

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
INSTITUTO DE ARQUITETURA, URBANISMO E DESIGN  
TRABALHO FINAL DE GRADUAÇÃO

# REPENSANDO A EDIFICAÇÃO MULTIFAMILIAR EM FORTALEZA:

A AÇÃO DO VENTO E DA SOMBRA ENQUANTO ELEMENTOS  
PROTAGONISTAS NO DESEMPENHO DO CONFORTO TÉRMICO

**DAVI PARENTE DE PONTES LIMA**  
COM ORIENTAÇÃO DA PROF. PÓS-DRA. MÁRCIA GADELHA CAVALCANTE



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
INSTITUTO DE ARQUITETURA, URBANISMO E DESIGN  
TRABALHO FINAL DE GRADUAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
como requisito parcial para a obtenção de grau  
em Bacharel em Arquitetura e Urbanismo, pela  
Universidade Federal do Ceará.

banca avaliadora

Prof. Pós-Dra. **Márcia Gadelha Cavalcante**  
orientadora

Prof. Dr. **Renan Cid Varela Leite**  
professor residente ufc

**Lucas Felício Laje**  
arquiteto convidado

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

L697r Lima, Davi Parente de Pontes.

Repensando a edificação multifamiliar : a ação do vento e da sombra enquanto elementos protagonistas no desempenho do conforto térmico / Davi Parente de Pontes Lima. – 2025.  
158 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Arquitetura e Urbanismo e Design, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Fortaleza, 2025.

Orientação: Profa. Dra. Márcia Gadelha Cavalcante.

Coorientação: Prof. Dr. Renan Cid Varela Leite.

1. Conforto térmico. 2. Projeto bioclimático. 3. Ventilação natural. I. Título.

CDD 720

---

Fortaleza

2025

## **RESUMO**

O presente trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um edifício multifamiliar que potencialize a ventilação natural como estratégia de conforto térmico e eficiência energética no clima quente e úmido. A proposição parte do princípio que o próprio desenho arquitetônico é capaz de atuar como agente promotor do aproveitamento dos ventos, demandando uma menor dependência dos sistemas artificiais de climatização. A pesquisa se fundamenta nas principais bibliografias sobre conforto térmico e no estudo do clima local, assim como a influência do entorno urbano adensado e estratégias bioclimáticas para a cidade de Fortaleza. Como produto, será desenvolvido um projeto arquitetônico à ser validado por simulações digitais de ventilação e sombreamento à título de validação do objeto proposto.

**Palavras-chaves:** Conforto térmico; Projeto bioclimático; Ventilação natural.

Fortaleza  
2025

## **ABSTRACT**

This work aims to develop a multifamily residential building that enhances natural ventilation as a strategy for thermal comfort and energy efficiency in a hot and humid climate. The proposal is based on the principle that architectural design itself can act as a driving force in harnessing the wind, reducing reliance on artificial cooling systems. The research is grounded in key literature on thermal comfort and in the study of the local climate, as well as the influence of the dense urban surroundings and bioclimatic strategies for the city of Fortaleza. As a final product, an architectural project will be developed and validated through digital simulations of ventilation and shading, serving as a means to verify the proposed design.

**Keywords:** Thermal comfort;  
Bioclimatic design; Natural  
ventilation.



## \_lista de figuras

Figura 01 - Carta Bioclimática de Givoni com TRY de Fortaleza (NPC/UFSC).....	pág. 13
Figura 02 - Energia total demandada pelas edificações no Brasil.....	pág. 21
Figura 03 - Equipamentos no consumo residencial de energia elétrica.....	pág. 23
Figura 04 - Faixas de temperatura operacional aceitáveis para espaços naturalmente condicionados.....	pág. 25
Figura 05 - Simulação de disponibilidade de luz natural em diferentes configurações de implantação.....	pág. 29
Figura 06 - Carta Bioclimática de Givoni com TRY de Fortaleza.....	pág. 32
Figura 07 - Estratégias Bioclimáticas (%) para Fortaleza.....	pág. 33
Figura 08 - Comportamento da ventilação em torno de um edifício verticalizado.....	pág. 35
Figura 09 - Influência da profundidade de uma edificação no comportamento do vento.....	pág. 36
Figura 10 - Influência da altura de uma edificação no comportamento do vento.....	pág. 36
Figura 11 - Influência da largura de uma edificação no comportamento do vento.....	pág. 36
Figura 12 - Influência da implantação perpendicular no efeito de sombra de vento.....	pág. 37
Figura 13 - Influência da implantação em zigue-zague no efeito de sombra de vento.....	pág. 37
Figura 14 - Simulação da pressão externa resultante do movimento do ar ao ir de encontro com uma edificação.....	pág. 39
Figura 15 - Movimento do ar interno à edificação e pressão externa resultante.....	pág. 40
Figura 16 - Efeito da velocidade do ar interna à edificação conforme o ângulo de incidência do vento.....	pág. 41
Figura 17 - Movimento das brisas marítimas.....	pág. 45
Figura 18 - Média total de horas de sol em Fortaleza.....	pág. 47
Figura 19 - Diagrama solar de Fortaleza com ênfase no período mais crítico do ano.....	pág. 48
Figura 20 - Gráfico da Umidade Relativa do ar de Fortaleza, referente ao ano de 2023.....	pág. 49
Figura 21 - Gráfico da Precipitação de Fortaleza, referente ao ano de 2023.....	pág. 51
Figura 22 - Gráfico da Velocidade do Fluxo de ar, referente ao ano de 2023.....	pág. 52
Figura 23 - Rosa dos Ventos - Velocidade e Direção do Ar.....	pág. 53
Figura 24 - Exemplo de mecanismo para redirecionamento do fluxo de ar.....	pág. 56
Figura 25 - Efeito do pilotis livre no fluxo de ar.....	pág. 58
Figura 26 - Influência das variáveis aberturas sobre a ventilação interna.....	pág. 59
Figura 27 - Kanchenjunga Apartment.....	pág. 60
Figura 28 - Kanchenjunga Apartment.....	pág. 61
Figura 29 - Detalhe varanda Kanchenjunga Apartment.....	pág. 62
Figura 30 - Detalhe varanda Kanchenjunga Apartment.....	pág. 62
Figura 31 - Detalhe varanda Kanchenjunga Apartment.....	pág. 62
Figura 32 - Detalhe varanda Kanchenjunga Apartment.....	pág. 62
Figura 33 - Detalhe corte Kanchenjunga Apartment.....	pág. 63
Figura 34 - Detalhe corte Kanchenjunga Apartment.....	pág. 63
Figura 35 - Detalhe corte Kanchenjunga Apartment.....	pág. 64
Figura 36 - MBF Tower.....	pág. 65
Figura 37 - MBF Tower, detalhe circulações.....	pág. 65
Figura 38 - Detalhe varandas e circulações vazadas.....	pág. 67
Figura 39 - Planta tipo com esquematização da ventilação cruzada.....	pág. 69
Figura 40 - perspectivas com esquematização da ventilação cruzada .....	pág. 68
Figura 41 - Corte demonstrativo do edifício MBF Tower demonstrando a permeabilidade do vento.....	pág. 69
Figura 42 - Fachada MBF Tower.....	pág. 70
Figura 43 - Moulmein Rise.....	pág. 71

## \_lista de figuras

Figura 44 - Esquema dinâmico de fachada .....	pág. 72
Figura 45 - Esquemática dos fluxos internos de ar.....	pág. 73
Figura 46 - Esquemática do funcionamento da esquadria “monsoon windows”.....	pág. 74
Figura 47 - Esquemática do funcionamento da esquadria “monsoon windows”.....	pág. 75
Figura 48 - Esquemática do funcionamento da esquadria “monsoon windows”.....	pág. 75
Figura 49 - Esquadria “monsoon windows”.....	pág. 76
Figura 50 - Esquema de situação do bairro.....	pág. 78
Figura 51 - Esquema de situação do terreno.....	pág. 80
Figura 52 - Mapa de situação do terreno.....	pág. 81
Figura 53 - Mapa de equipamentos acessíveis em um perímetro caminhável de até 450 metros.....	pág. 83
Figura 54 - Vista varanda da tipologia duplex B.....	pág. 86
Figura 55 - Croqui esquemático estratégia de sombreamento.....	pág. 88
Figura 56 - Imagem demonstrativa do sistema estrutural em lajes nervuradas.....	pág. 89
Figura 57 - Máscaras solares aplicadas às aberturas dos dormitórios localizados nas fachadas nascentes.....	pág. 90
Figura 58 - Máscaras solares aplicadas às aberturas dos dormitórios localizados nas fachadas poentes.....	pág. 91
Figura 59 - Simulações das zonas de pressão.....	pág. 92
Figura 60 - Simulações do comportamento do vento.....	pág. 93
Figura 61 - Mapa de altura das edificações.1.....	pág. 94
Figura 62 - Elevação do entorno com simulação do comportamento do vento em corte.....	pág. 94
Figura 63 - Vista térrea acesso edifício.....	pág. 103
Figura 64 - Vista térrea acesso compartilhado do edifício.....	pág. 105
Figura 65 - Ampliação das fachadas à leste desencontradas.....	pág. 107
Figura 66 - Vista sudoeste.....	pág. 103
Figura 67 - Vista ampliada do detalhe de inclinação da torre.....	pág. 109
Figura 68 - Vista ampliada detalhe pé direito duplo e triplo vazio para passagem do ar.....	pág. 110
Figura 69 - Vista recepção compartilhada pelas torres.....	pág. 111
Figura 70 - Vista pátio externo entre torres.....	pág. 112
Figura 71 - Vista atalho recepção e salão de festas Imagem elaborada pelo autor.....	pág. 113
Figura 72 - Vista acesso torre Nordeste.....	pág. 114
Figura 73 - Vista praça de convivência lateral à entrada detalhe acesso.....	pág. 115
Figura 74 - Vista praça de convivência lateral à entrada.....	pág. 116
Figura 75 - Vista parquinho, pet place e praça de convivência.....	pág. 117
Figura 76 - Vista conexão piscina e praça.....	pág. 118
Figura 77 - Vista espaço externo salão de festas.....	pág. 119
Figura 78 - Vista espaço externo churrasqueira.....	pág. 120
Figura 79 - Vista piscina.....	pág. 121
Figura 80 - Detalhe banco conectando os ambientes.....	pág. 122
Figura 81 - Vista mezanino / passarela entre torres.....	pág. 123
Figura 82 - Vista mezanino / passarela entre torres sentido oposto.....	pág. 124
Figura 83 - Vista fachada Norte.....	pág. 125
Figura 84 - Vista fachada Sul.....	pág. 126
Figura 85 - Vista fachada Leste.....	pág. 127
Figura 86 - Vista fachada Oeste.....	pág. 128

## \_lista de tabelas

Tabela 01 - Parâmetros urbanísticos.....	pág. 84
Tabela 02 - Adequação de usos.....	pág. 84
Tabela 03 - Lei Complementar N° 236 de 11 de Agosto de 2017.....	pág. 85
Tabela 04 - Quadro de áreas .....	pág. 130

<b>Resumo.....</b>	<b>pág. 05</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>pág. 06</b>
<b>Lista de Figuras.....</b>	<b>pág. 07</b>
<b>Lista de Tabelas.....</b>	<b>pág. 08</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>pág. 12</b>
1.1 Apresentação do tema.....	pág. 12
1.2 Justificativa.....	pág. 14
1.3 Objetivos.....	pág. 15
1.4 Metodologia.....	pág. 15
<b>2 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E O AMBIENTE CONSTRUÍDO.....</b>	<b>pág. 17</b>
2.1 Desenvolvimento sustentável e seus desafios no ambiente construído.....	pág. 17
2.2 Problemática associada ao conjunto do ambiente urbano construído.....	pág. 19
2.3 Consumo energético associado às edificações de uso residencial.....	pág. 21
<b>3 CONFORTO TÉRMICO.....</b>	<b>pág. 24</b>
3.1 Conceito de conforto térmico e seus índices.....	pág. 24
3.1.1 Conforto térmico em Fortaleza.....	pág. 26
3.2 Sol e desconforto.....	pág. 27
3.3 Incidência solar no cenário da cidade.....	pág. 28
<b>4 VENTILAÇÃO NATURAL .....</b>	<b>pág. 31</b>
4.1 Vento e o conforto.....	pág. 31
4.2 Fluxo de ar na escala da cidade.....	pág. 34
4.3 Fluxo de ar na escala do edifício.....	pág. 39
<b>5 DIRETRIZES DE PROJETO BIOCLIMÁTICO PARA FORTALEZA.....</b>	<b>pág. 43</b>
5.1 Macroclima de Fortaleza.....	pág. 43
5.2 Microclima urbano.....	pág. 54
5.3 Diretrizes projetuais para Fortaleza.....	pág. 55
<b>6 REFERÊNCIAS PROJETUAIS.....</b>	<b>pág. 60</b>
6.1 Kanchenjunga Apartment.....	pág. 59
6.2 MBF Tower.....	pág. 65
6.3 Moulmein Rise.....	pág. 71
<b>7 CONSIDERAÇÕES PARCIAIS.....</b>	<b>pág. 77</b>
<b>8 DIAGNÓSTICO DA ÁREA.....</b>	<b>pág. 78</b>
8.1 O Bairro.....	pág. 78
8.2 O Terreno.....	pág. 80
8.3 Parâmetros urbanísticos.....	pág. 84
<b>9 ANTEPROJETO.....</b>	<b>pág. 86</b>
<b>10 CONCLUSÃO.....</b>	<b>pág. 155</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>pág. 156</b>

# 01 \_Introdução

## 1.1 Apresentação do tema

As crescentes preocupações globais com as mudanças climáticas tiveram um significativo marco no início da década de 1970 desencadeando uma necessidade de revisão das práticas de consumo energético dependente de combustíveis fósseis. Desde então, estudos como os do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), vem evidenciando e fornecendo dados científicos sobre o papel central dos padrões de consumo das cidades na contribuição direta com o aquecimento global, tendo em vista a significativa emissão de gases de efeito estufa.

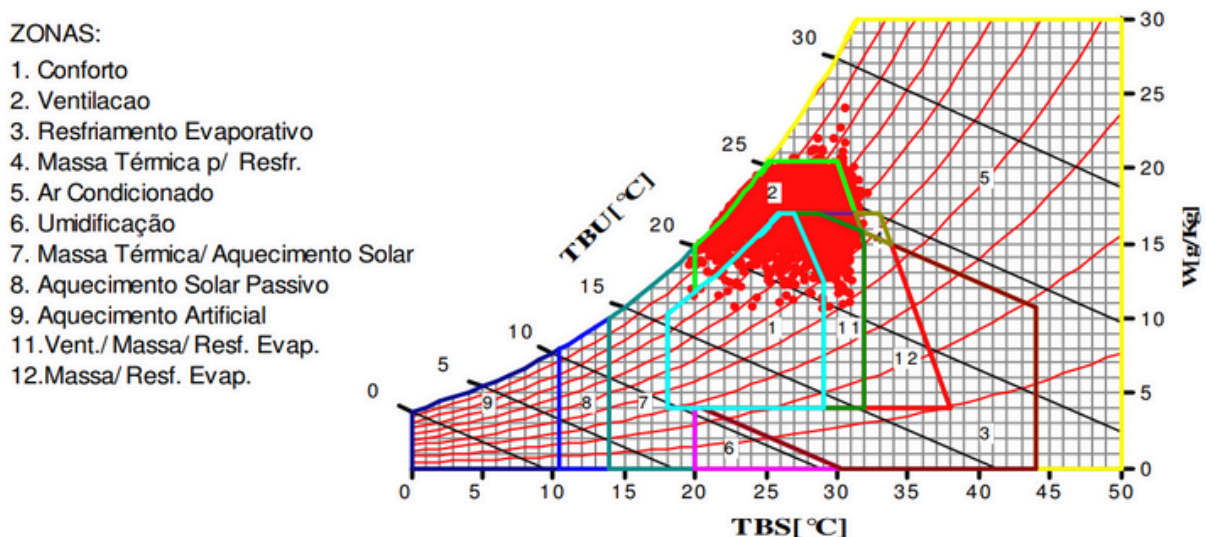
Ainda sob essa perspectiva, a Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), por meio do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 11 - direcionado ao desenvolvimento de cidades e comunidades sustentáveis - reforça a importância da transformação das cidades em espaços que respondam aos desafios das mudanças climáticas. Dessa forma, a concepção de edificações que se fundamentam a partir do uso inteligente dos recursos naturais surge como uma importante estratégia de redução do consumo energético e seus consequentes efeitos sobre o globo.

Assim, o presente Trabalho de Conclusão de Curso surge da convergência entre o conhecimento acadêmico adquirido ao longo de minha formação no Curso de Arquitetura e Urbanismo, da necessidade de criar edificações que se beneficiem dos recursos naturais e de minha experiência pessoal de habitar em um edifício multifamiliar com insuficiente conforto térmico.

Essa percepção se fundamenta no contexto climático da cidade de Fortaleza, uma região de clima tropical quente úmido, com temperatura média anual de 26.7 °C (ClimateData, 2021), na qual as altas taxas de insolação e altas temperaturas resultam do fato de sua baixa localização latitudinal (Moura, 2010).

# 01 \_Introdução

Sob esse viés, a “Carta Bioclimática de Givoni” (Figura 01) da década de 1970 aponta para a variável “velocidade do vento” como o fator 85% responsável na obtenção de conforto térmico para a região em questão. Contudo, apesar de assumir esse papel majoritário, também é o elemento mais prejudicado em detrimento do grau de urbanização, resultando, em Fortaleza, uma redução aproximada de 50% dessa variável nos setores mais urbanizados (Moura, 2010).



**Figura 01** - Carta Bioclimática de Givoni com TRY de Fortaleza (NPC/UFSC).  
Fonte: LabEEE-NPC UFSC, 1998.

# 01 \_Introdução

Por isso, o Trabalho de Conclusão de Curso em questão procura abordar a adaptação da arquitetura ao contexto urbano tendo em vista o relevante aumento de desconforto promovido pelo fator urbanização; no qual os desafios climáticos se intensificam e o planejamento arquitetônico muitas vezes negligencia o aproveitamento dos recursos naturais como solução, resultando em um recorrente uso de meios ativos de condicionamento térmico. Assim, se propõe uma nova forma de pensar o edifício multifamiliar vertical na cidade de Fortaleza tendo como o elemento norteador a apropriação do vento na promoção de conforto térmico e redução do consumo energético.

## 1.2 Justificativa

O tema se justifica na necessidade de projetar uma solução arquitetônica que responda às condições de conforto climático em Fortaleza por meio da ventilação, tendo em vista o papel primordial do fluxo de ar no que tange a qualidade ambiental interna das edificações situadas em locais de alta temperatura (Givoni, 1969).

Nesse sentido, o tema se fundamenta em uma motivação pessoal de responder a uma carência projetual recorrentemente observada em edifícios verticais e residenciais situados em contextos de adensamento urbano; a ventilação. O edifício em que habito, apesar de estar voltado para a ventilação predominante de Fortaleza e, também, livre de grandes interferências físicas que poderiam bloquear sua plena incidência, possui os interiores das unidades habitacionais carentes de um adequado fluxo de ar. Essa situação evidencia que apenas uma boa orientação não garante a eficiência de um projeto arquitetônico, sendo necessário que se tenha uma circulação cruzada do ar, conforme aprendi em minha graduação em Arquitetura.

Dessa forma, constatei, que a redução da variável “corrente de ar” aumenta tanto o desconforto interno das edificações quanto a necessidade do uso de estratégias ativas de condicionamento artificial e, conseqüentemente, o consumo energético.

# 01 \_Introdução

Por isso, se justifica a necessidade de estudar, refletir e aplicar estratégias que correlacionam o projeto da edificação com a captação do vento em benefício do conforto em edifícios multifamiliares verticais em áreas urbanas, promovendo uma abordagem sustentável pautada no uso inteligente dos recursos naturais disponíveis.

## 1.3 Objetivos

O Trabalho de Conclusão de Curso em questão objetiva potencializar a performance da ventilação natural como uma estratégia de conforto térmico e redução do consumo energético em um edifício multifamiliar e vertical de apartamentos. Para isso, se pretende tirar partido do desenho da edificação como o elemento promotor do aproveitamento da ventilação natural, respondendo de forma eficiente a permeabilidade do fluxo de ar. Para isso, se estabelecem os seguintes objetivos específicos;

- Executar uma análise do clima local de Fortaleza;
- Estudar as principais bibliografias referentes ao conforto térmico, sobretudo, em regiões de clima similar ao de Fortaleza.
- Estudar as potenciais estratégias arquitetônicas passivas de conforto térmico;
- Simular as interferências do entorno sobre o terreno e a edificação, por meio dos softwares Flow Design e Ecotech.

## 1.4 Metodologia

O trabalho será conduzido a partir da análise inicial da relação existente entre o consumo energético das edificações residenciais em benefício do conforto térmico, considerando a importância desse fator para a qualidade e sustentabilidade ambiental e urbana.

# 01 \_Introdução

Em seguida, a conceitualização do conforto térmico será analisada com o objetivo de aprofundar o entendimento acerca dos fatores que influenciam as condições térmicas das edificações, considerando variáveis como ventilação, umidade, radiação solar, entre outros. A título de embasamento, será realizado um levantamento das principais bibliografias relacionadas ao conforto térmico, sobretudo, em edificações situadas em condições climáticas iguais ou similares as de Fortaleza, permitindo a compreensão dos conceitos fundamentais e dos elementos que promovem tanto o conforto quanto o desconforto térmico no interior das mesmas.

Depois, será estudada a interferência do cenário urbano adensado no desempenho térmico e energético das edificações, elencando como a configuração do entorno construído pode impactar na ventilação natural e na dissipação de calor. Feito isso, será aprofundado o estudo do vento como elemento protagonista na promoção do conforto térmico e da eficiência energética a partir de seu papel no resfriamento passivo das edificações e na redução da dependência de sistemas artificiais de climatização.

