación:	1/6/22 5:27 p. m.		

## Datos de geometría del edificio

Área bruta de la planta:	541,48	m <sup>2</sup>	
Área de Suelo Tratado:	468,27	m <sup>2</sup>	
Área del Envoltorio Exterior:	1549,21	m <sup>2</sup>	
Volumen ventilado:	1146,07	m <sup>3</sup>	
Ratio acristalamiento:	7	%	

## Datos de rendimiento de la estructura

Infiltración a 50Pa:	7,93	AAH	
----------------------	------	-----	--

## Coeficientes de transfer.

Valor U	[W/m <sup>2</sup> K]
Promedio Edificio Entero:	7,64
Pavimentos:	--
Externo:	1,21 - 16,67
Subterráneo:	--
Aberturas:	2,11 - 7,01

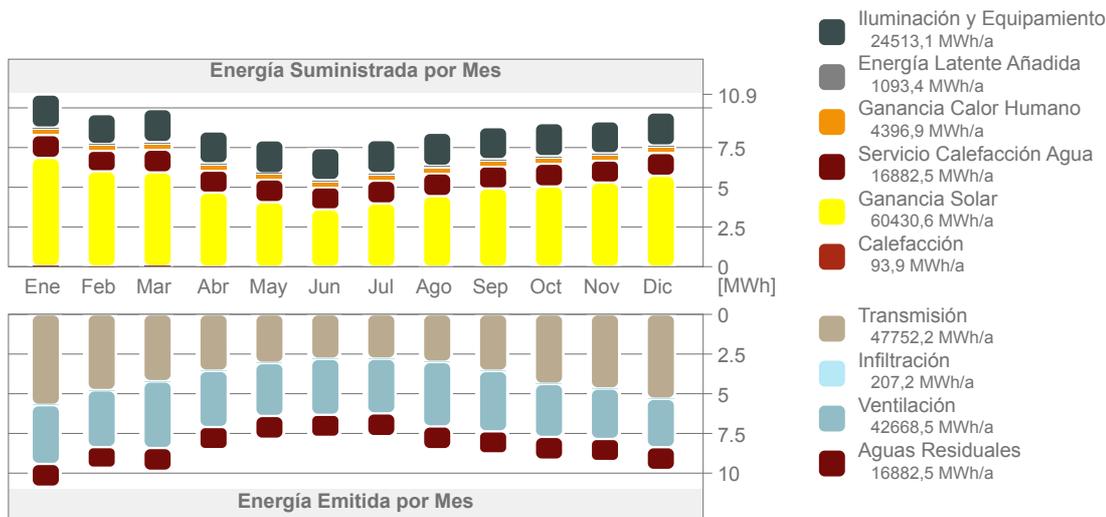
## Valores Anuales Específicos

Energía calorífica Neta:	0,20	kWh/m <sup>2</sup> a
Energía refrigerante Neta:	0,00	kWh/m <sup>2</sup> a
Energía Neta Total:	0,20	kWh/m <sup>2</sup> a
Consumo de Energía:	88,60	kWh/m <sup>2</sup> a
Consumo de Combustible:	88,60	kWh/m <sup>2</sup> a
Energía Primaria:	196,92	kWh/m <sup>2</sup> a
Coste Combustible:	--	BS/m <sup>2</sup> a
Emisión CO <sub>2</sub> :	11,46	kg/m <sup>2</sup> a