Por conseguinte, será realizada a contextualização das características climáticas de Fortaleza, destacando suas particularidades enquanto cidade de clima tropical quente e úmido. Em seguida, serão elencadas as principais estratégias projetuais e diretrizes arquitetônicas para um projeto bioclimático adaptado para a região.

Por fim, a partir do embasamento teórico e projetual referencial coletado, será desenvolvido um projeto arquitetônico da tipologia residencial multifamiliar adaptado ao contexto urbano de Fortaleza por meio das premissas de aproveitamento do vento e proteção contra a excessiva incidência solar, incorporando estratégias projetuais bioclimáticas que otimizem o desempenho térmico e energético da edificação proposta. Para comprovar os resultados obtidos, serão utilizados os softwares Flow Design e Ecotech, a título de análise do comportamento do vento e do sombreamento obtido, respectivamente.

## 02 \_Desenvolvimento sustentável e o ambiente construído

### 2.1. Desenvolvimento Sustentável e seus desafios no ambiente construído

Até o século XIX, a relação entre o homem e a natureza se pautava na exploração predatória e ilimitada dos recursos naturais em benefício do progresso econômico. Essa prática exploratória se intensificou a partir da Primeira Revolução Industrial, na qual o uso dos recursos naturais aumentou para acompanhar o novo ritmo acelerado de produção e consumo de massa. Até então, a matriz energética que provia o funcionamento do maquinário fabril era oriunda da queima do carvão, ocasionando apenas pequenos impactos perceptíveis na escala local. Em 1859, em Titusville, na Pensilvânia, a perfuração do primeiro poço petrolífero marcou o início da utilização do petróleo como matriz energética. Essa mudança intensificou o modelo de produção em vigor e criou uma realidade de maior impacto sobre o meio ambiente, escalonando a percepção de dano para além do entorno imediato.

Assim, apesar dos inúmeros e inquestionáveis avanços conquistados, a exploração desmedida dos recursos naturais em prol da produção e do consumo em massa colocou em pauta a capacidade de sustentação desse cenário a longo prazo pelo planeta. Dessa forma, a partir da década de 70 surgem diversos eventos a favor de políticas em benefício da preservação ambiental (Zambrano, 2008). Nesse contexto, o conceito de Desenvolvimento Sustentável é apresentado pelo Relatório de Brundtland, ou “Nosso Futuro Comum”, representando um importante marco que pré estabelece uma série de noções no que diz respeito à proteção do meio, se configurando como um importante instrumento que, até hoje, fundamenta e norteia políticas de planejamento consciente em diversos países.

Segundo o Relatório de Brundtland, as bases para um desenvolvimento que se sustente a longo prazo, ou seja, que o planeta seja capaz de atender a demanda para as atuais e futuras gerações, necessitam de uma abordagem que equilibre a eficácia econômica, a igualdade social e o respeito ao meio ambiente (ONU, 1991).

## 02 \_Desenvolvimento sustentável e o ambiente construído

Nesse sentido, a Agenda 2030, ao estabelecer os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), alinha-se diretamente com as perspectivas e pilares introduzidos pelo relatório e expande suas diretrizes para estabelecer 17 metas concretas de abordagem aos desafios globais. Entre os ODS, o Objetivo 11 - “Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis” (ONU; Agenda 2030, 2015, p.20) - se destaca como elemento crucial para a aplicação do conceito de sustentabilidade dentro do recorte temático do presente trabalho.

O ODS 11 aborda os desafios existentes no cenário urbano, como o déficit habitacional, o crescimento desordenado, a vulnerabilidade a desastres climáticos e consumo desenfreado dos recursos ambientais. Dentre esses, se ressalta a relevância do consumo energético, especialmente no setor atrelado às edificações, que, segundo dados do Balanço Energético Nacional de 2024 (BEN), é responsável pelo uso de 47% da eletricidade total do país. Dentro desse segmento, o setor residencial liderou no ano analisado, representando 58% desse consumo. Parte significativa dessa demanda está associada aos equipamentos de condicionamento térmico, os quais, no ranking de consumo energético dos domicílios, só perdem para a geladeira - equipamento de uso essencial para a conservação de alimentos. Entretanto, diferentemente da refrigeração, o conforto térmico pode ser promovido de forma mais sustentável, aproveitando-se de recursos naturais, como a ventilação cruzada e o sombreamento passivo.

Assim, o desenho arquitetônico se apresenta como uma ferramenta estratégica e necessária para a mitigação do consumo energético, ao passo que promove edificações mais eficientes, adaptadas ao seu contexto climático e alinhadas com as diretrizes de sustentabilidade urbana estabelecidas pela Agenda 2030 (ONU; Agenda 2030, 2015).

## 02 \_Desenvolvimento sustentável e o ambiente construído

### **2.2. Problemática associada ao conjunto do ambiente urbano construído**

O processo de urbanização acelerado, típico de países em desenvolvimento tardio como o Brasil, resultou em cidades marcadas por significativos desafios socioespaciais. Esse movimento, marcado por massivas migrações do campo para a cidade e crescimento populacional em ritmo mais rápido que o desenvolvimento da infraestrutura urbana, originou uma série de problemas relacionados à qualidade de vida e equilíbrio ambiental.

O Relatório de Brundtland já alertava, ainda em 1987, que as tendências de urbanização para a virada do século XX para o XXI exigiram um aumento de 65% na capacidade dos serviços de infraestrutura e habitação apenas a título de manutenção das condições então vigentes (ONU; Comissão de Brundtland, 1987). Contudo, em contextos marcados por incertezas econômicas e ausência de planejamento, como no Brasil, o desenvolvimento das cidades aconteceu de maneira insustentável, acentuando os impactos sobre o meio ambiente e favorecendo problemas como a poluição do ar e do solo, a destruição de ecossistemas e a intensificação das mudanças climáticas.

Entre os efeitos desse processo de urbanização desordenado se destaca a alteração do microclima urbano. A impermeabilização dos solos, a ocupação desordenada, a redução das áreas verdes de escoamento e o adensamento vertical favorecem a formação das ilhas de calor urbanas. Dessa forma, a temperatura média nas cidades se eleva, a velocidade dos ventos é reduzida e a temperatura radiante e a umidade relativa do ar sofrem consideráveis alterações - variáveis essas cruciais para o conforto térmico.

Esse contexto de desequilíbrio impacta diretamente na qualidade do ambiente urbano e nos padrões de consumo energético, exigindo maior uso de sistemas artificiais de condicionamento térmico.

## 02 \_Desenvolvimento sustentável e o ambiente construído

Assim, o consumo energético das edificações, sobretudo nas residências situadas em locais de clima quente e úmido, se eleva consideravelmente.

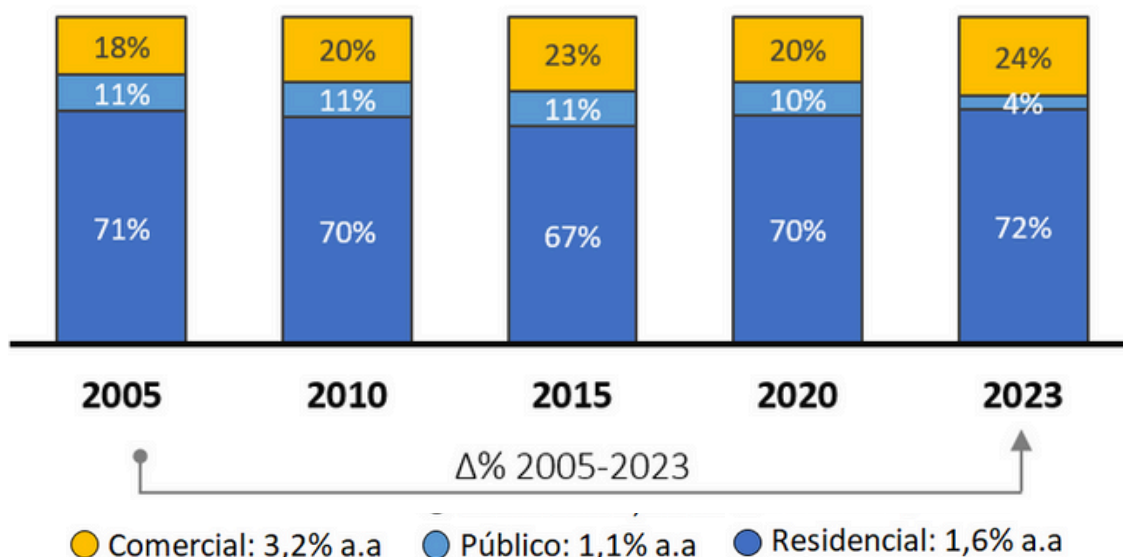
Por isso, a necessidade de estratégias urbanas que equilibrem o crescimento da cidade e a prática sustentável foram reforçadas por instrumentos como a Agenda 21, elaborada na conferência Rio 92, e a “Cidades Sustentáveis”, consolidada na Conferência Habitat II em 1996 em Istambul. Assim, a promoção de cidades empáticas, com planejamento inteligente do uso do solo e com abundância de espaços verdes e ventilados se tornam estratégias fundamentais para a redução dos efeitos climáticos e, conseqüentemente, da dependência de soluções de climatização artificial.

Nesse sentido, a compreensão da ação transformadora que o espaço urbano gera no microclima é essencial no que diz respeito ao entendimento das condições térmicas e de desempenho energético das edificações. É sob essa perspectiva que Moura et al. (2010) afirma a importância das variáveis intra urbanas como; densidade construtiva, altura dos edifícios, presença de áreas verdes e orientação dos ventos enquanto parâmetros fundamentais ao entendimento do clima das cidades. Assim, o redesenho dos ambientes construídos em benefício da eficiência térmica e energética se alinha diretamente aos princípios de desenvolvimento sustentável, sendo, por isso, condição sine qua non para a busca por cidades mais sustentáveis.

## 02 \_Desenvolvimento sustentável e o ambiente construído

### 2.3. Consumo energético associado às edificações de uso residencial

Segundo o Balanço Energético Nacional (BEN) de 2024, dentre os usos de energia elétrica do Brasil, o consumo energético das edificações representou a maior porcentagem relativa, totalizando 47,6% do total consumido no ano base de 2023. No mesmo período, o setor residencial apresentou o maior crescimento percentual absoluto quando comparado às demais modalidades, totalizando um aumento de 14,1 TWh (+9,1%) em comparação ao ano referencial de 2022.



**Figura 02** - Energia total demandada pelas edificações no Brasil.  
Fonte: EPE 2024.

## 02 \_Desenvolvimento sustentável e o ambiente construído

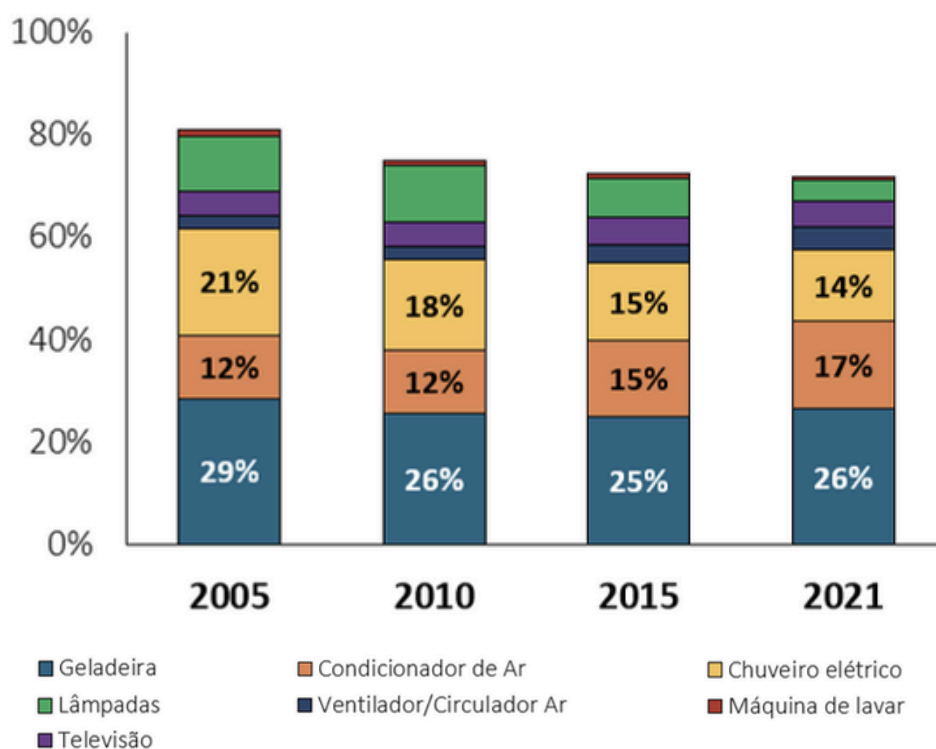
Essa situação ainda se agrava haja vista a tendência do aumento do consumo de energia elétrica em acompanhar o crescimento do PIB nacional, sendo um reflexo consequente das mudanças nas práticas de consumo estimuladas pelo desenvolvimento econômico e aumento do poder aquisitivo (Leite, 2015). Esse padrão de consumo energético está também diretamente atrelado ao clima em que se insere e às características construtivas das edificações. Na realidade de Fortaleza, uma cidade situada em uma região de clima quente e úmido, um uso majoritário de sistemas artificiais de condicionamento térmico acontece em benefício do resfriamento interno, conforme a ser observado nos dados da figura 03, consequentemente aumentando o consumo de energia (IPCC, 2013; Givoni,1969).

Por isso, é válido ressaltar que, no contexto de Fortaleza, os ganhos de calor associados às edificações de uso residencial tem sua mais relevante incidência atrelada ao aumento da energia térmica proveniente da radiação solar, sendo esse o fator determinante do perfil de consumo energético das edificações. Sob essa perspectiva, a adequação do desenho arquitetônico às condições climáticas em Fortaleza assume um papel fundamental no que diz respeito à promoção do conforto térmico, sobretudo, com ênfase dada à potencialização do sombreamento e da ventilação natural (Givoni, 1969).

Assim, tendo em vista maior participação do setor residencial no panorama de consumo energético nacional referente ao uso das edificações (Figura 03), as preocupações acerca do desempenho dos edifícios se tornam cada vez mais relevantes. Dessa Forma, reafirmando a importância do desenho arquitetônico, o relatório do IPCC de 2007 elencou o uso energético do setor residencial como aquele com o maior potencial de redução, sobretudo a partir de uma nova forma de pensar as edificações priorizando os meios passivos de condicionamento em detrimento do uso de sistemas artificiais.

## 02 \_Desenvolvimento sustentável e o ambiente construído

Segundo o gráfico a seguir, no Brasil, o consumo percentual de aparelhos de condicionamento artificial só perde para a geladeira. Tendo em vista a impossibilidade de redução do uso deste eletrodoméstico - essencial à preservação dos alimentos -, a busca por estratégias arquitetônicas que reduzam a necessidade do uso de ar condicionado se enquadra como um dos principais instrumentos aliados à redução do consumo energético.



**Figura 03** - Equipamentos no consumo residencial de energia elétrica.  
Fonte: Atlas da Eficiência Energética | Brasil, 2024. (ADAPTADO)

# 03 \_Conforto térmico

## 3.1. Conceito de conforto térmico e seus índices

O homem, mamífero de sangue quente, assume o papel ativo de manutenção de sua temperatura corporal frente às variações externas, mecanismo fisiológico este desempenhado pelo metabolismo e conhecido como homeostase. A perda ou ganho de calor sob o corpo humano depende diretamente da vestimenta, das atividades desempenhadas e das condições climáticas que o ambiente externo se encontra. Sobre esse viés, a condição de conforto térmico se estabelece, na maioria das vezes, no estado de equilíbrio térmico entre a temperatura do corpo e do ambiente externo, tendo em vista a menor necessidade de esforço ativo do metabolismo na regulação da temperatura corporal nessa situação (Cavalcante, 2000).

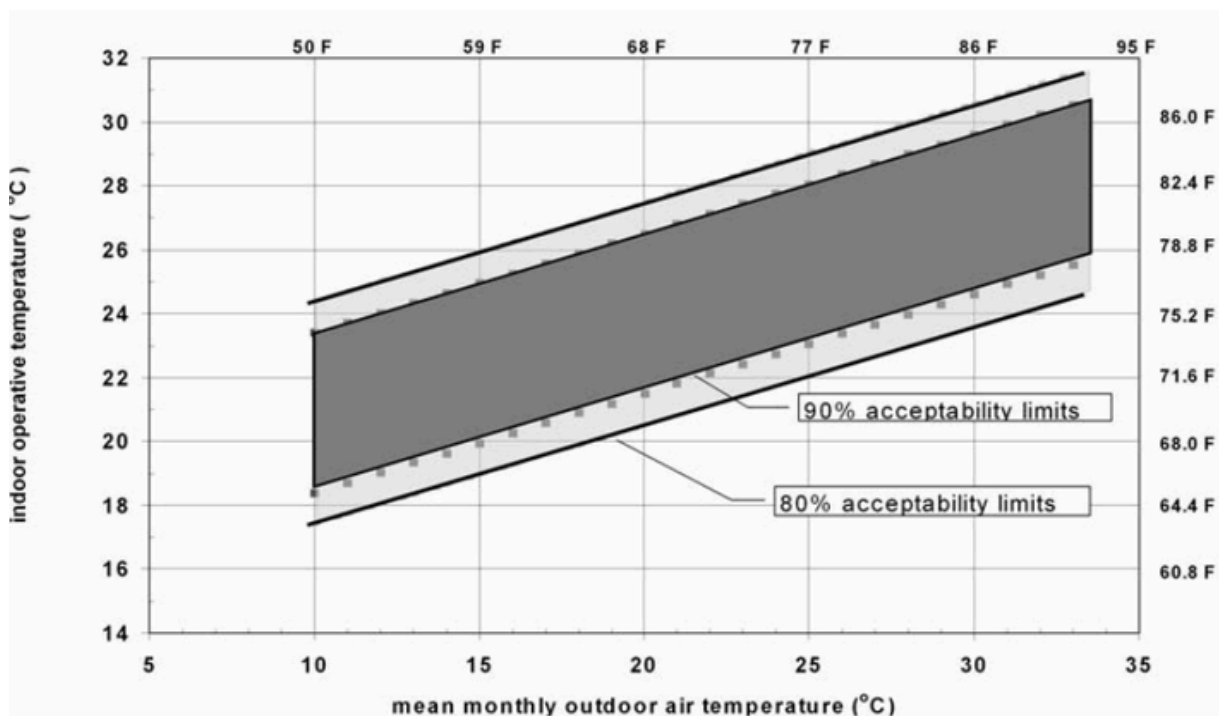
Moura et al (2010) ressalta que o estudo do conforto térmico pode ser observado a partir de índices de diferentes naturezas, dentre eles se destacam os de:

- **Caráter biológico:** se fundamenta nas trocas de calor entre o corpo e o ambiente, relacionando os elementos do equilíbrio térmico com os processos de troca de calor que o altera;
- **Caráter fisiológico:** se baseia nas reações de origem fisiológicas do corpo diante de condições externas, como a temperatura seca do ar, a temperatura média radiante, a umidade do ar e a velocidade do ar;
- **Caráter subjetivo:** diz respeito às percepções individuais e subjetivas de conforto térmico.

Assim, dentre as mais diversas escalas e índices de conforto térmico que relacionam as condições ambientais de construção e de representação geográfica, as mais comumente utilizadas são a Carta Bioclimática de Olgay de 1952, o índice de Temperatura Efetiva de Yaglow e Hughtem de 1923, a “Carta Bioclimática de Givoni” de 1970 e a Escala do Conforto Térmico de Hagner (Moura et al, 2010).

## 03\_Conforto térmico

Contudo, em locais de clima quente e úmido e de condições naturalmente ventiladas, o modelo que melhor se adequa é o adaptativo da ASHRAE 55, que considera uma maior aceitabilidade das variações de temperatura externa dos usuários, tendo em vista a interação da ventilação natural com a variação de temperatura.



O gráfico demonstra a maior aceitabilidade dos usuários de ambientes naturalmente ventilados às variações de temperatura externa.

**Figura 04** - Faixas de temperatura operacional aceitáveis para espaços naturalmente condicionados.  
Fonte: ASHRAE (2004).

## 03 \_Conforto térmico

### 3.1.1. Conforto térmico em Fortaleza

O Índice de Conforto Equatorial (ICE), desenvolvido em 1960 na Singapura por Webb, elenca a importância das variáveis temperatura do ar, velocidade do fluxo de ar e umidade do ar como determinantes do conforto térmico. Apesar de simplificado, o índice ainda destaca a relevância do resfriamento proporcionado pelo movimento do ar nessas regiões (Webb, 1960).

No cenário urbano construído, o impacto da urbanização reflete em uma redução de até 50% da velocidade de fluxo de ar, sobretudo nas áreas de maior densidade construtiva. Dessa forma, tendo em vista o inconstante e imprevisível comportamento das variáveis naturais, a norma ASHRAE 55 (2004) também assume um relevante papel de representatividade do conforto térmico no clima quente e úmido.

O instrumento em questão toma por base as variáveis adaptativas de De Dear & Brager (1998), adotando uma metodologia específica para o tratamento de edifícios naturalmente ventilados em regiões com temperatura entre 10°C e 33,5°C. Essa abordagem tem por objetivo a incorporação do ar - e sua variável aumento da velocidade - como fator primário no conforto térmico adaptativo, promovendo, assim, edificações energeticamente mais eficientes e sustentáveis (Da Dear, 2001).

Nesse sentido, a ASHRAE 55 não só reitera o ICE, mas também é o que melhor representa as variáveis climáticas para o conforto para a cidade de Fortaleza ao considerar uma variável maior de fatores pessoais e ambientais - temperatura, radiação térmica, umidade, velocidade do ar, nível de atividade (taxa metabólica) e vestimenta dos ocupantes (grau de isolamento) -, reafirmando a importância do sombreamento e ventilação para tal (ISO 7243, 2017).

## 03 \_Conforto térmico

### 3.2. Sol e desconforto

Em regiões de clima tropical, o sol se comporta como a principal fonte de ganho de calor nas edificações. Esse processo acontece primordialmente por meio da temperatura radiante, proveniente da sua incidência sobre as superfícies da fachada que irradiam ao interior do edifício. Assim, a temperatura das faces se elevam de forma proporcional a quantidade de energia incidente (Givoni, 1969). Leite (2015) ressalta que o fluxo de carga térmica absorvida está diretamente associado às características termodinâmicas dos materiais construtivos, a cor das superfícies de fachada e a orientação de incidência dos raios solares.

Uma vez exposta à energia solar, seja direta ou indireta, a edificação entra em um processo de inércia térmica, que se comporta como um gradual armazenamento de calor - no formato de energia térmica - ao longo do tempo e, ou, exposição. Esse fenômeno explica o fato das edificações comumente apresentarem temperaturas mais elevadas no final do dia, sobretudo nas fachadas a oeste, tendo em vista seu potencial maior tempo de exposição em detrimento do pôr do sol. Em seguida, o calor absorvido pela edificação é irradiado ao ambiente interno no formato de carga térmica.

A carga térmica interna se acentua em regiões de clima tropical quente e comumente resulta em um aumento da temperatura interna superior aos limites benéficos ao conforto térmico. Dessa forma, conforme será visto no capítulo 4, estratégias de ventilação, somadas à redução à exposição solar, assumem um papel primordial na retirada ou equilíbrio dessa carga, reduzindo o ganho de calor (Givoni, 1969).

## 03 \_Conforto térmico

### 3.3. Incidência solar no cenário da cidade

Cenários urbanos verticalmente adensados tendem a impedir a plena incidência solar direta nas fachadas em virtude do efeito de sombra de uma edificação sobre a outra. Tendo em vista o relevante papel da radiação solar no superaquecimento das edificações, esse cenário aponta para uma nova perspectiva de aproveitamento do sombreamento do entorno no processo de planejamento arquitetônico enquanto estratégia positiva para a performance térmica das edificações, melhorando, conseqüentemente, o desempenho energético dos edifícios.

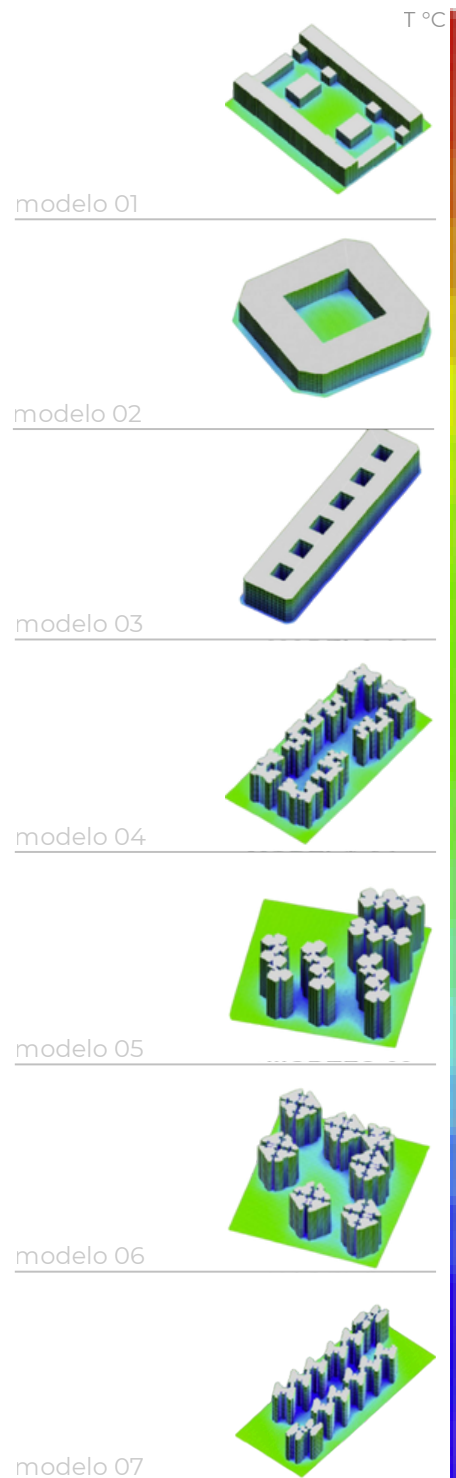
Sob esse viés, contudo, é pertinente ressaltar a importância da variável iluminação no interior do edifício. O “fator visão de céu”, referenciado por Leite (2015), também se enquadra como um relevante parâmetro a ser considerado no processo de concepção arquitetônica, acusando para uma necessidade de um equilíbrio na variável redução do acesso ao sol e seus conseqüentes níveis de obstrução visual e redução do ganho de calor por radiação direta.

Nesse sentido, Cheng et al. (2006) simulou dezoito cenários paramétricos alternando as variáveis: céu obstruído, luz solar com incidência direta sobre as fachadas e o potencial fotovoltaico (Cheng et al. 2006; apud Leite, 2015). Como resultado, as configurações espaciais de médio afastamento entre as edificações (modelos 05 e 06 da figura 05) se mostram mais eficientes no efeito de redução da temperatura do entorno e do objeto edificado. Dentre os estudos, a leitura da simulação 06 indica ainda que a irregularidade de uma implantação zig-zag, conforme será visto no tópico 4.2, não só beneficia a disponibilidade de luz, como também no fluxo de ar (Cheng et al, 2006; apud Leite, 2015).

## 03 \_Conforto térmico

Reafirmando a análise, ao simular a relação existente entre a demanda de gasto energético e o nível de sombreamento do entorno, os estudos de Lam apontam para uma potencial redução do uso de sistemas ativos de refrigeração em contextos sombreados. O estudo em questão aponta que cerca de um terço da carga térmica retirada das edificações pelos sistemas de resfriamento provém do ganho de calor do envoltório, podendo o sombreamento urbano representar uma diminuição de 14% do gasto referente aos sistemas de climatização (Lam, 2000; apud Leite, 2015).

É válido ressaltar que, apesar dos modelos mais adensados acusarem para mais baixas temperaturas de entorno no período diurno - efeito de “ilhas de frescor” -, a mesma configuração tende a apresentar dificuldade de resfriamento em virtude da redução da variável fluxo de ar. Assim, durante a noite, as edificações que passaram o dia acumulando carga térmica indireta, apresentam dificuldade no resfriamento, gerando ilhas de calor noturnas.



**Figura 05** - Simulação de disponibilidade de luz natural em diferentes configurações de implantação e adensamento urbano  
Fonte: ZHANG et al, 2012; apud LEITE, 2015 (ADAPTADO).

## 03 \_Conforto térmico

Sob essa perspectiva, Steemers (2003), ao estudar a diferença de capacidade de perda energética nas residências situadas no campo e na cidade no Reino Unido, constatou uma possibilidade de perda energética superior a 40% nas unidades livres de contextos de significativo adensamento urbano. Esse cenário reafirma a eficácia de um médio afastamento entre as edificações (modelos 05 e 06 da figura 05) em benefício do aproveitamento equilibrado das variantes sombra e vento para o conforto térmico.

# 04\_Ventilação natural

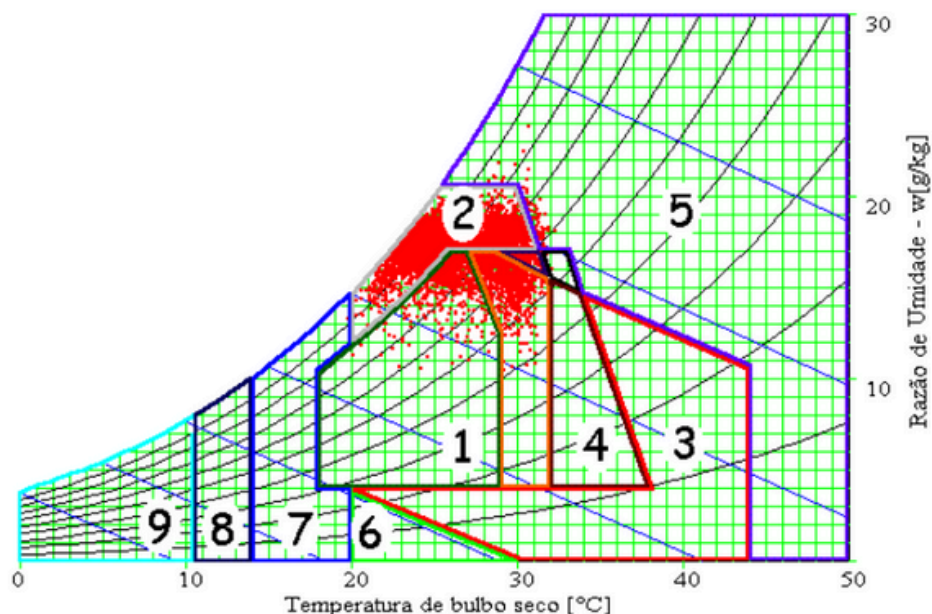
## 4.1. Vento e o conforto

Conforme visto no tópico 3.1, o índice de conforto térmico que melhor se adequa ao contexto de Fortaleza é o da norma ASHRAE 55, sobretudo, por considerar as características voláteis e adaptativas dos fatores climáticos e pessoais. Assim, a abordagem adaptativa se comporta como o instrumento de maior relevância ao relacionar as preferências dos usuários, as temperaturas médias externas mensais e a capacidade de adaptação humana ao variável clima quente local (homeostase).

Em Fortaleza, a variável “temperatura observada no interior das edificações naturalmente ventiladas” oscila à medida que o vento interage diretamente com o clima externo (Givoni, 1994). Essa condição possibilita uma maior adaptabilidade dos usuários às oscilações de temperatura e velocidade do ar quando comparado, por exemplo, aos usuários de edifícios de matriz de condicionamento de conforto majoritário artificial, tendo em vista a espera por um ambiente mais frio, no qual pequenas oscilações são suficientes para promover desconforto (Leite, 2015).

## 04\_Ventilação natural

Assim, em busca das estratégias projetuais mais adequadas a adaptação das edificações conforme o clima de Fortaleza, LabEEE-NPC da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC, 1998) simulou os dados referentes ao Ano Climático Referência para Fortaleza, obtidos com base no método Test Reference Year (TRY), na Carta Bioclimática de Givoni. Como resultado, se obteve a porcentagem de horas do ano em que cada estratégia bioclimática melhor se aplica (Figura 06).



1 - Zona de Conforto; 2 - Ventilação; 3 - Resfriamento Evaporativo; 4 - Massa Térmica para Resfriamento; 5 - Ar Condicionado; 6 - Umidificação; 7 - Massa Térmica e Aquecimento Solar Passivo; 8 - Aquecimento Solar Passivo; 9 - Aquecimento Artificial

**Figura 06** - Carta Bioclimática de Givoni com TRY de Fortaleza  
Fonte: LabEEE-NPC UFSC, 1998.

## 04\_Ventilação natural

Reunindo as informações extraídas da Carta Bioclimática, o LabEEE-NPC (UFSC) diagramou uma tabela que indica os percentuais das horas anuais que ocorrem com conforto ou desconforto térmico, assim como os percentuais adequados para cada estratégia em Fortaleza. O quantitativo considera no somatório as interseções da carta bioclimática, apontando uma interseção entre as estratégias de Ventilação, Resfriamento Evaporativo e Massa Térmica para Resfriamento, indicando momentos nos quais a aplicação de todas, ou somente uma, dessas estratégias viabilizaram o conforto térmico (Goulart et al., 1997).

<b>CONFORTO</b>			12,9
<b>DESCONFORTO</b>		V	85,8
	<b>Calor</b>	RE	15,8
		MR	17,3
		AC	1,1
		MA/AS	0
	<b>Frio</b>	AS	0
		AA	0

V - Ventilação; RE - Resfriamento Evaporativo; MR - Massa térmica para Resfriamento; AC - Ar Condicionado; MA/AS - Massa térmica para Aquecimento / Aquecimento Solar; AS - Aquecimento Solar; AA - Aquecimento Artificial

**Figura 07** - Estratégias Biológicas (%) para Fortaleza  
Fonte: LabEEE-NPC UFSC, 1998 (ADAPTADO)

## 04\_Ventilação natural

Os dados demonstram que, em situações de desconforto térmico, 85% das vezes se consegue reverter a situação através de estratégias de ventilação. Nicol (2004) ressalta ainda que, no clima quente, o movimento de ar pode proporcionar conforto térmico mesmo em situações de temperaturas acima de 30 °C, reafirmando que o fluxo de ar que passa junto ao corpo se constitui como a principal estratégia de resfriamento a ser explorada no interior dos edifícios em Fortaleza.

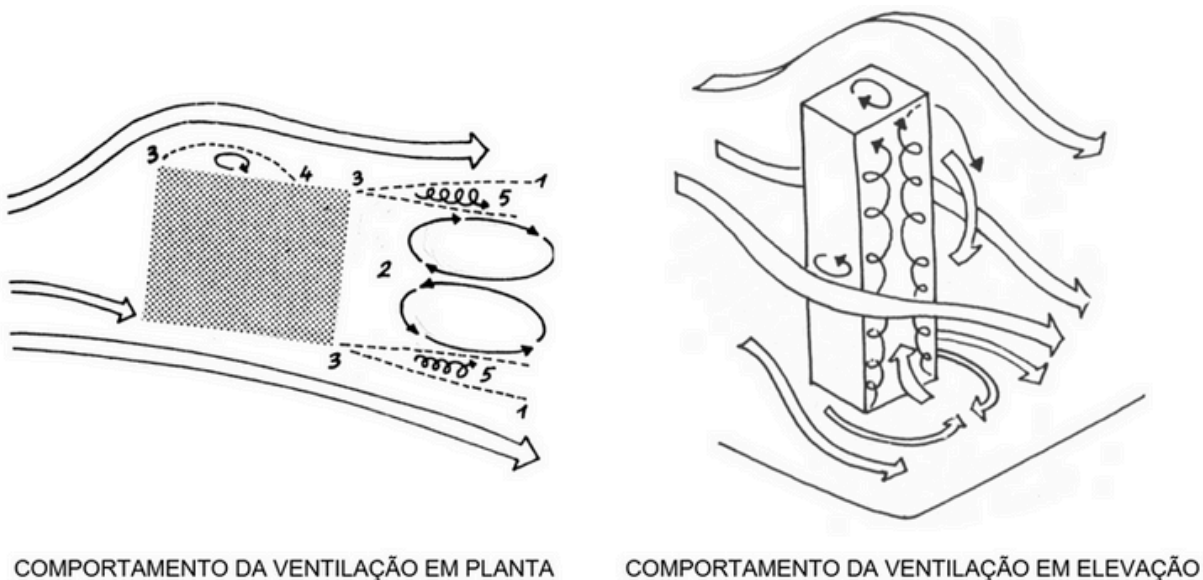
### 4.2 Fluxo de ar na escala da cidade

Embora assumam o papel de principal artifício de promoção do conforto térmico no contexto do clima tropical quente e úmido, o vento se comporta como o mais sensível fator climático suscetível à intervenção antrópica urbana. Ao ir de encontro com uma barreira física, o ar sofre relevantes alterações em sua velocidade e sentido. Cavalcante (2000) adverte sobre como a forma da cidade modela o comportamento do vento;

*A velocidade dos ventos pode ser reduzida, após uma barreira vertical, em até 50% numa distância de 10 vezes a altura da barreira, e 25% numa distância de 20 vezes essa altura. O tipo de cobertura do solo afeta diretamente o gradiente de velocidade de vento. Perto do solo, a velocidade do ar é sempre menor que em camadas superiores, mas em um solo de cobertura irregular a taxa de redução da velocidade do vento relativamente à altura é bem maior do que se fosse uma superfície lisa e homogênea. (Gandemer, 1976; apud Cavalcante, 2000, p.24).*

## 04\_Ventilação natural

O efeito de desvio do fluxo de ar ao ir de encontro com um obstáculo isolado já foi alvo de diversos estudos laboratoriais. Além disso, para contornar o obstáculo, o movimento de ar se desmembra em três tipos de fluxos: “[...] o fluxo de efeito turbilionário ocorre em planta e nas laterais da fachada posterior do edifício, este fluxo ascendente que é criado na fachada aumenta com a altura do edifício; o fluxo de separação das zonas e o fluxo descendente.” (Gandemer, 1976; apud Cavalcante, 2000, pg.53).



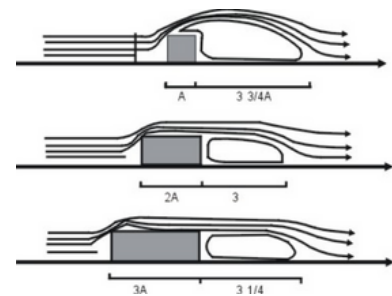
**Figura 08** - Comportamento da ventilação em torno de um edifício verticalizado  
Fonte: Gandemer, 1976; apud Cavalcante, 2000 (ADAPTADO).

## 04\_Ventilação natural

É importante ressaltar que os efeitos aerodinâmicos gerados pelo volume edificado, assim como pelo seu aglomerado, variam de acordo com as dimensões, formato(s) e posicionamento(s) da(s) massa(s) construída(s). Em uma simulação executada pelo Texas Engineering Experiment Station, foi analisado o efeito de sombra de ar conforme as variáveis dimensionais em um bloco quadrado de altura (A), largura (A) e profundidade (A), se constatando as seguintes relações (Evans, 1957):

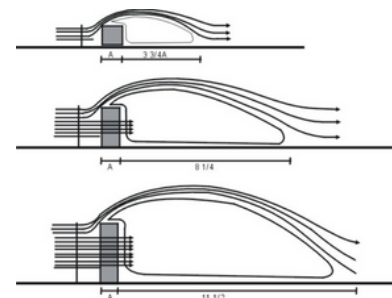
**Profundidade:** o aumento da profundidade gera um decréscimo da sombra de vento até uma medida de  $2A$ . A partir de então, o aumento da profundidade ocasiona um crescimento da sombra de ar.

**Figura 09** - Influência da profundidade de uma edificação no comportamento do vento  
Fonte: Evans, 1957



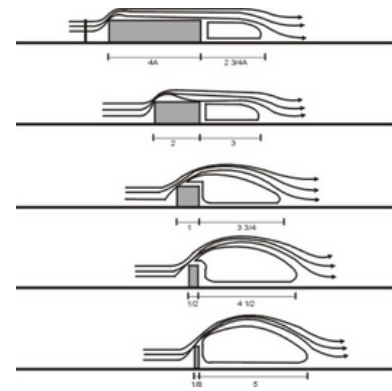
**Altura:** o aumento da altura gera um crescimento contínuo da sombra de vento. Além disso, o ar que passa por cima não sofre alteração, enquanto o que escoa pelas laterais tem sua velocidade aumentada à medida que a edificação aumenta.

**Figura 10** - Influência da altura de uma edificação no comportamento do vento  
Fonte: Evans, 1957



**Largura:** o aumento da largura gera um crescimento contínuo, porém não proporcional, da sombra de vento

**Figura 11** - Influência da largura de uma edificação no comportamento do vento  
Fonte: Evans, 1957



## 04\_Ventilação natural

Já no contexto do adensamento construtivo, em função de um maior atrito com múltiplas superfícies, o vento sofre um relevante desvio que ajusta sua incidência a uma nova camada de limite atmosférico, resultante das novas condições de altura definidas pela massa construída da cidade (Leite, 2015). Como consequência, ocorre ainda uma relevante redução da velocidade do fluxo de ar próximo ao solo e, conseqüentemente, a pressão que incide sobre as fachadas das edificações (Chandler, 1976; apud Leite, 2015).

Ainda na escala do contexto urbano, diversos estudos laboratoriais foram desenvolvidos em benefício da abstração de premissas gerais que balizam um entendimento básico do comportamento do vento. É importante ressaltar que um edifício vertical gera uma alteração nos fluxos de ar em um raio de aproximadamente uma vez a sua altura (Gandemer, 1976; apud Cavalcante, 2000), sendo, por isso, impreciso o entendimento acerca de seu comportamento resultante sem simulações em maquetes eletrônicas ou físicas laboratoriais.

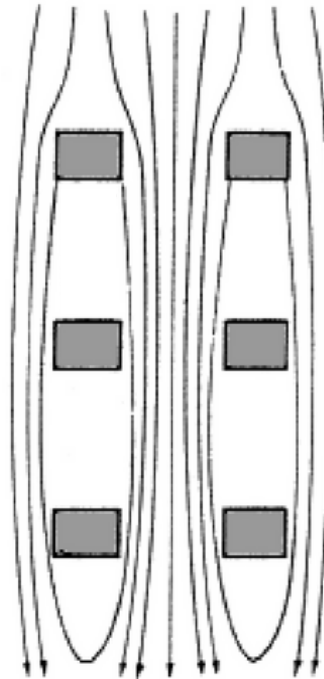
Contudo, apesar da impossibilidade diagnóstica de seu preciso comportamento na escala do urbano sem o uso desses instrumentos, conhecer e compreender os fenômenos e características específicas de escoamento do fluxo de ar nas edificações é imprescindível frente ao seu potencial de aproveitamento enquanto ferramenta de conforto térmico e redução do consumo energético.

Koenigsberger et al. (1973) realizou um importante estudo que diz respeito à implantação dos blocos edificados na cidade. Analisando efeito de sombra de vento em um contexto adensado, foram simuladas as consequências tanto de uma implantação de blocos enfileirados perpendiculares à direção dos ventos, quanto de outra em zigue-zague. Na primeira situação (figura 12), os blocos situados em linha de frente criam um sombreamento sobre seus consecutivos e assim por diante, se fazendo necessário um espaçamento entre edifícios de seis vezes a altura daquele situado na sua frente para que se mantenham as condições normais de ventilação nas edificações posteriores (Koenigsberger et al., 1973).