## Días-Grado

Calefacción (HDD):	0,00
Refrigeración (CDD):	5907,15

## Balance Energético del Proyecto



## Bloques Térmicos

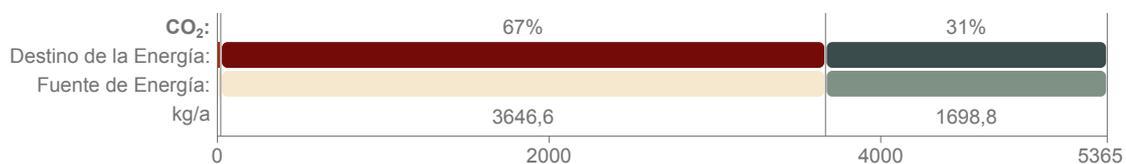
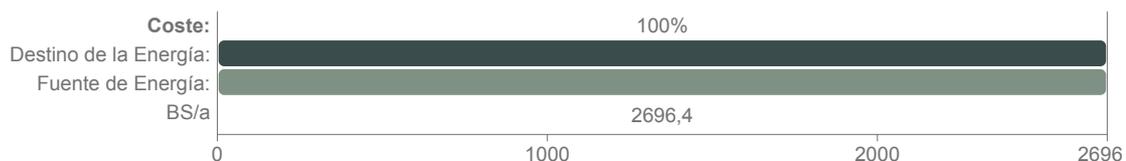
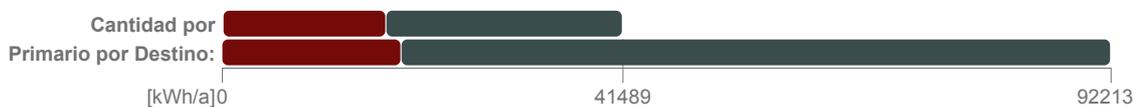
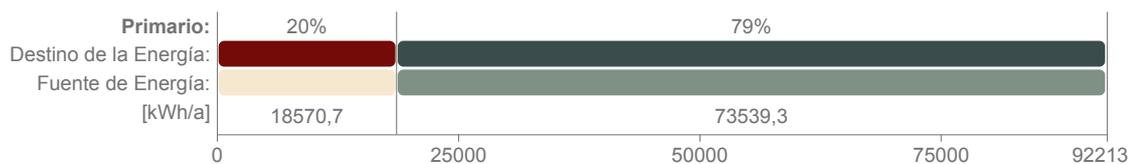
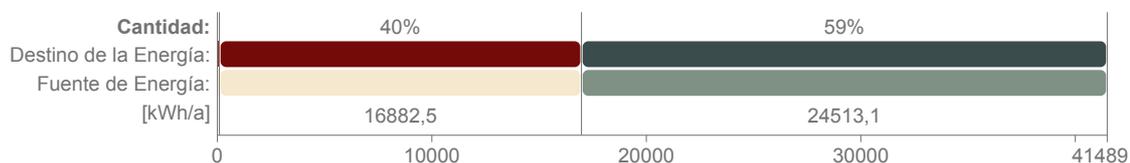
Bloque Térmico	Zonas Asignado(a)	Perfil de Operación	Área Bruta de la m <sup>2</sup>	Volumen m <sup>3</sup>
01 H-NL-BE	6	Residencial MM1	75,85	154,95
02 H-NL-CE	4	Residencial MM1	62,16	135,47
03 H-NL-CD	4	Residencial MM1	62,18	135,70
04 H-NL-BD	6	Residencial MM1	73,85	154,96
05 H-SO-BE	5	Residencial MM1	72,43	150,54
06 H-SO-CE	4	Residencial MM1	61,31	131,95
07 H-SO-CD	4	Residencial MM1	61,31	131,95
08 H-SO-BD	5	Residencial MM1	72,38	150,54
<b>Total:</b>	<b>38</b>		<b>541,48</b>	<b>1146,07</b>

## Evaluación del Rendimiento Energético

[Número de Proyecto] Ciudad Tiuna

### Consumo de energía por Objetivos

Nombre Destino	Energía			CO <sub>2</sub> Emisión kg/a
	Cantidad kWh/a	Primario kWh/a	Coste BS/a	
Calefacción	93	103	0	20
Refrigeración	0	0	0	0
Servicio de Agua Caliente	16882	18570	0	3646
Ventiladores	0	0	0	0
Iluminación & aparatos	24513	73539	2696	1698
<b>Total:</b>	<b>41489</b>	<b>92213</b>	<b>NA</b>	<b>5365</b>