## 04\_Ventilação natural

### Implantação perpendicular:

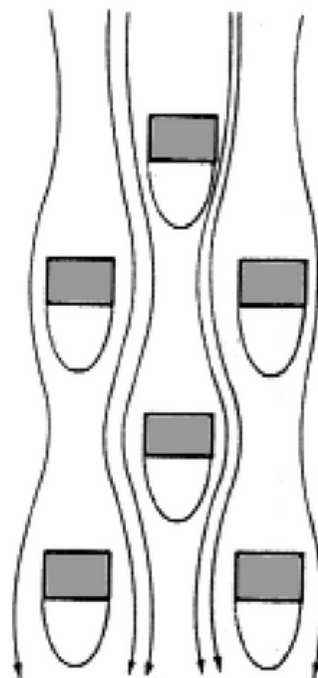
Os blocos situados em linha de frente criam um sombreamento sobre seus consecutivos e assim por diante, se fazendo necessário um espaçamento entre edifícios de seis vezes a altura daquele situado na sua frente para que se mantenham as condições normais de ventilação nas edificações posteriores.



**Figura 12** - Influência da implantação perpendicular no efeito de sombra de vento.  
Fonte: Koenigsberger et al., 1973. (ADAPTADO)

### Implantação zigue-zague:

Se mostrou mais eficaz na mitigação do efeito de sobras de vento acumulativo. Nesta, parte do fluxo de ar que rebate perpendicular na linha de frente é desviado pelas arestas, indo em direção às edificações posteriores, que, por sua vez, reproduzem o efeito. Essa implantação proporciona a existência de vazios estratégicos e passíveis da manutenção do fluxo de ar entre as edificações, aliviando os efeitos do adensamento construtivo.



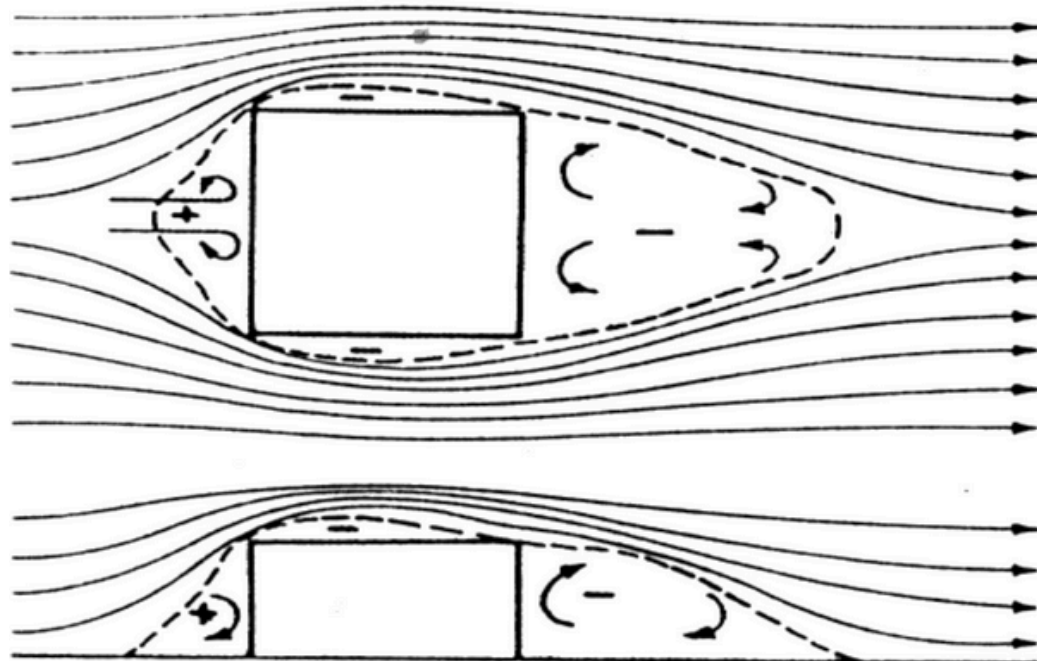
**Figura 13** - Influência da implantação em zigue-zague no efeito de sombra de vento  
Fonte: Koenigsberger et al., 1973. (ADAPTADO)

## 04\_Ventilação natural

### 4.3 Fluxo de ar na escala do edifício

O movimento do ar acontece em benefício de estímulos de origem térmica ou dinâmica. Tendo em vista a baixa amplitude térmica no contexto de Fortaleza, se assume a maior relevância das forças dinâmicas no efeito da ventilação local. Assim, as diferenças de pressão positiva a barlavento e negativa a sotavento exercem maior influência sobre o movimento das massas de ar.

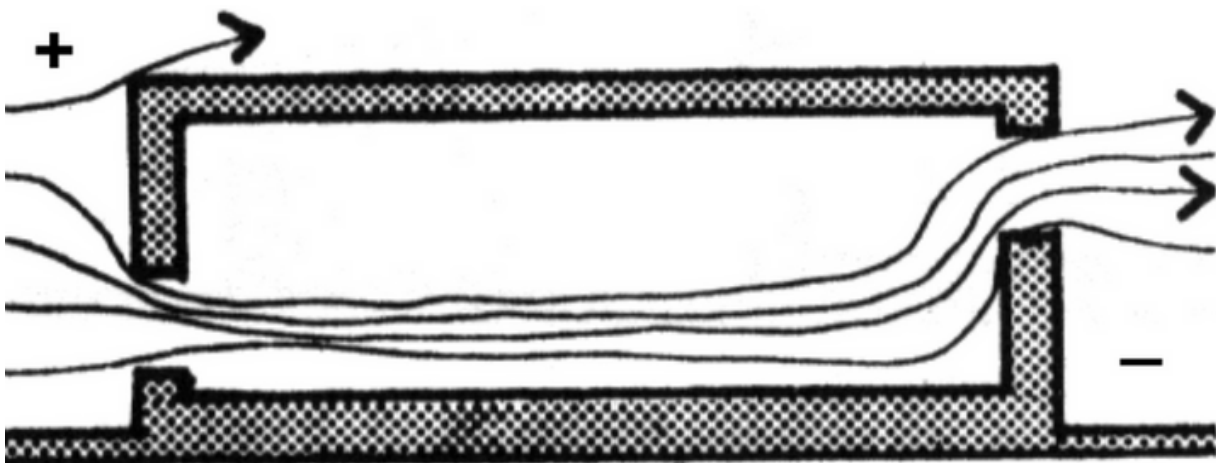
Dessa forma, o fluxo de ar através das edificações se dá, sobretudo, a partir da diferença de pressão existente entre o ambiente interno e externo, propício ao seu deslocamento. Quando o vento encontra perpendicularmente um objeto maciço, ele desvia por cima, por baixo e pelos lados da tal barreira - no encontro frontal, comumente cria-se uma pressão positiva, enquanto na face oposta se estabelece uma pressão negativa e uma consequente sombra de vento (Koenigsberger et al., 1973).



**Figura 14** - Simulação da pressão externa resultante do movimento do ar ao ir de encontro com uma edificação  
Fonte: Koenigsberger et al, 1973.

## 04\_Ventilação natural

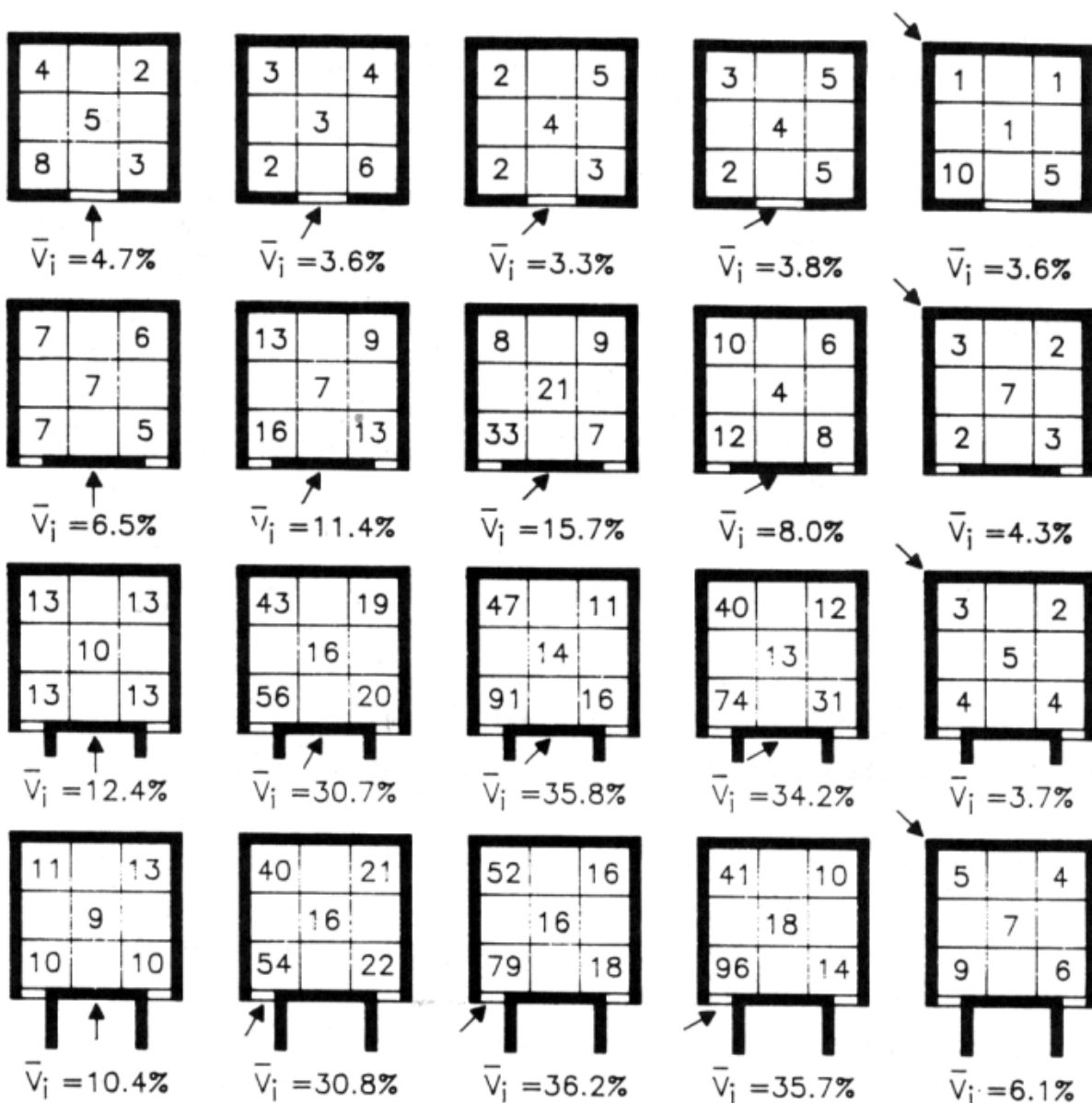
Apesar da disposição de abertura nas fachadas influenciarem no coeficiente de pressão, dispondo de um orifício na face frontal a barlavento e outro na face oposta a sotavento, o fluxo de ar interno será induzido em benefício das zonas de alta e baixa pressão preestabelecidas pelo volume edificado, resultando no fenômeno conhecido como ventilação cruzada. A diferença de pressão estabelecida entre faces opostas varia conforme a direção e intensidade do vento, a forma, as dimensões e a orientação da fachada, assim como os obstáculos de entorno (Toledo, 1999; apud Leite, 2015).



**Figura 15** - Movimento do ar interno à edificação e pressão externa resultante  
Fonte: Evans e Schiller, 1991 (ADAPTADO).

## 04\_Ventilação natural

Embora arquitetos geralmente posicionam as fachadas principais perpendicularmente aos ventos, estudos de Givoni (1994) mostram que uma implantação a 45° da perpendicular de incidência dos ventos potencializa a velocidade e fluxo interno às edificações das massas de ar (Givoni, 1994).



**Figura 16** - Efeito da velocidade de ar interna a edificação conforme o ângulo de incidência do vento em uma janela aberta  
Fonte: Givoni, 1994.

## 04\_Ventilação natural

Em Fortaleza, as fachadas orientadas a norte-sul são mais eficientes ao favorecimento da proteção solar, enquanto os ventos predominantes incidem a leste. Dessa forma, os dados de Givoni (1994) são cruciais para a otimização do desempenho térmico e energético beneficiados pela ventilação natural das edificações.

## 05 \_Diretrizes de projeto bioclimático para Fortaleza

Com base na pesquisa bibliográfica desenvolvida, se apresenta a seguir um resumo das características bioclimáticas de Fortaleza e as principais estratégias projetuais a serem consideradas em edificações multifamiliares, com enfoque no aproveitamento do potencial climático local. Essas estratégias visam potencializar o desempenho térmico das construções, contribuindo, assim, com a redução do consumo energético.

### 5.1. Macroclima de Fortaleza

Conforme a classificação climática de Köppen, a localização de Fortaleza se enquadra na zona climática do tipo Aw' - Equatorial Quente e Úmido, com macroclima de faixa costeira de característica tropical chuvosa. As elevadas taxas de evaporação da costa marinha influenciam diretamente no aumento da umidade relativa do ar, variando de 55% a 100% (FUNCEME). Além do mais, em virtude de sua localização próxima a faixa do equador, apresenta pequenas variações sazonais no decorrer do ano, com ênfase apenas em estações de chuva e estiagem (FUNCEME).

Enquanto os meses de junho, julho e agosto apresentam as menores médias de temperatura, novembro, dezembro e janeiro se comportam de forma contrária, com as mais elevadas médias anuais, variando de 27,2°C a 27,4°. Nesse sentido, o aumento da temperatura média somada à redução da precipitação, a partir de junho, gera o aumento da evaporação e sua consequente umidade relativa do ar, potencializando o aumento do desconforto térmico no segundo semestre anual.

## 05 \_Diretrizes de projeto bioclimático para Fortaleza

- **Fatores Climáticos**

Além do microclima local, vale ressaltar que as características climáticas de determinada região se expressam, sobretudo, a partir dos fatores climáticos, sendo esses: nebulosidade, temperatura, precipitação, radiação, insolação, luminosidade, umidade, ventilação e evaporação. No Nordeste, conforme abordado nos capítulos 3 e 4, a radiação solar e a ventilação exerce uma maior influência que os demais fatores citados no que tange a promoção de desconforto e conforto térmico, respectivamente, em Fortaleza, justificando, por isso, o maior enfoque inicialmente dado a essas variáveis. Contudo, também é válido elencar os demais elementos de influência, quais sejam: temperatura do ar, radiação solar, umidade relativa do ar e precipitação. Detalhados a seguir.

### **1 \_Temperatura do ar**

A temperatura do ar reflete a energia da radiação solar e está diretamente relacionada às interações entre a radiação solar, a radiação terrestre e a radiação proveniente das diferentes superfícies existentes no cenário urbano. Próximo ao solo, a temperatura do ar sofre interferência do calor ganho ou liberado pela superfície terrestre e pelas estruturas urbanas, além da interferência dos fatores como latitude, longitude, morfologia do terreno, topografia e cobertura vegetal.

Durante o dia, máximas na temperatura do ar são observadas próximo ao solo devido a radiação solar. Assim, sem ventilação, o ar formaria camadas estratificadas que se misturaram por convecção à medida que o ar quente ascende e o ar frio ocupa seu lugar, devido a diferença de densidade. À noite, o solo perde calor por radiação de ondas longas e a temperatura decresce para abaixo da do ar, resfriando as camadas inferiores com mais rapidez. Esse processo de resfriamento se inverte à medida que o calor é transferido da terra para a atmosfera.

## 05 \_Diretrizes de projeto bioclimático para Fortaleza

É válido ressaltar que a proximidade a grandes massas de água influencia a temperatura devido a influência das brisas marinhas. Durante o dia, o ar sobre a terra aquece mais rápido e sobe, enquanto o ar frio do mar penetra, resfriando o solo. Já à noite, o processo se inverte, uma vez que o calor liberado pela água contribui para a estabilização da temperatura.

Em Fortaleza, a temperatura do ar permanece estável ao longo do ano em virtude de sua baixa latitude, proximidade com o mar e relevo uniforme. A média anual é de 26,7°C, com médias de máxima de 31°C e mínimas de 22,5°C, resultando em uma amplitude térmica de 8,5°C (ClimateData, 2021). Durante março e abril, a radiação solar incide intensamente sobre as regiões próximas ao equador, coincidindo com a estação chuvosa. Nesse mesmo período, a alta umidade atmosférica, causada pela elevada cobertura de nuvens, contribui para o aumento da temperatura em virtude do efeito estufa.

De julho a agosto, período de inverno no hemisfério sul, as temperaturas mínimas são mais comuns, já que a nebulosidade tende a diminuir. Não obstante, as noites mais longas favorecem a perda de calor da superfície e das edificações para a atmosfera, sem significativos retornos de radiação devido a ausência de nuvens. Esse fenômeno promove uma intensificação do resfriamento da superfície, resultando em temperaturas mais baixas durante esses meses (Brabo A., 1986; apud Ary N., 1997; apud Cavalcante, 2000).

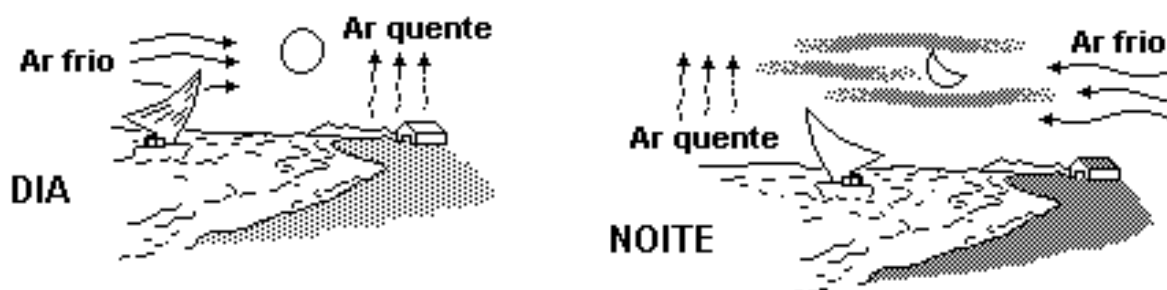


Figura 17 - Movimento das brisas marítimas  
Fonte: PUCSP, 2016.

# 05 \_Diretrizes de projeto bioclimático para Fortaleza

## **2 \_Radiação solar**

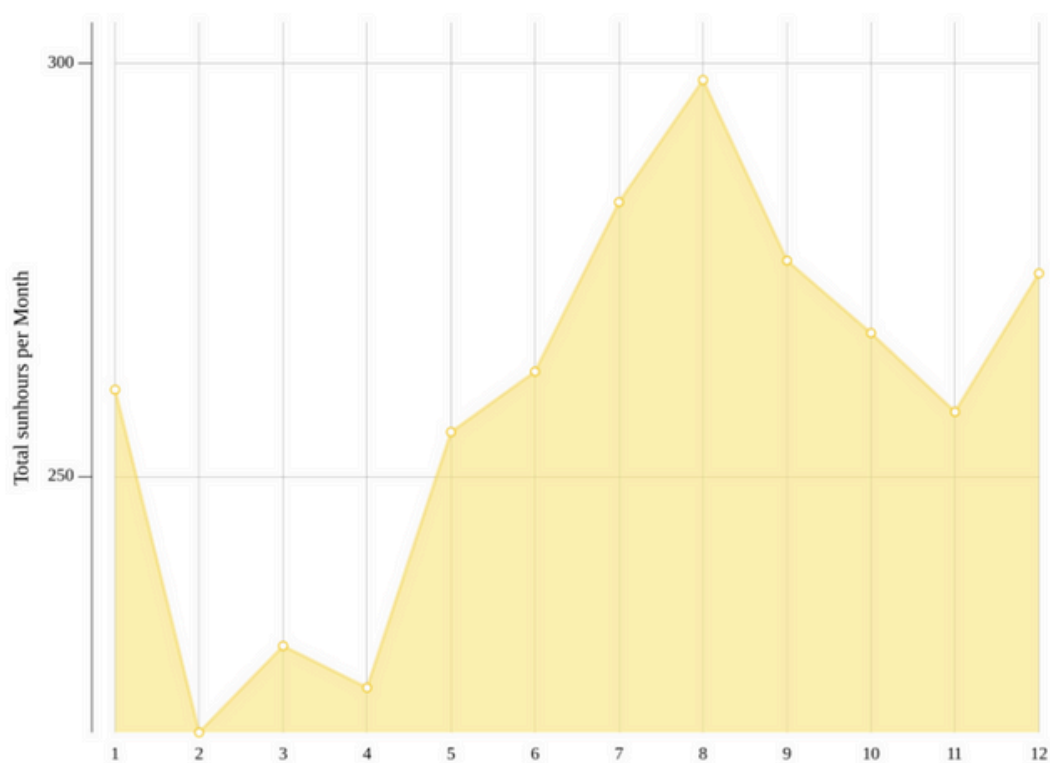
A radiação solar se trata de uma energia eletromagnética de onda curta que atinge a Terra após ser parcialmente absorvida pelas camadas atmosféricas. Em longos períodos, essa energia recebida e liberada pela Terra e pela atmosfera se mantém em equilíbrio, mas em curtos intervalos de tempo, como durante o ciclo diário, há variações em virtude da absorção e liberação desigual de calor pela terra, água e superfícies naturais e de origem antrópica. A quantidade de radiação solar recebida pelo solo é resultante de um processo de filtragem exercido pela transparência atmosférica, afetada por fatores como poluição, fumaça e nuvens, tendendo a reduzir de forma significativa a radiação que passa para a terra.

Nas áreas urbanas, o efeito térmico da radiação depende diretamente do tipo de superfície que a absorve e suas características termodinâmicas. A vegetação absorve parte da energia solar e a converte em energia química pela fotossíntese, reduzindo o calor por evaporação. Em contraste, superfícies como pedra, concreto e asfalto absorvem mais calor, podendo atingir temperaturas superiores a 44°C em detrimento da inércia térmica, muito acima da temperatura do ar circundante (Koenigsberger et al., 1973).

A baixa latitude de Fortaleza resulta em altos índices de radiação solar e insolação ao longo do ano, influenciando fatores como temperatura, evaporação e luminosidade. Dados do Climate Data (2019) indicam a incidência de 3.108,82 horas anuais de sol e uma nebulosidade média de 5,4.

## 05 Diretrizes de projeto bioclimático para Fortaleza

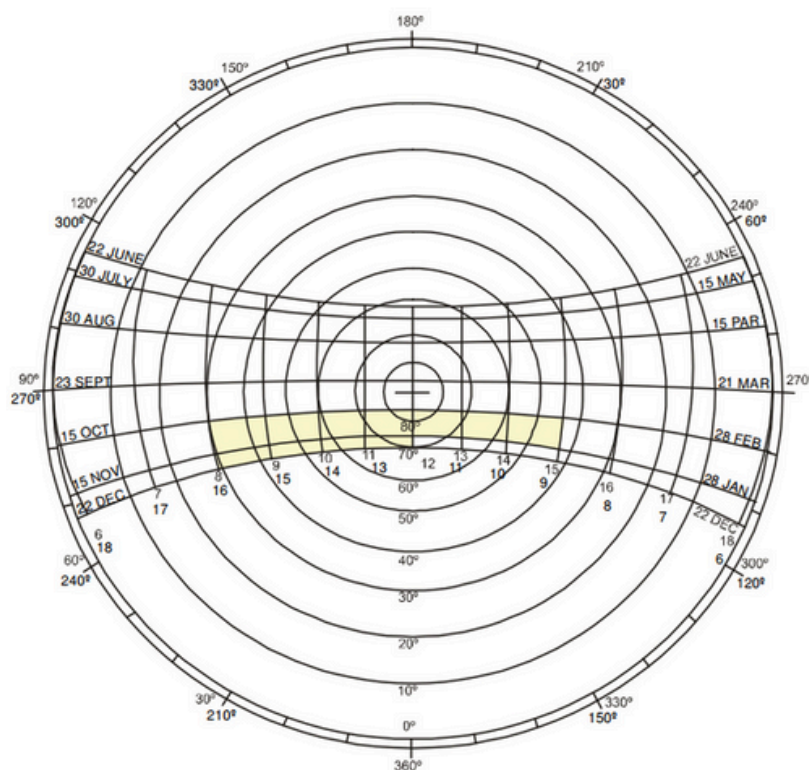
Os valores referenciados enquadram Fortaleza como a segunda capital brasileira com maior insolação, perdendo apenas para João Pessoa.



**Figura 18** - Média total de horas de sol em Fortaleza  
Fonte: Climate Data (2019).

## 05 \_Diretrizes de projeto bioclimático para Fortaleza

O diagrama solar para a latitude de 4° expressa a trajetória anual do sol na cidade. Durante os equinócios, em março e setembro, o sol atinge 90° ao meio-dia. Já de abril a agosto, acontece uma inclinação do sol para o norte, atingindo seu menor ângulo (67°47') no solstício de inverno, em 22 de junho. Já de outubro a fevereiro, a inclinação ocorre para o sul, com o menor ângulo (70°19') ao meio-dia e no solstício de verão, em 22 de dezembro.



**Figura 19** - Diagrama solar de Fortaleza com ênfase no período mais crítico do ano  
Fonte: KOENIGSBERGER, 1973.

## 05 \_Diretrizes de projeto bioclimático para Fortaleza

### 3 \_Umidade relativa do ar

Em Fortaleza, a umidade relativa do ar varia entre 70% e 86% devido à influência marítima e a taxa de evaporação, com média anual de 78,3%, segundo dados do INMET. O clima permanece úmido o ano todo, sofrendo oscilações conforme o regime de chuvas. As maiores taxas de umidade, que variam de 80% a 90%, ocorrem nos meses de janeiro a junho, sobretudo em março e abril, com 43,7% das horas anuais. Em contrapartida, os valores abaixo de 70% ocorrem de julho a dezembro (INMET).



**Figura 20** - Gráfico da Umidade Relativa do ar de Fortaleza, referente ao ano de 2023  
Fonte: INMET, 2023.

## 05 \_Diretrizes de projeto bioclimático para Fortaleza

A umidade relativa do ar está diretamente atrelada a temperatura e a quantidade de vapor de água presente na atmosfera. Durante o dia, conforme o ar próximo ao solo eleva sua temperatura, a umidade tende a diminuir rapidamente, o que gera uma consequente intensificação das águas superficiais. Assim, a mistura das camadas de ar por convecção, conforme visto no fator climático Temperatura do Ar, ajuda a equilibrar a diferença de temperatura e umidade, proporcionando uma distribuição mais homogênea desses elementos.

Durante o período noturno acontece uma inversão desse processo: as camadas de ar próximo ao solo esfriam, elevando a umidade relativa até atingir o pico de saturação. Em ambientes fechados, a presença de muitas pessoas eleva a umidade relativa em virtude da liberação de vapor d'água pela transpiração e respiração, tornando a ventilação essencial para a manutenção da qualidade do ar.

### **4 \_Precipitação**

A precipitação é um fator climático que influencia diretamente nas condições ambientais e, indiretamente, afeta a umidade relativa do ar, a intensidade da radiação solar direta, a vegetação e a remoção dos poluentes atmosféricos.

Em Fortaleza, o regime sazonal é marcado pela concentração das chuvas em duas estações distintas: chuvosa e seca. A estação chuvosa ocorre no primeiro semestre, com precipitação de até 1.196 mm, representando 33% do total anual. Janeiro e julho registram uma média de 13 dias de chuva, enquanto os outros meses desse período apresentam cerca de 21 dias. No segundo semestre anual, a precipitação reduz de forma significativa, totalizando em apenas 257,9 mm, com setembro e novembro se enquadrando nos meses mais secos do ano, com média de nove dias de chuva por mês (IPLANCE, 1993).

## 05 \_Diretrizes de projeto bioclimático para Fortaleza

Segundo os dados apresentados pela FUNCEME, a precipitação anual apresenta uma média de 1.378,3 mm, com abril sendo o mês mais chuvoso (348,1 mm). Apesar das altas taxas de evaporação, que refletem as temperaturas elevadas, a intensa radiação solar e os ventos constantes, com pico em outubro, a taxa anual de evaporação (1.469 mm) é menor que a de precipitação, justificando a caracterização do clima úmido de Fortaleza.



**Figura 21** - Gráfico da Precipitação de Fortaleza, referente ao ano de 2023  
Fonte: IMNET, 2023.

# 05 \_Diretrizes de projeto bioclimático para Fortaleza

## 5\_Ventilação

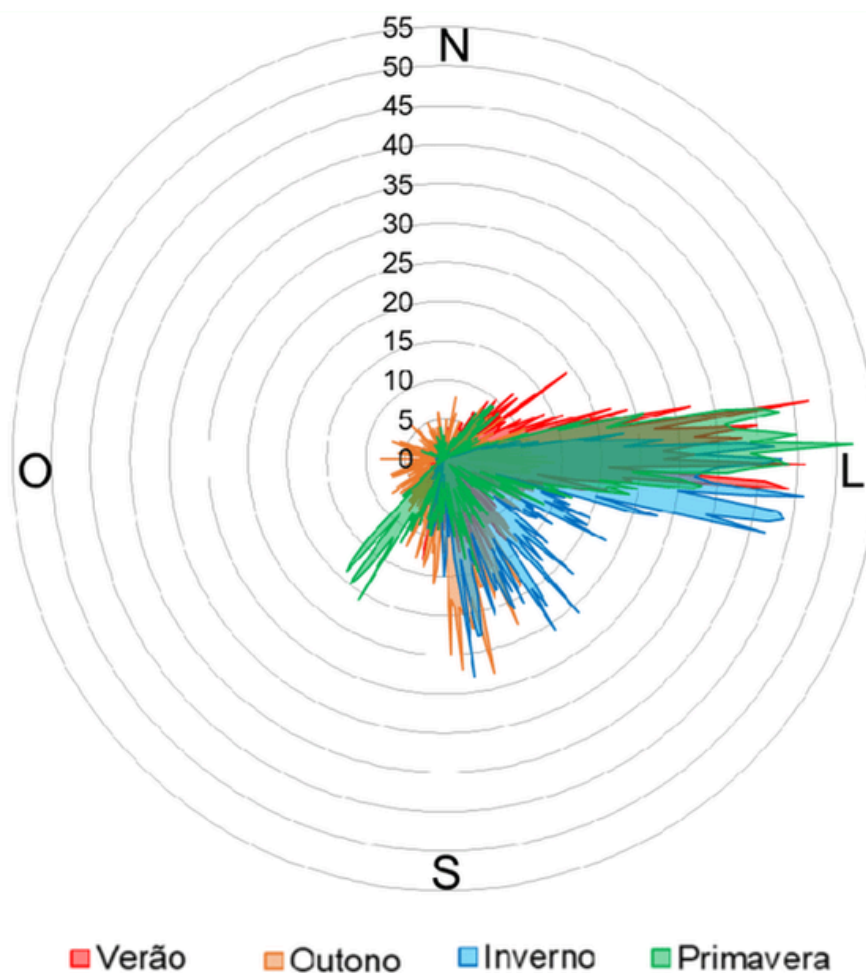
A cidade de Fortaleza, situada em proximidade geográfica com a linha do Equador, recebe a penetração dos ventos alísios. Sua direção provém majoritariamente das orientações sudeste e leste, com leve convergência ao norte no período do verão chuvoso, tendo em vista a ação da zona de convergência intertropical nessa estação. Também no verão, é válido ressaltar a maior influência das brisas marítimas sobre a cidade. Quanto ao fluxo de ar, um aumento perceptível ocorre nos meses de julho, agosto, setembro, outubro e novembro, com pico em setembro e posterior redução gradativa até o mês de maio do ano seguinte, enquanto sua média anual, segundo dados do CTA/IAE, é de 3,8 m/s.



**Figura 22** - Gráfico da Velocidade do Fluxo de ar, referente ao ano de 2023  
Fonte: IMNET, 2023.

## 05 Diretrizes de projeto bioclimático para Fortaleza

Em 2021, de Bem et al. reorganizou as informações referentes aos dados de velocidade média do ar e direção incidente dos ventos, através de uma rosa dos ventos. Como resultado, se reforça a incidência predominante do leste, sudeste e sul em Fortaleza.



**Figura 23** - Gráfico da Velocidade do Fluxo de ar, referente ao ano de 2023  
Fonte: IMNET, 2023.

## 05 \_Diretrizes de projeto bioclimático para Fortaleza

### **5.2. Microclima urbano**

Tendo em vista as interferências antrópicas sobre a estrutura da cidade, o aglomerado urbano tende a não apresentar as mesmas características climáticas do macroclima na qual ele se localiza. Por isso, para uma melhor compreensão do clima urbano, se torna indispensável o estudo dos efeitos resultantes das modificações feitas pelo homem, dentre as quais se elenca: o desmatamento do meio ambiente natural, as edificações, o acréscimo energético (proveniente do funcionamento da vida urbana) e da poluição atmosférica.

Assim, dada a complexidade das dinâmicas urbanas que resultam no microclima local, compatibilizando com o enfoque do presente estudo, se elencou a interferência das edificações nos fatores de radiação solar e ventilação como os principais elementos que influem na dinâmica climática urbana (capítulos 3 e 4).

## 05 \_Diretrizes de projeto bioclimático para Fortaleza

### 5.3. Diretrizes projetuais para Fortaleza

- **Implantação**

Em Fortaleza, os elementos que impactam na implantação dos edifícios - topografia, malha viária, percurso solar e ventilação predominante - tendem a ser uniformes, o que contribui para uma tendência de padronização do desenho urbano da cidade, marcado por uma linearidade e sobreposição de construções. Cavalcante (2000) resalta que essa circunstância demanda uma análise de influência dos nove quarteirões do entorno imediato, à título de potencialização do aproveitamento bioclimático.

- **Orientação**

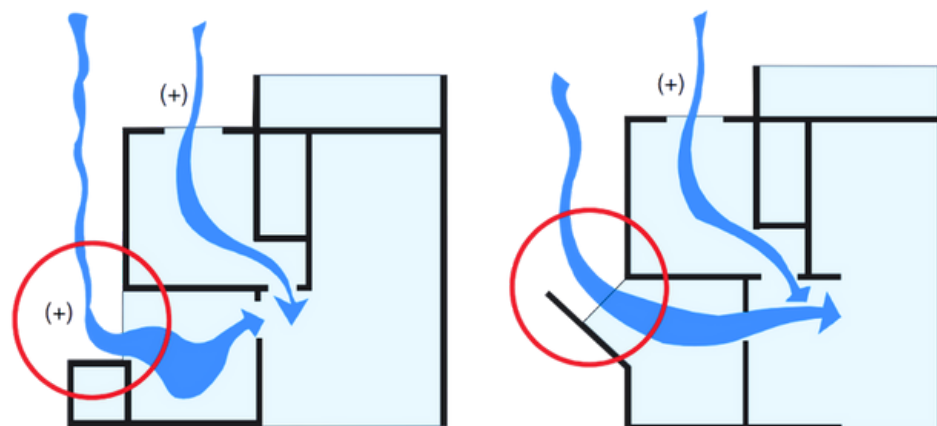
Para priorizar o desempenho térmico das edificações, a orientação de um edifício na cidade de Fortaleza deve considerar as variáveis de insolação e ventilação. Entretanto, conforme elencado no decorrer do estudo, existe um conflito de coincidência entre o sentido predominante dos ventos e a incidência solar direta. Assim, conclui que para proteger uma edificação do ganho de calor proveniente da insolação direta, se faz necessário dispor de suas maiores fachadas preferencialmente convergindo ao no sentido norte-sul, respeitando o sentido de captação dos ventos, e dispondo de elementos arquitetônicos em benefício da proteção solar das aberturas.

## 05 \_Diretrizes de projeto bioclimático para Fortaleza

### • Ventilação cruzada

Conforme a bibliografia lida, uma vez adentrado às aberturas, o ar precisa percorrer o ambiente interno até sua saída pelos vãos em fachadas de pressão negativa, viabilizando a ventilação cruzada. Contudo, assim como o entorno modifica seu comportamento na escala da cidade, o mesmo acontece dentro das edificações: paredes e elementos de layout modificam e, até mesmo, barram o pleno fluxo de ar. Por isso, estratégias arquitetônicas e em layout devem ser pensadas para que o vento flua entre os ambientes com o mínimo de restrições, dentre as quais:

- Dotar ambientes com mais de uma abertura, viabilizando a entrada e saída do ar;
- Uso de portas com bandeira, viabilizando a circulação cruzada quando não existir a possibilidade de dispor mais de uma abertura;
- Uso de elementos arquitetônicos, como paredes, que se sobressaiam em benefício do redirecionamento do ar (Figura 24).



**Figura 24** - Exemplo de mecanismo para redirecionamento do fluxo de ar  
Fonte: CAVALCANTE, 2000 (ADAPTADO).

## 05 \_Diretrizes de projeto bioclimático para Fortaleza

- **Permeabilidade formal e sombreamento**

A forma da edificação assume um papel de importante estratégia; pátios, “dentes”, volumes quebrados, varandas, jardineiras, brises, cobogós e coberturas em balanço contribuem para o desempenho térmico dos edifícios ao sombrear as fachadas e, conseqüentemente, reduzir a incidência solar direta. É válido ressaltar que, quando bem planejados, esses elementos não só quebram a monotonia e compactação da forma das construções, mas também ajudam na captação do fluxo de ar (Figura 24).

Em Fortaleza, a Lei de Uso e Ocupação do Solo incentiva a utilização de sacadas e jardineiras de até 1,05 m (90 cm úteis e 15 cm referente a alvenaria de fechamento) desconsiderando sua implicação no índice de aproveitamento, podendo, inclusive, avançar sobre os recuos construtivos. Esse instrumento reforça a importância do sombreamento enquanto estratégia de adaptação das edificações ao clima local.

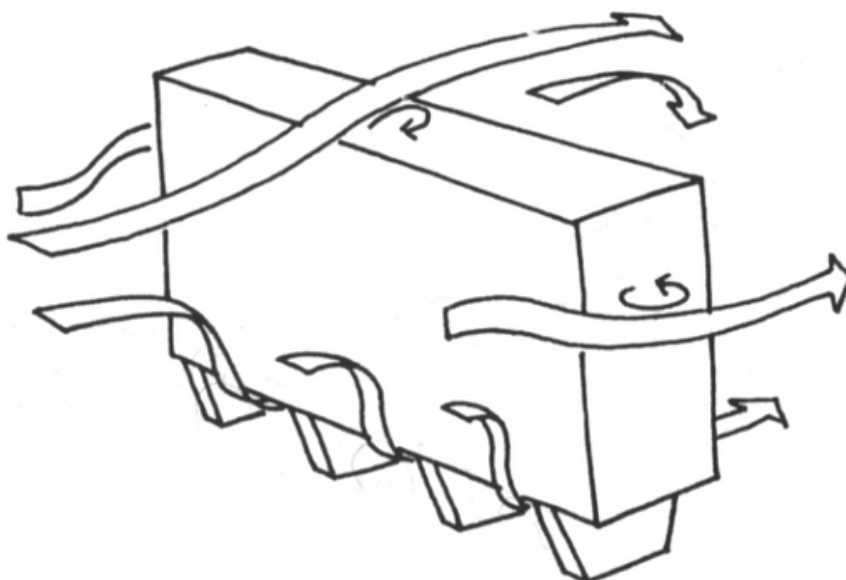
Jardineiras, por sua vez, não só protegem e sombreiam as aberturas, como também umedecem o ar antes de sua penetração no ambiente devido a transpiração das plantas. Assim, esses elementos sacados em benefício do sombreamento das aberturas devem ser amplamente utilizados e respaldados em projeto com base no estudo de suas orientações com o gráfico solar de Fortaleza.

## 05 \_Diretrizes de projeto bioclimático para Fortaleza

- **Térreo permeável**

Conforme constatado no decorrer do estudo, referente ao fluxo de ar no cenário do adensamento urbano, as sombras de vento causadas por objetos construídos assumem um importante papel de obstrução da ventilação, sobretudo, ao nível do pedestre e em edificações de baixo gabarito. Também foi visto que ao ir de encontro a uma barreira, o fluxo de ar desvia para cima, para baixo e para os lados. Assim, surge como uma estratégia de mitigação dessa problemática.

Cavalcante (2000) explica como a Lei 4.486, vigente de 1975 a 1979 em Fortaleza, liberava o pilotis para uso comum em Fortaleza. Esse instrumento jurídico se balizava nas práticas projetuais arquitetônicas do Rio de Janeiro, referentes à década de 1950, nas quais diversos estudos demonstraram a relação do uso do térreo livre enquanto estratégia de preservação da ventilação ao nível do pedestre e nos primeiros pavimentos (Mindlin, 1956; apud Cavalcante, 2000).



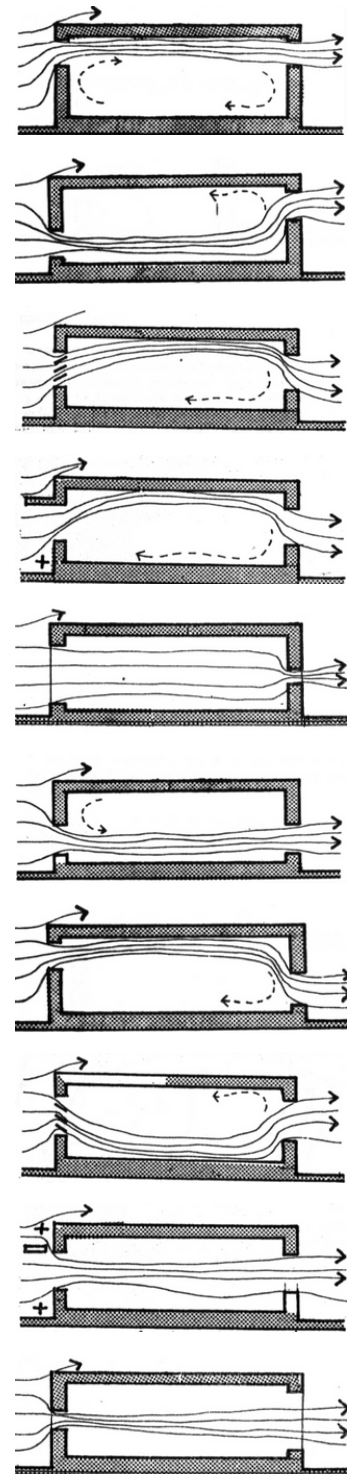
**Figura 25** - Efeito do pilotis livre no fluxo de ar, permitindo a permeabilidade ao nível do solo da massa de ar  
Fonte: Gandemer, 1976.

## 05 \_Diretrizes de projeto bioclimático para Fortaleza

- **Desenho e posicionamento das aberturas**

Conforme constatado, para se obter um resfriamento mais eficaz por meio da ventilação, sua variável velocidade é mais relevante que o volume de ar (Givoni, 1969). Se destaca, ainda, que esse efeito pode ser potencializado pelo efeito venturi: quando a entrada de ar é menor que a saída (figura 26).

Holanda (1976), destaca ainda a importância de vazar as esquadrias, preservando a privacidade e simultaneamente, permitindo a entrada de luz e vento. Assim, mecanismos de controle da entrada de ar devem ser explorados, a exemplo de venezianas em janelas e bandeiras em portas.



**Figura 26** - Influência das variáveis aberturas sobre a ventilação interna  
Fonte: Evans e Schiller, 1991. (ADAPTADO).