#### Fuentes de Energía

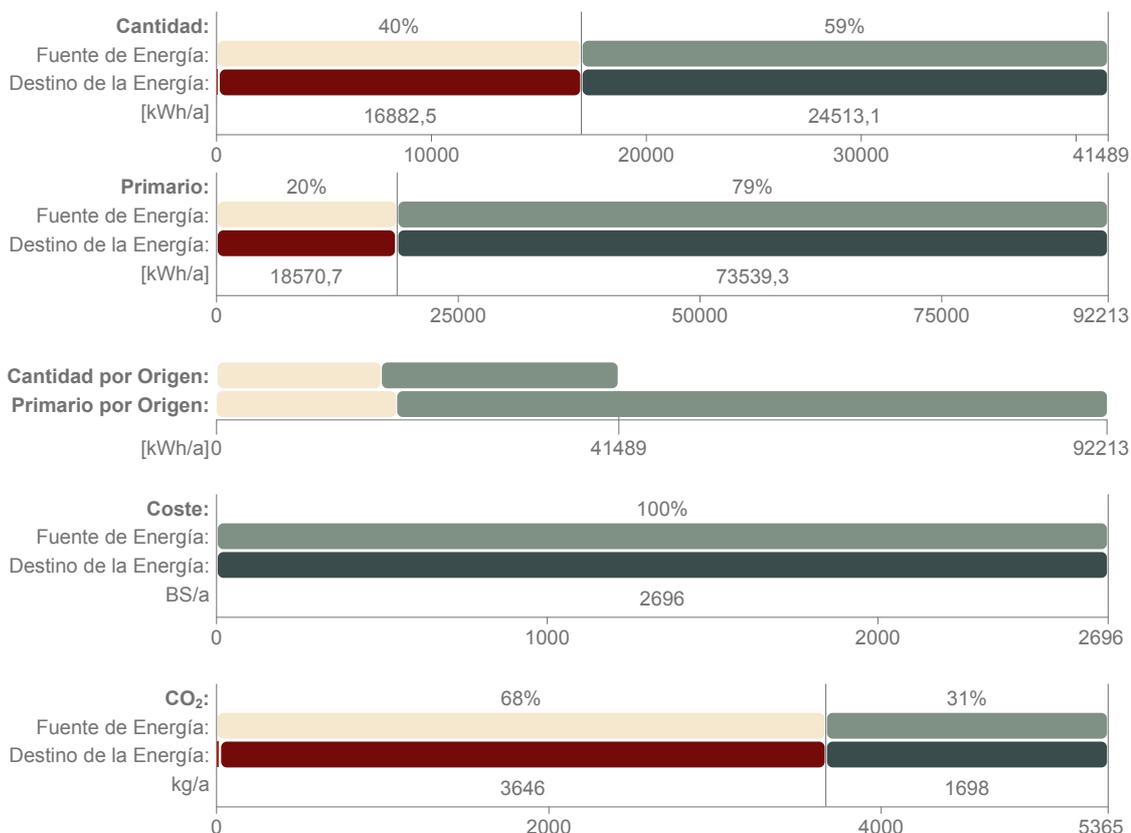
Fósil                      Secundario  
■ Gas Natural            ■ Electricidad

## Evaluación del Rendimiento Energético

[Número de Proyecto] Ciudad Tiuna

### Consumo de Energía por Fuentes

Tipo Fuente	Energía			Coste BS/a	Emisión CO <sub>2</sub> kg/a
	Nombre de Origen	Cantidad kWh/a	Primario kWh/a		
Fósil	Gas Natural	16976	18674	--	3666
Secundario	Electricidad	24513	73539	2696	1698
Total:		<b>41489</b>	<b>92213</b>	No aplicable	<b>5365</b>



#### Destinos de la Energía

- Calefacción
- Refrigeración
- Ventiladores
- Servicio Calefacción Agua Caliente
- Iluminación
- Equipamiento

### Impacto Medioambiental

Tipo Fuente	Nombre de Origen	Energía Primaria kWh/a	Emisión CO <sub>2</sub> kg/a
Fósil	Gas Natural	18674	3666
Secundario	Electricidad	73539	1698
Total:		<b>92213</b>	<b>5364</b>

**Mensajes de Aviso**

Alertas	
Propuesta de Diseño	
1	Horas de carga no satisfechas, Refrigeración:3654