# 06 \_Referências projetuais

01 \_Kanchenjunga apartment

Charles Correa **\_arquiteto**  
Mumbai, India **\_localização**  
Concreto **\_estrutura**  
1983 **\_ano**  
Tropical úmido e seco **\_clima**  
Residencial **\_uso**



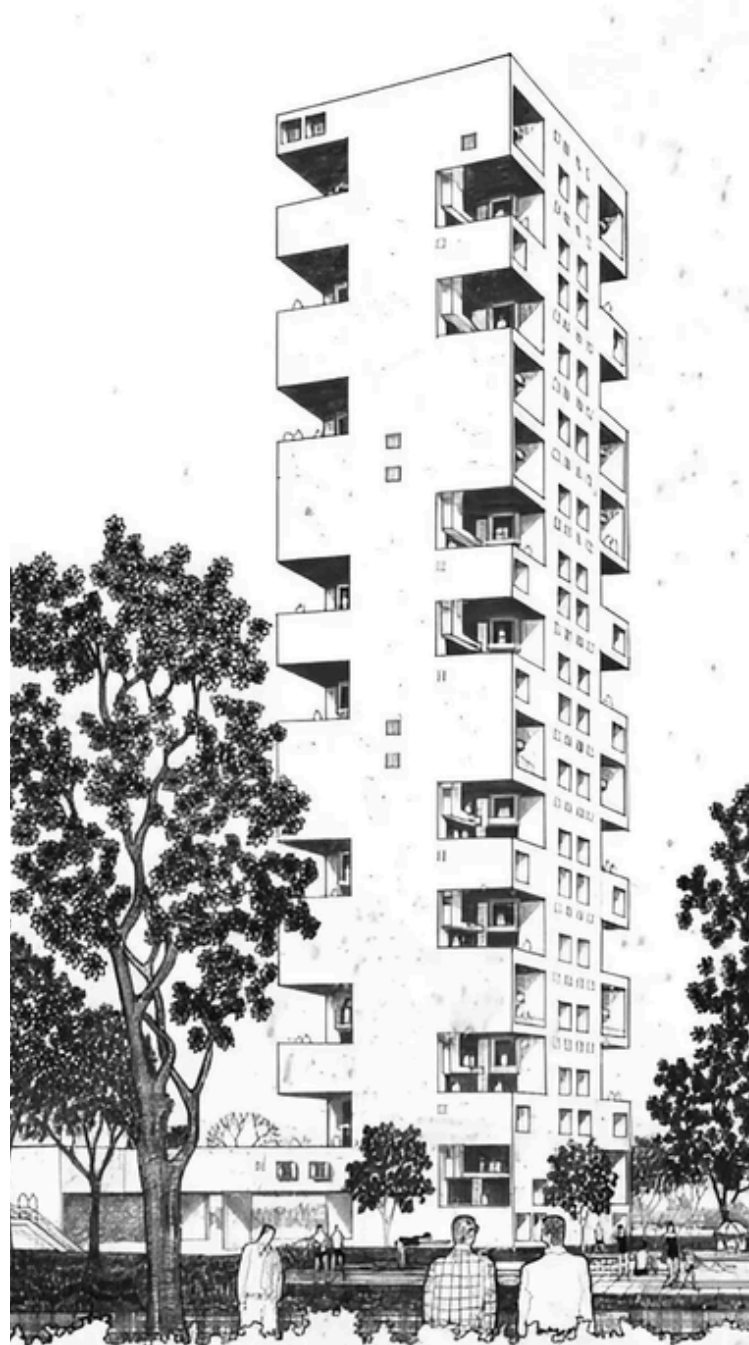
**Figura 27** - Kanchenjunga apartment  
Fonte: Archeyes, 2025.

O *Kanchanjunga Apartments* é uma edificação residencial de 32 andares concebida em um contexto de altos valores dos terrenos e rápida urbanização da cidade, justificando a necessidade da verticalização.

A principal problemática projetual estava no pleno aproveitamento da vista ao Mar Árábico, e suas consequentes brisas marítimas, situada no eixo leste-oeste - eixo esse que também abriga as maiores incidências solares da tarde e as chuvas de monções.

Como solução ao sombreamento necessário para essa implantação, Correa adotou uma abordagem que se inspirava nas organizações espaciais típicas dos bangalôs indígenas (Özkan, 2009). Assim, o arquiteto posicionou os principais espaços de convivência conectados em diagonal com uma varanda de pé direito duplo, uma espécie de zona de transição ajardinada entre os ambientes. No segundo pavimento dessas tipologias também foram alocados dormitórios com aberturas para essa espécie de pátio, proporcionando sombreamento para as mesmas.

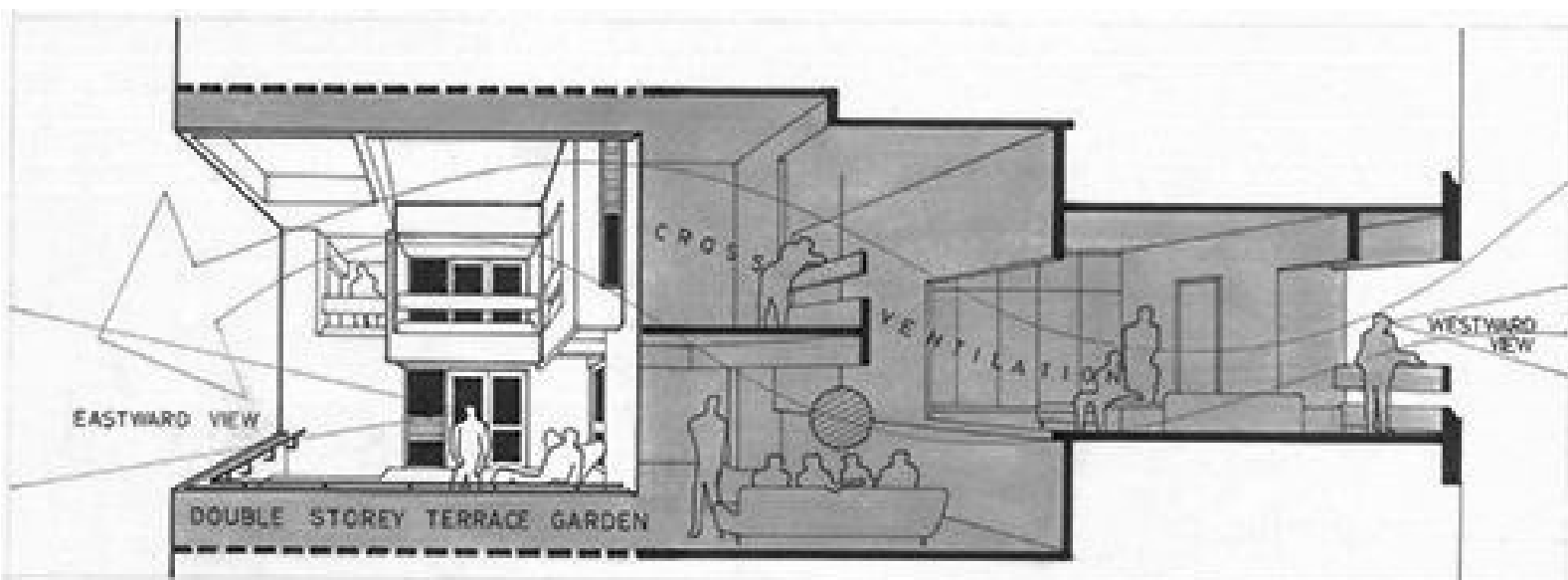
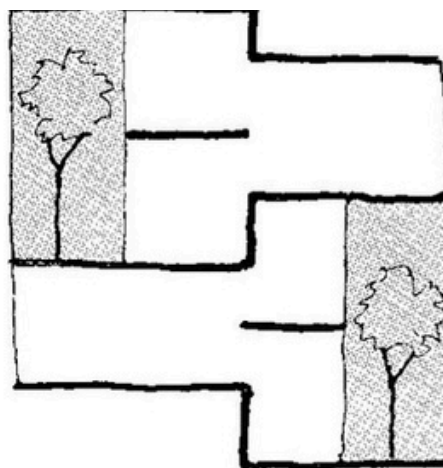
**Figura 28** - Kanchenjunga apartment  
Fonte: Archeyes, 2025.



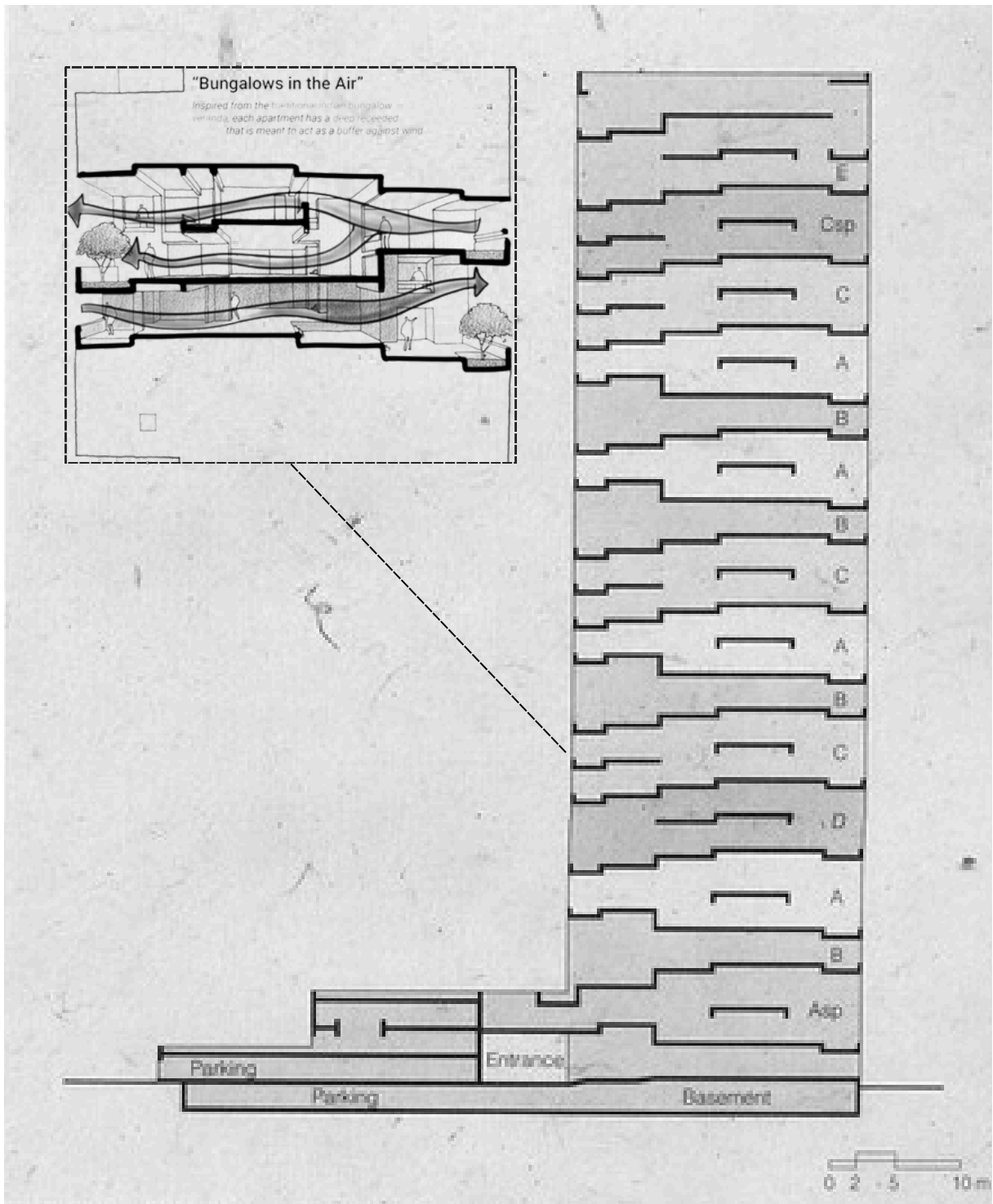
**Figuras 29, 30, 31 e 32** - Detalhe varanda  
Kanchenjunga apartment  
Fonte: Archeyes, 2025.



Outra essencial estratégia ao funcionamento dessa implantação pode ser observada no corte da edificação. Foram desenvolvidos desníveis dentro das unidades que, por sua vez, eram intertravadas verticalmente em quatro tipologias diferentes, possibilitando a disposição de eventuais jardins suspensos e multiplas tipologias.



**Figuras 33 e 34** - Detalhe corte Kanchenjunga apartment  
Fonte: Pinterest, 2025.



**Figuras 35-** Detalhe corte Kanchenjunga apartment  
 Fonte: Pinterest, 2025.

# 06 \_Referências projetuais

## 02 \_MBF Tower

Kenneth Yeang **\_arquiteto**  
Penang, Malásia **\_localização**  
Concreto armado **\_estrutura**  
1994 **\_ano**  
Tropical quente e úmido **\_clima**  
Residencial misto **\_uso**



**Figura 36** - MBF Tower.  
Fonte: Pinterest, 2025.

O MBF Tower é uma edificação de uso misto (corporativo e residencial) de 31 pavimentos, totalizando 111,10 metros de altura. O edifício se localiza em um contexto urbano de gabarito médio e alto e clima similar ao da cidade de Fortaleza, sem relevantes variações de temperatura durante o dia e o ano, tropical quente e umidade relativa do ar alta (Mohanty, P., et al., 2013).

Dentre as estratégias arquitetônicas adotadas em benefício da ventilação cruzada, se destacam:

- Recortes e pavimentos vazados em altura de até dois andares;
- Desmembramento das unidades habitacionais e do núcleo dos elevadores, permitindo uma ampla ventilação cruzada no interior construído;
- Plantas baixas de conceito aberto foram pensadas para serem livres e benéficas ao fluxo cruzado de ar;
- Jardineiras escalonadas na fachada do edifício.

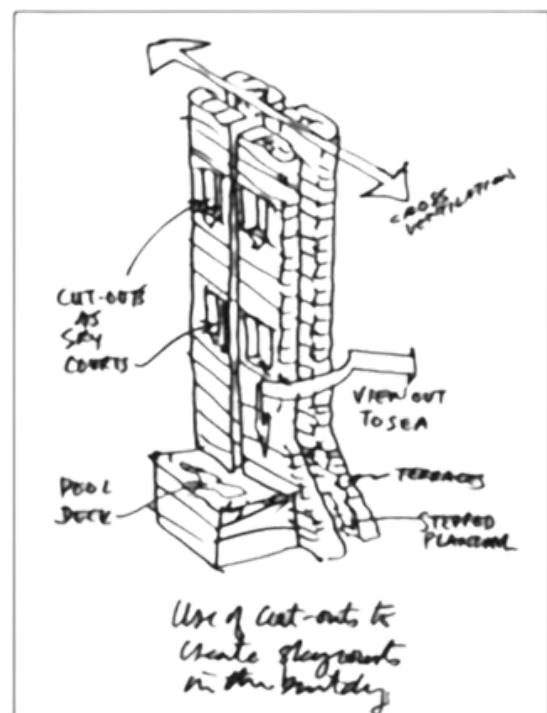
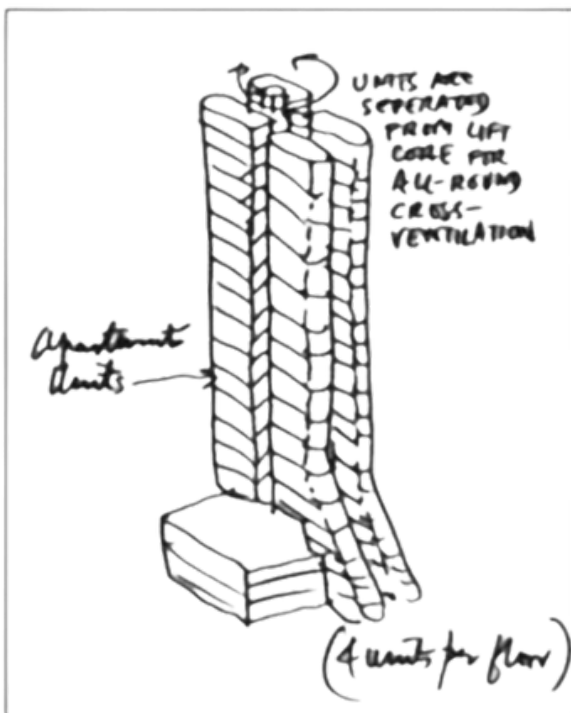
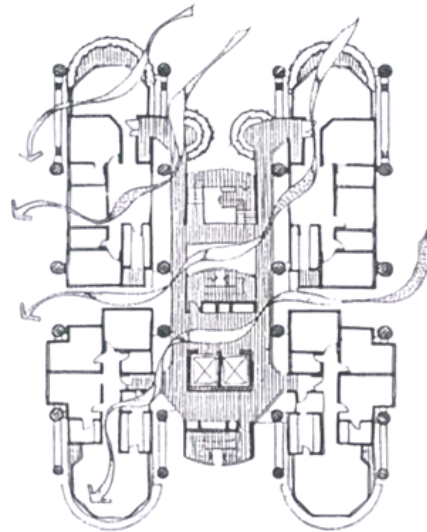


**Figura 37** - MBF Tower, detalhe circulações.  
Fonte: Archnet, 1991.

**Figuras 38** - Detalhe varandas e circulações vazadas  
Fonte: Pinterest, 2025.

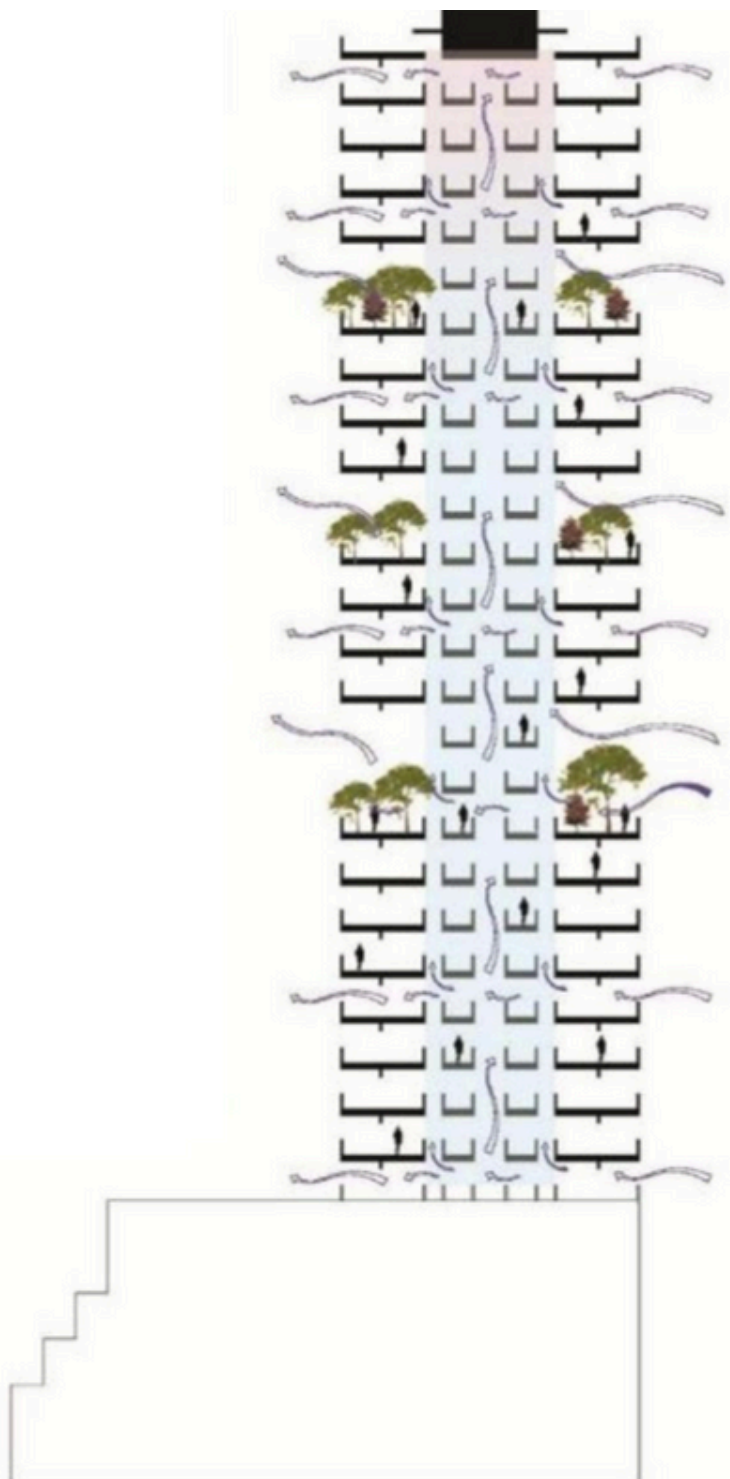


Uma vez desmembradas as unidades de habitação, se constituem quatro blocos por andar orientados em benefício da captação das brisas marítimas, predominantes do eixo norte-sul no contexto em questão. O projeto majoritariamente vazado tira proveito da forte ligação entre os lados de sotavento e barlavento para fortalecer a diferença de pressão gerada pelo volume construído e induzir a ventilação cruzada.



**Figura 39** - Planta tipo com esquematização da ventilação cruzada | Fonte: Rohit Saxena.  
**Figura 40** - perspectivas com esquematização da ventilação cruzada | Fonte: Rohit Saxena.

**Figura 41** - Corte demonstrativo do edifício MBF Tower demonstrando a permeabilidade do vento  
Fonte: Archnet, 1991.





**Figuras 42** - Fachada MBF Tower  
Fonte: Pinterest, 2025.

# 06 \_Referências projetuais

03 \_Moulmein Rise

WOHA Architects **\_arquiteto**  
Novena, Singapura **\_localização**  
Concreto **\_estrutura**  
2003 **\_ano**  
Tropical úmido **\_clima**  
Residencial **\_uso**



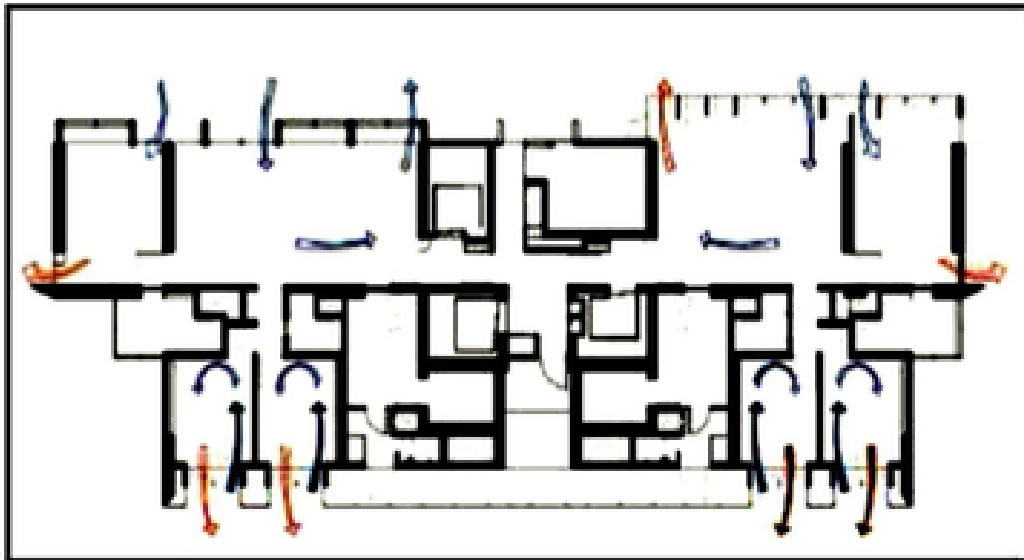
**Figura 43** - Moulmein Rise  
Fonte: Architizer, 2009.

O Moulmein Rise é uma edificação de uso exclusivo residencial com 28 pavimentos, contendo duas unidades por andar, totalizando 48 apartamentos tipos e duas coberturas. A diagramação das unidades habitacionais lado a lado, com a caixa de escada centralizada, possibilitou o desenvolvimento de uma volumetria mais esbelta que, por ser implantada no sentido norte-sul, garante uma menor incidência solar direta nas fachadas de maior área superficial, otimizando a performance térmica da edificação. Brises horizontais de sombreamento das aberturas e telas solares verticais e móveis também foram importantes estratégias aplicadas para a proteção contra o sol e a chuva. Outro benefício dessa configuração de duas unidades por pavimento diz respeito à existência de aberturas nos três lados das fachadas, facilitando a existência de circulações cruzadas. Já nos ambientes com apenas um lado de abertura, se aplicou a estratégia das “Monsoon windows” para favorecer uma ventilação de um único lado.

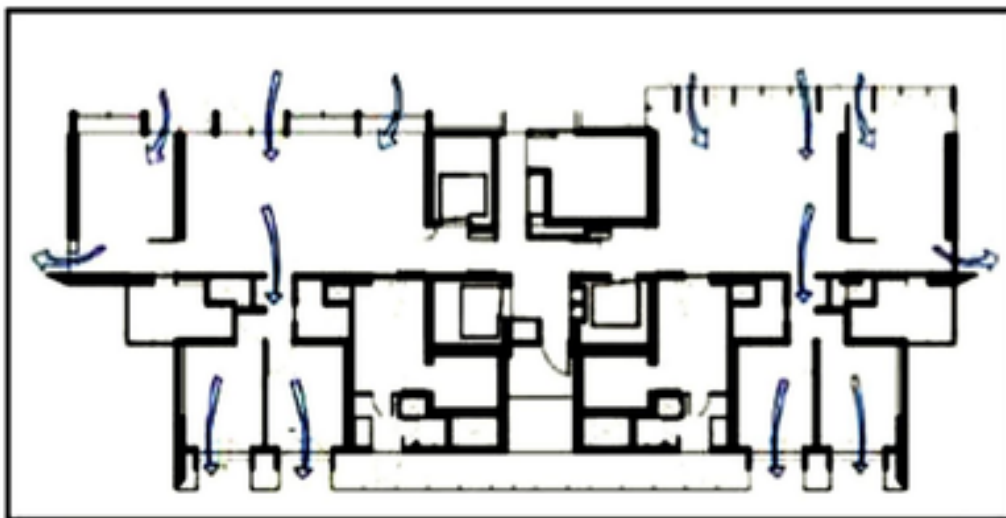


**Figura 44** - Esquema dinâmico de fachada com a aplicação de diferentes estratégias de sombreamento e ventilação nas aberturas

Fonte: Architizer.



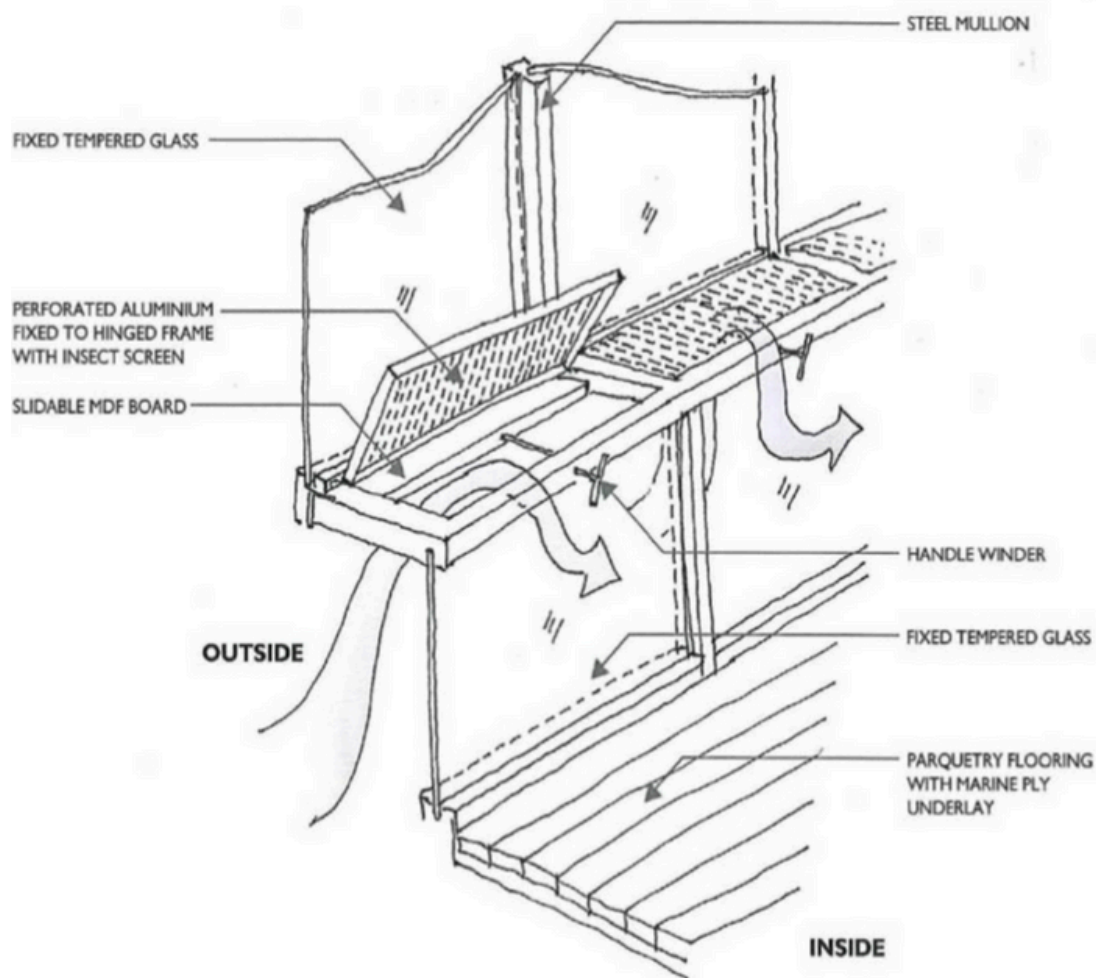
Single Sided Ventilation  
 “ventilação de um único lado”



Cross Ventilation  
 “ventilação cruzada”

**Figura 45** - esquematização dos fluxos internos de ar conforme as estratégias arquitetônicas adotadas na edificação  
 Fonte: Rohit Saxena.

As “Monsoon windows” para os ambientes, se tratam de um sistema de esquadria com uma abertura alternativa basculante e vertical, possibilitando não só a abertura e entrada de brisa durante os períodos chuvosos, como também uma troca de ar interna “single-sided” - diferente da ventilação cruzada, nesse caso o ar entra por um lado, circula pelo ambiente e sai pelo mesmo lado que entrou a partir de uma abertura alternativa, viabilizando a troca de ar interno enquanto as portas do ambiente estiverem fechadas ou quando estiver chovendo.



**Figura 46** - Esquematização do funcionamento da esquadria “monsoon windows”

Fonte: Rohit Saxena.



**Figura 47 e 48** - Esquematização do funcionamento da esquadria "monsoon windows"  
Fonte: Woha, 2025.



**Figura 49** - Esquadria “monsoon windows”  
Fonte: Woha, 2025.

## 07 \_Considerações parciais

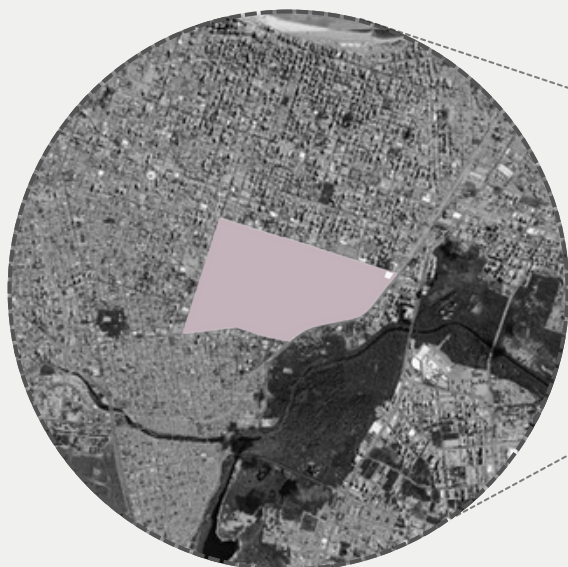
Conforme constatado no decorrer da pesquisa, a radiação solar e a ventilação se configuram como os dois principais fatores climáticos a serem considerados em benefício do desempenho térmico de uma edificação em Fortaleza. Esse panorama enfatiza a necessidade de um desenho arquitetônico das edificações enriquecido de estratégias de envelope, proteção solar, esquadrias e permeabilidade, potencializando o resfriamento passivo de seus interiores.

É utópico defender o completo fim do uso de ar condicionado em locais de clima quente, como o de Fortaleza. Por isso, o que se objetiva é repensar e propor um desenho arquitetônico correto que, quando adequadamente sombreado e ventilado, seja capaz de reduzir a necessidade desse equipamento, atenuando os picos de uso e promovendo um consumo significativamente menor do que o que se observa atualmente.

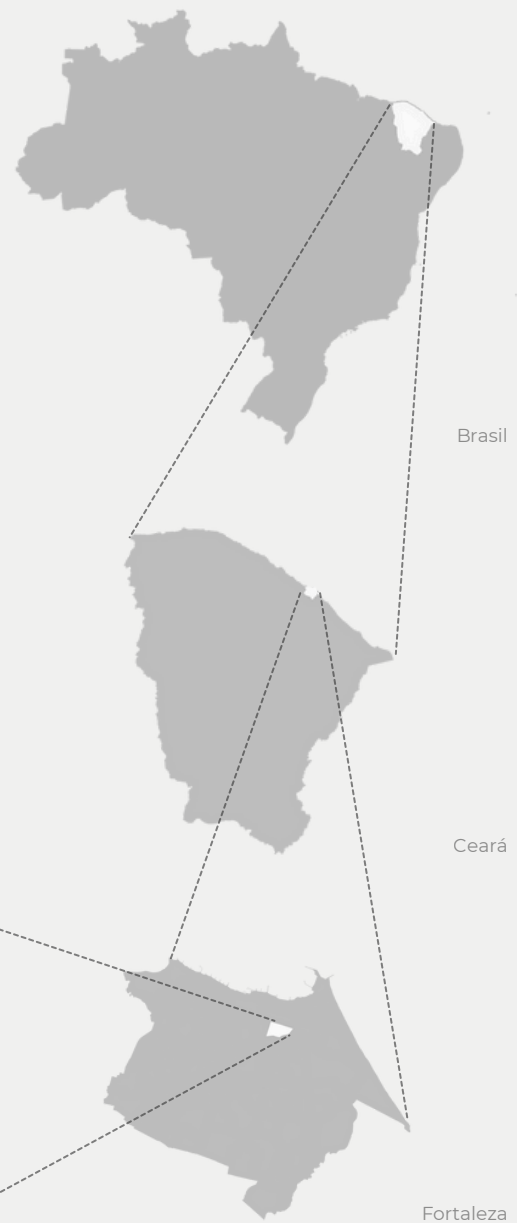
# 08\_Diagnóstico da área

## 8.1 O bairro

O terreno escolhido está situado no bairro Dionísio Torres, na cidade de Fortaleza, hoje uma região consolidada e de alta valorização imobiliária. Esse bairro é ocupado majoritariamente por moradores de perfil socioeconômico médio e alto, composto por profissionais liberais, empresários e famílias de renda estável, refletindo diretamente em um ambiente urbano mais bem cuidado pelo Poder Público e provido de infraestrutura básica, serviços e comércios.



Bairro Dionísio Torres



**Figura 50** - Esquema de situação do bairro  
Elaborado por Beatriz Rêgo e adaptado pelo autor

## 08\_Diagnóstico da área

Historicamente, as áreas referentes ao bairro em questão pertenciam à fazenda de Dionísio Torres. Com seu falecimento, se iniciou um processo de loteamento e venda de terrenos, comprados por diversos empresários, dentre os quais se destaca Patriolino Ribeiro de Souza. Esse, apostando no desenvolvimento urbano da área, doou terrenos para os atuais colégios Santa Cecília e Santo Inácio (Nogueira, 2019).

Em seguida, o bairro cresceu durante o processo de expansão urbana de Fortaleza, no século XX, se comportando inicialmente como uma área de transição entre o centro da cidade e as regiões periféricas em ascensão. Foi, então, com a criação do Shopping Iguatemi Fortaleza e da Universidade de Fortaleza (UNIFOR) que o vetor de crescimento urbano ao leste da cidade se intensificou. Esse contexto impulsionou uma progressiva urbanização e verticalização do bairro Dionísio Torres, se consolidando como uma das zonas mais nobres e construtivamente adensadas da capital cearense.

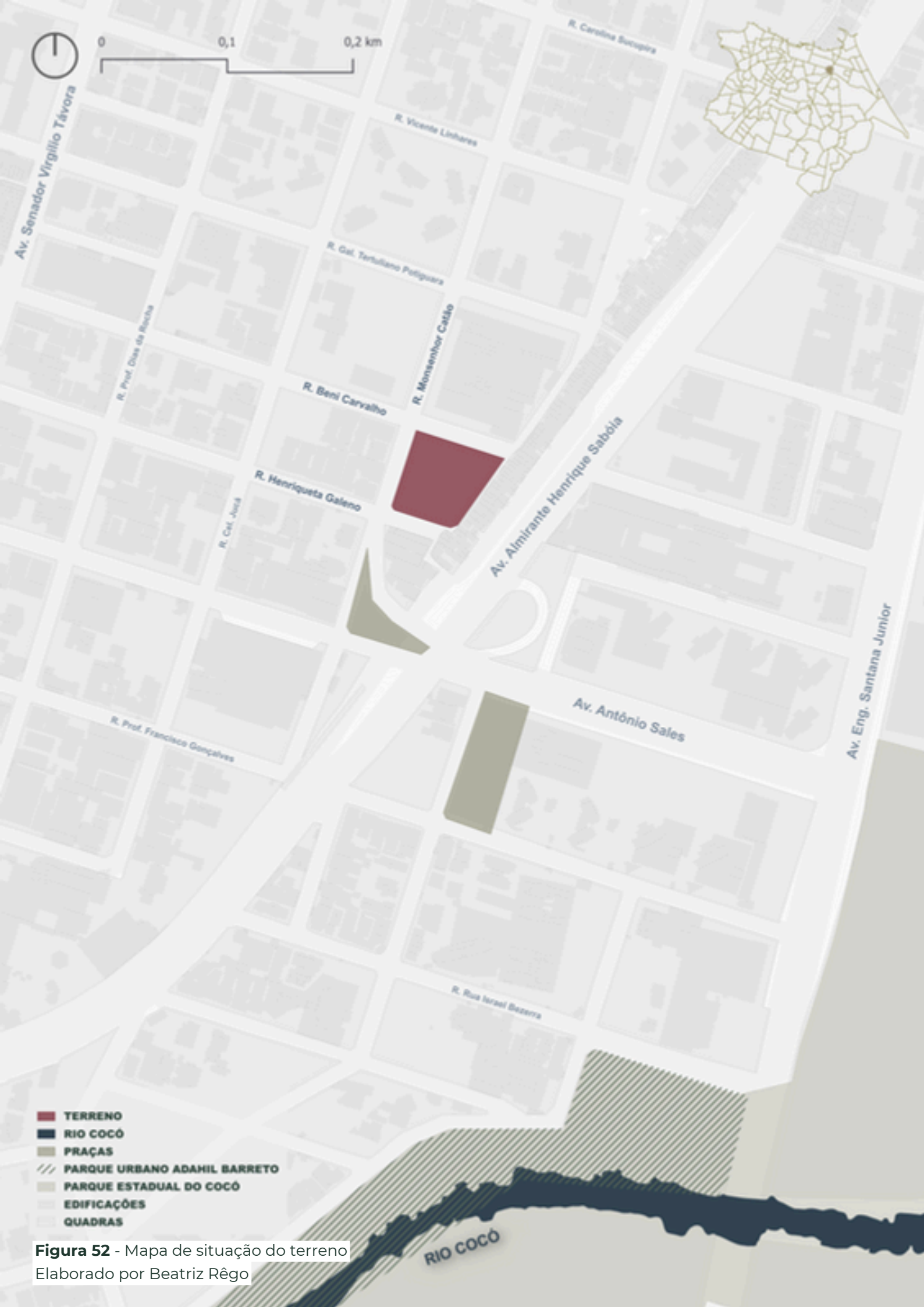
# 08\_Diagnóstico da área

## 8.2 O Terreno

O terreno escolhido, de 4.247,00 m<sup>2</sup>, se encontra na divisa entre os bairros Dionísio Torres e Cocó, localizado entre as ruas Henriqueta Galeno, Beni Carvalho, Monsenhor Catão e Fonseca Lobo. A área foi estrategicamente escolhida devido a vantagem da existência do Parque do Cocó, um dos maiores parques urbanos na América Latina, que promove melhores condições de ventilação natural para a região, conforme visto no capítulo 3, e em virtude da maior elevação topográfica do bairro Dionísio Torres.



**Figura 51** - Esquema de situação do terreno  
Elaborado por Beatriz Rêgo e adaptado pelo autor

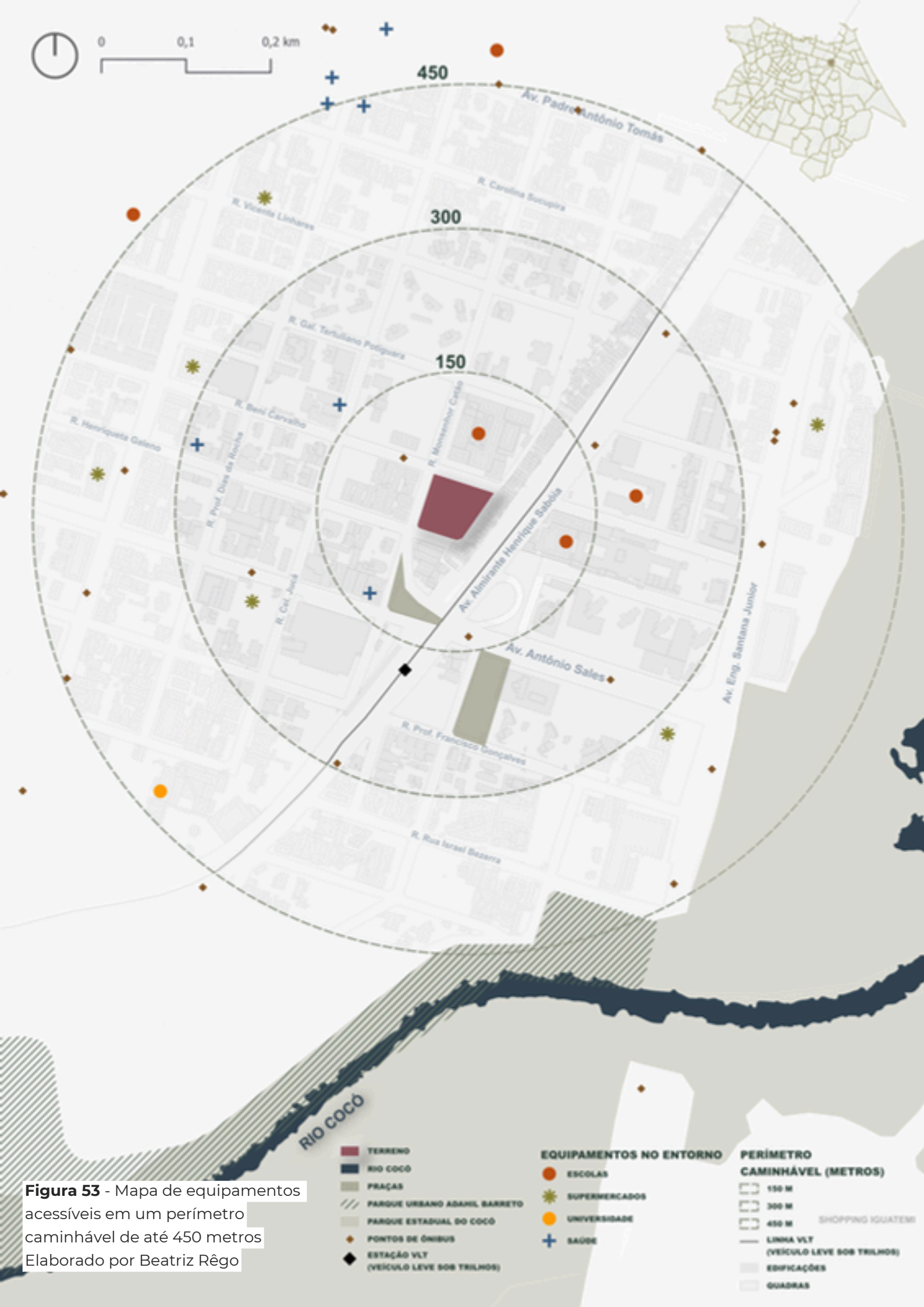


**Figura 52** - Mapa de situação do terreno  
 Elaborado por Beatriz Rêgo

## 08\_Diagnóstico da área

Além disso, é válido ressaltar que na fronteira sudeste imediata do terreno (orientação de maior predominância dos ventos em Fortaleza e com vista para o Parque do Cocó) existe um conjunto de residências, de gabarito até dois pavimentos, que afastam o terreno do Veículo Leve sob Trilhos (VLT) de Fortaleza que, por sua vez, separa ainda mais o terreno da Via Expressa de carros.

Soma-se ainda que o quarteirão que ocupa a adjacência do terreno à sudeste é ocupado pelo Colégio 7 de Setembro, que não só também possui um baixo gabarito (apenas quatro pavimentos), mas também, por estar topograficamente situado abaixo do nível do terreno, contribui para um cenário de livres obstruções construtivas ao pleno fluxo de ar incidente no terreno escolhido, tendo em vista a estabilidade do colégio citado que existe a 89 anos em Fortaleza.



**Figura 53** - Mapa de equipamentos acessíveis em um perímetro caminhável de até 450 metros  
 Elaborado por Beatriz Rêgo

- |  |  |  |
|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #800000; margin-right: 5px;"></span> TERRENO</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #000080; margin-right: 5px;"></span> RIO COCÓ</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #808080; margin-right: 5px;"></span> PRAÇAS</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; border-bottom: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> PARQUE URBANO ADAMIL BARRETO</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; border-bottom: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> PARQUE ESTADUAL DO COCÓ</li> <li><span style="display: inline-block; width: 5px; height: 5px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> PONTOS DE ÔNIBUS</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> ESTAÇÃO VLT (VEÍCULO LEVE SOB TRILHOS)</li> </ul> | <p><b>EQUIPAMENTOS NO ENTORNO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #FF4500; border-radius: 50%; margin-right: 5px;"></span> ESCOLAS</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #FFD700; border-radius: 50%; margin-right: 5px;"></span> SUPERMERCADOS</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #FFA500; border-radius: 50%; margin-right: 5px;"></span> UNIVERSIDADE</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid blue; margin-right: 5px;"></span> SAÚDE</li> </ul> | <p><b>PERÍMETRO CAMINHÁVEL (METROS)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 20px; border-bottom: 1px dashed gray; margin-right: 5px;"></span> 150 M</li> <li><span style="display: inline-block; width: 20px; border-bottom: 1px dashed gray; margin-right: 5px;"></span> 300 M</li> <li><span style="display: inline-block; width: 20px; border-bottom: 1px dashed gray; margin-right: 5px;"></span> 450 M</li> <li><span style="display: inline-block; width: 20px; border-bottom: 1px solid gray; margin-right: 5px;"></span> LINHA VLT (VEÍCULO LEVE SOB TRILHOS)</li> <li><span style="display: inline-block; width: 20px; border-bottom: 1px solid gray; margin-right: 5px;"></span> EDIFICAÇÕES</li> <li><span style="display: inline-block; width: 20px; border-bottom: 1px solid gray; margin-right: 5px;"></span> QUADRAS</li> </ul> |
|--|--|--|

## 08\_Diagnóstico da área

### 8.3. Parâmetros urbanísticos

O edifício residencial multifamiliar se classifica no grupo de uso residencial, segundo a Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo de Fortaleza (Lei Complementar nº236, de 11 de agosto de 2017). Ainda de acordo com a legislação apresentada, o terreno se localiza na área referente a Secretaria Executiva Regional 2 e, segundo o Macrozoneamento Urbano de Fortaleza, na Zona de Ocupação Preferencial 2 (ZOP2), se fazendo necessário que o projeto siga os parâmetros apresentados nas tabelas a seguir:

<b>Tabela 01 - Parâmetros urbanísticos ZOP2</b>	
Taxa de Permeabilidade	30
Taxa de Ocupação	60
Taxa de Ocupação do Subsolo	60
Índice de Aproveitamento Básico	2
Índice de Aproveitamento Mínimo	0.2
Índice de Aproveitamento Máximo	3
Altura Máxima da Edificação	72
Testada Mínima do Lote	5
Profundidade Mínima do Lote	25
Área Mínima do Lote	125

**Tabela 01** - Elaborado pelo autor

### Tabela 02 - Adequação dos usos ao sistema viário local: Via Local

Recuo Frontal	5 (m)
Recuo Lateral	3 (m)
Recuo de Fundo	3 (m)

**Art. 93.** Nos lotes de esquina, os recuos de frente são os correspondentes a cada via, de acordo com o uso pretendido, conforme o Anexo 8. (LEI COMPLEMENTAR N° 236 DE 11 DE AGOSTO DE 2017)

Tabela 02 - Elaborado pelo autor

### Tabela 03 - Lei Complementar N° 236 de 11 de Agosto de 2027

**Art. 88.** Será permitida a construção de subsolos, respeitados a taxa de ocupação do subsolo, a taxa de permeabilidade e o recuo frontal de 5,00m (cinco metros).

**Art. 89.** A área de construção computável no cálculo do índice de aproveitamento é calculada de acordo com os seguintes usos:

I - Residencial: A soma das áreas privativas das unidades autônomas definidas pela NBR nº 12.721, excluídas as sacadas com largura total máxima de 1,05m (um metro e cinco centímetros) e as áreas destinadas a estacionamento;

**Art. 90.** No cálculo do índice de aproveitamento, não será computada a área do subsolo e a área dos pavimentos destinados a estacionamento de veículos, desde que não se trate de edifício garagem e sejam respeitados todos os parâmetros urbanos de ocupação exigidos, em especial a altura máxima da edificação.

**Art. 91.** A ocupação dos terrenos deverá respeitar as seguintes normas:

[...]

I - nas edificações que possuam mais de 4 (quatro) pavimentos, as medidas de todos os recuos estabelecidos no Anexo 8 desta Lei, deverão ser acrescidas de 25cm (vinte e cinco centímetros) por pavimento, devendo o recuo resultante ser aplicado a todos os pavimentos da edificação, a partir do térreo, portanto: Recuo resultante = [recuo estabelecido no Anexo 8 + (número de pavimentos contados a partir do quinto x 25 cm):

III - em todos os pavimentos a distância mínima entre blocos deverá ser igual ou superior a 2 (duas) vezes o recuo lateral exigido considerando os acréscimos decorrentes da verticalização, para a classe do subgrupo de uso.

§ 1º Nas edificações com mais de quatro pavimentos, aplica-se, até o quarto pavimento, o disposto no inciso I do caput deste artigo, desde que atendidas às seguintes exigências:

I - quando o uso nos 4 (quatro) primeiros pavimentos for destinado a estacionamento, deverá atender cumulativamente:

a) no mínimo 70% (setenta por cento) da superfície da fachada voltada para as vias se caracterize como Fachada Verde, conforme definido no Anexo 1 desta Lei;

b) que a vedação no limite do lote não impeça a visualização da Fachada Verde a partir do passeio lindeiro.

II - quando o uso nos quatro primeiros pavimentos não for destinado a estacionamento, os recuos frontais deverão ser incorporados aos respectivos passeios e não poderão receber nenhum tipo de limite ou vedação em relação às vias.

Tabela 03 - Elaborado pelo autor

## 09 \_Anteprojeto



**Figura 54** - Vista varanda da tipologia duplex B  
Imagem elaborada pelo autor

# 09 \_Anteprojeto

## \_Partidos e estratégias projetuais

### Partido

### Estratégia

---

#### VENTILAR

Desenvolver múltiplas tipologias possibilitou o redesenho das circulações internas às unidades, além de ampliar o perfil de usuários;

Centralizar a circulação vertical entre as unidades contribuiu para livrar as fachadas posteriores, favorecendo a ventilação cruzada.

Empilhar os pavimentos íntimos dos dormitórios referentes aos duplex eliminou a necessidade do comumente corredor utilizado para conectar a área íntima à social. Somando-se à fachada posterior livre, a disposição de duas aberturas opostas potencializa a ventilação cruzada - considerando a diferença de pressão externa estabelecida pelo objeto edificado;

Desconectar as unidades com a circulação vertical em dois níveis consecutivos, em consequência da justaposição dos níveis íntimos, favorece um vazio benéfico à permeabilidade do ar entre torres.

Implantar em “zigue-zague”, rotacionar as unidades e desalinha-las de eixo favorece o escoamento lateral do fluxo de ar entre torres e a redução do efeito de sombra de vento entre elas, além de maximizar a vista para o Parque do Cocó.

Disposição do pilotis livres no pavimento imediatamente acima do térreo - elevação necessária para minimizar o efeito visual e de fluxo de ar proveniente da barreira preexistente de sobrados no limite à leste - para permitir o escoamento do ar que colide com o volume edificado e desce, beneficiando as unidades mais baixas e o nível do pedestre. Nesse pavimento, foi disposta uma laje-jardim vazada, na qual a vegetação proposta nesse nível também colabora com o resfriamento do ar incidente, comumente mais elevado no nível da via.

# 09 \_Anteprojeto

## \_Partidos e estratégias projetuais

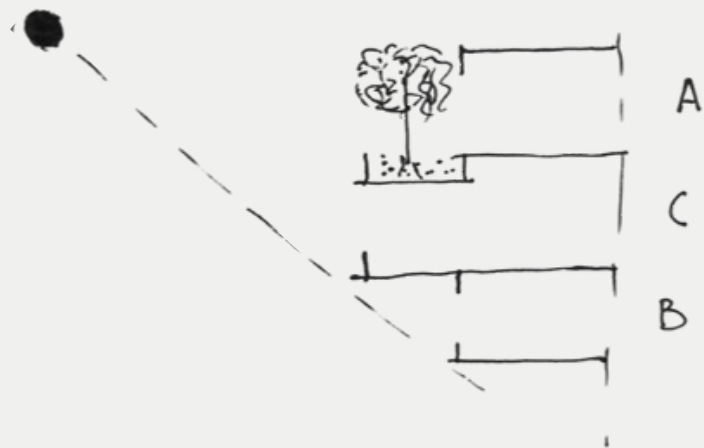
### Partido

### Estratégia

#### SOMBREAR

A tipologia C, de menor metragem, não só diversifica respondendo a um diferente perfil de usuário, como também cria avanços e recuos dinâmicos, resultando em volumes que se projetam sobre os outros pavimentos, beneficiando as demais unidades ao gerar sombra e, conseqüentemente, reduzir a carga térmica incidente.

A tipologia "C" foi estrategicamente deslocada para trás, gerando uma cobertura sobre a tipologia "B", inferior. A laje superior desse deslocamento, por sua vez, se transformou em áreas externas ajardinadas que beneficiam as tipologias "A", localizadas acima. Esse telhado verde a oeste não só exerce fundamental papel de resfriamento da cobertura de "C", mas também atua como uma importante barreira de sombra paisagística e natural à oeste, para "A", e de sombreamento, para "B".



Brisas horizontais, jardineiras e lajes salientes foram estrategicamente posicionadas acima das aberturas em benefício da proteção contra a radiação solar direta. Esses elementos não só protegem o interior da edificação, como também enriquecem a linguagem arquitetônica externa.

**Figura 55** - Croqui esquemático estratégia de sombreamento  
Elaborado pelo autor

# 09\_Anteprojeto

## \_sistema estrutural

A estrutura empregada será composta de concreto armado e com vedações em alvenaria cerâmica. A decisão pelo sistema se deu pela sua viabilidade técnica e econômica, compatibilidade com a mão de obra local - amplamente adotada na construção civil - e flexibilidade projetual, exigida pelas diferentes tipologias propostas.

Lajes nervuradas e protendidas foram consideradas para vencer os grandes vãos de aberturas propostos, além de reduzirem de 20% a 30% o consumo de concreto, otimizando de 15% a 25% o peso da estrutura e, conseqüentemente, o custo da obra. As vigas e baldrames também serão protegidos, tendo em vista o papel fundamental na transição entre lajes.

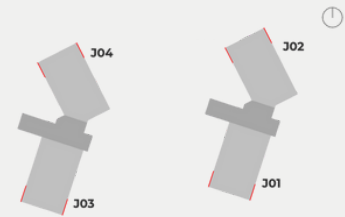
As vigas servirão como apoio para as lajes nervuradas internas à edificação e base de ancoragem para as lajes em balanço que se projetam para fora do volume principal, compondo jardineiras e elementos de proteção solar. Essas, por último, serão maciças de concreto armado.

**Figura 56** - Imagem demonstrativa do sistema estrutural em lajes nervuradas  
Fonte: archdaily



# 09 \_Anteprojeto

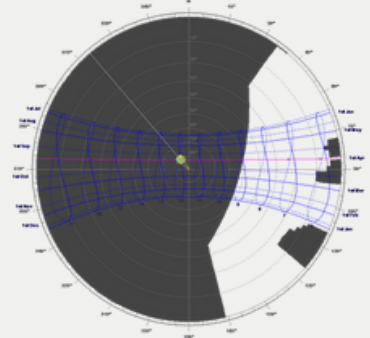
## \_conforto térmico



### Análise das aberturas à nascente

#### J01 \_FACHADA SUDESTE

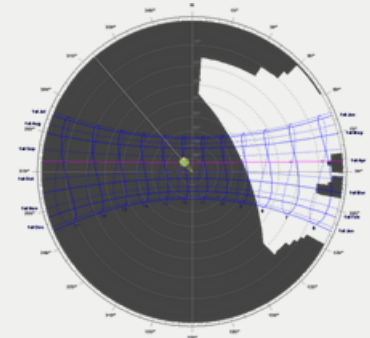
Protegida da incidência solar direta em todo o ano após às 9h30.



#### J02 \_FACHADA NORDESTE

Protegida da incidência solar direta de dez- abr após às 9h00;

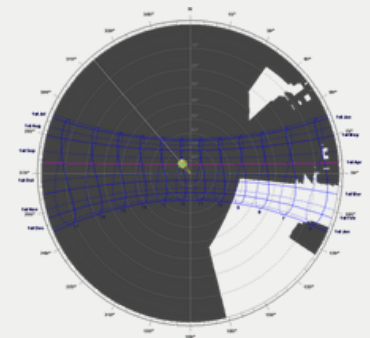
Protegida da incidência solar direta de abr- jun após às 9h30.



#### J03 \_FACHADA SUDESTE

Protegida da incidência solar direta de jan- mar após às 9h30;

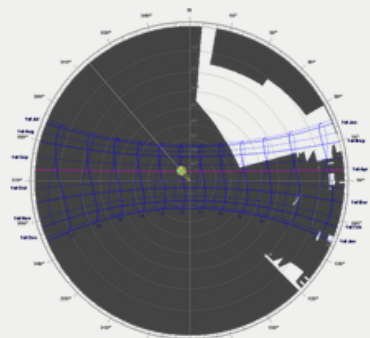
Restante do ano sem incidência solar direta em virtude do sombreamento do entorno.



#### J04 \_FACHADA NORDESTE

Protegida da incidência solar direta de abr - ago após às 9h30;

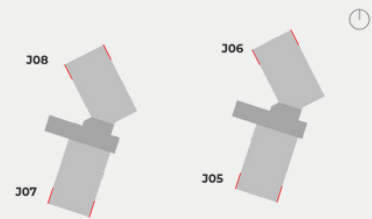
Restante do ano sem incidência solar direta em virtude do sombreamento do entorno.



**Figura 57:** Máscaras solares aplicadas às aberturas dos dormitórios localizados nas fachadas nascentes  
Elaborado pelo autor no software Ecotect

# 09 \_Anteprojeto

## \_conforto térmico

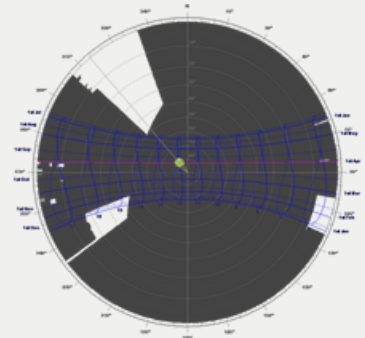


### Análise das aberturas à poente

#### J05 \_FACHADA NOROESTE

Desprotegida da incidência solar direta em dez - fev após às 14h30;

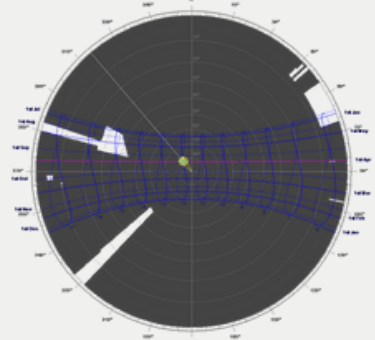
sem incidência solar direta o dia todo, em virtude do sombreamento do entorno.



#### J06 \_FACHADA SUDOESTE

Entrará incidência solar direta apenas entre metade de julho à metade de agosto;

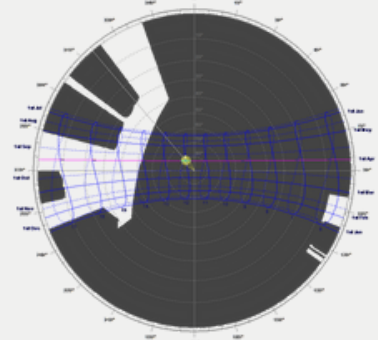
Restante do ano sem incidência solar direta o dia todo, em virtude do sombreamento do entorno.



#### J07 \_FACHADA NOROESTE

Protegida da incidência solar direta de mai- ago durante quase todo o dia, com incidência direta apenas de 14h00 às 15:30.

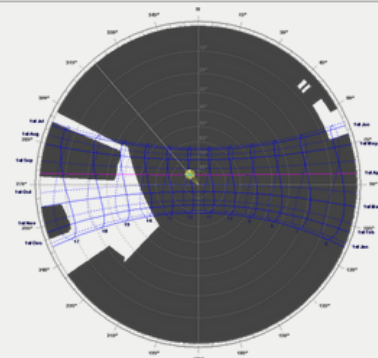
Restante do ano com incidência solar direta o ano inteiro após às 14h00.



#### J08 \_FACHADA SUDOESTE

Incidência solar direta em metade do ano após às 14h00, e na outra metade após as 15h00.

Obs.: as simulações das fachadas à oeste desconsideram o efeito dos painéis articulados de proteção solar utilizados no projeto para as aberturas à poente.



**Figura 58:** Máscaras solares aplicadas às aberturas dos dormitórios localizados nas fachadas poentes  
Elaborado pelo autor no software Ecotect

# 09\_Anteprojeto

## \_conforto térmico

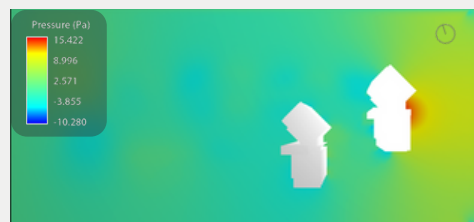
### Zonas de pressão

---

#### Nível primeiro apartamento

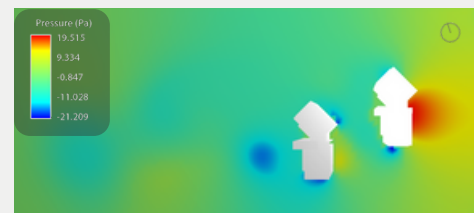
Maior pressão à barlavento e menor em sotavento, com variações entre positiva e negativa nessa última.

Indica a redução do efeito turbilônario com a estratégia do pilotis livre.



#### Meio nível

Maior pressão à barlavento e menor em sotavento, com maior variação de pressão entre as fachadas, favorecendo a ventilação cruzada no interior das unidades.



#### Nível último apartamento

Maior pressão à barlavento e menor em sotavento, com ainda mais variação de pressão entre as fachadas, favorecendo a ventilação cruzada no interior das unidades.



**Figura 59:** Simulações das zonas de pressão  
Elaborado pelo autor no software Flow Design

# 09\_Anteprojeto

## \_conforto térmico

### Comportamento do vento no terreno

---

#### Nível primeiro apartamento

Conforme esperado, com as diferenças de pressão apresentadas, o vento cruza e caminha entre as torres.

Velocidade média de 3.00 - 4.50 m/s de fluxo entre torres.



#### Meio nível

Compatível com o aumento de pressão, o mesmo aconteceu com a velocidade média do fluxo de ar.

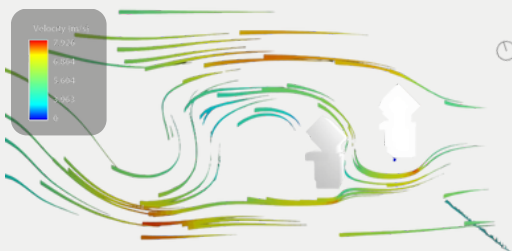
Velocidade média de 5.20 - 6.00 m/s de fluxo entre torres.



#### Nível último apartamento

Compatível com o aumento de pressão, o mesmo aconteceu com a velocidade média do fluxo de ar.

Velocidade média de 5.60 - 6.80 m/s de fluxo entre torres.



**Figura 60:** Simulações do comportamento do vento  
Elaborado pelo autor no software Flow Design

# 09\_Anteprojeto

\_conforto térmico

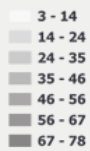
## Comportamento do vento no entorno



**Velocidade do fluxo de ar**



**Altura das edificações do entorno**



**Figura 61-** Mapa de altura das edificações. Elaborado por Beatriz Rêgo e sobreposto com simulação elaborada pelo autor

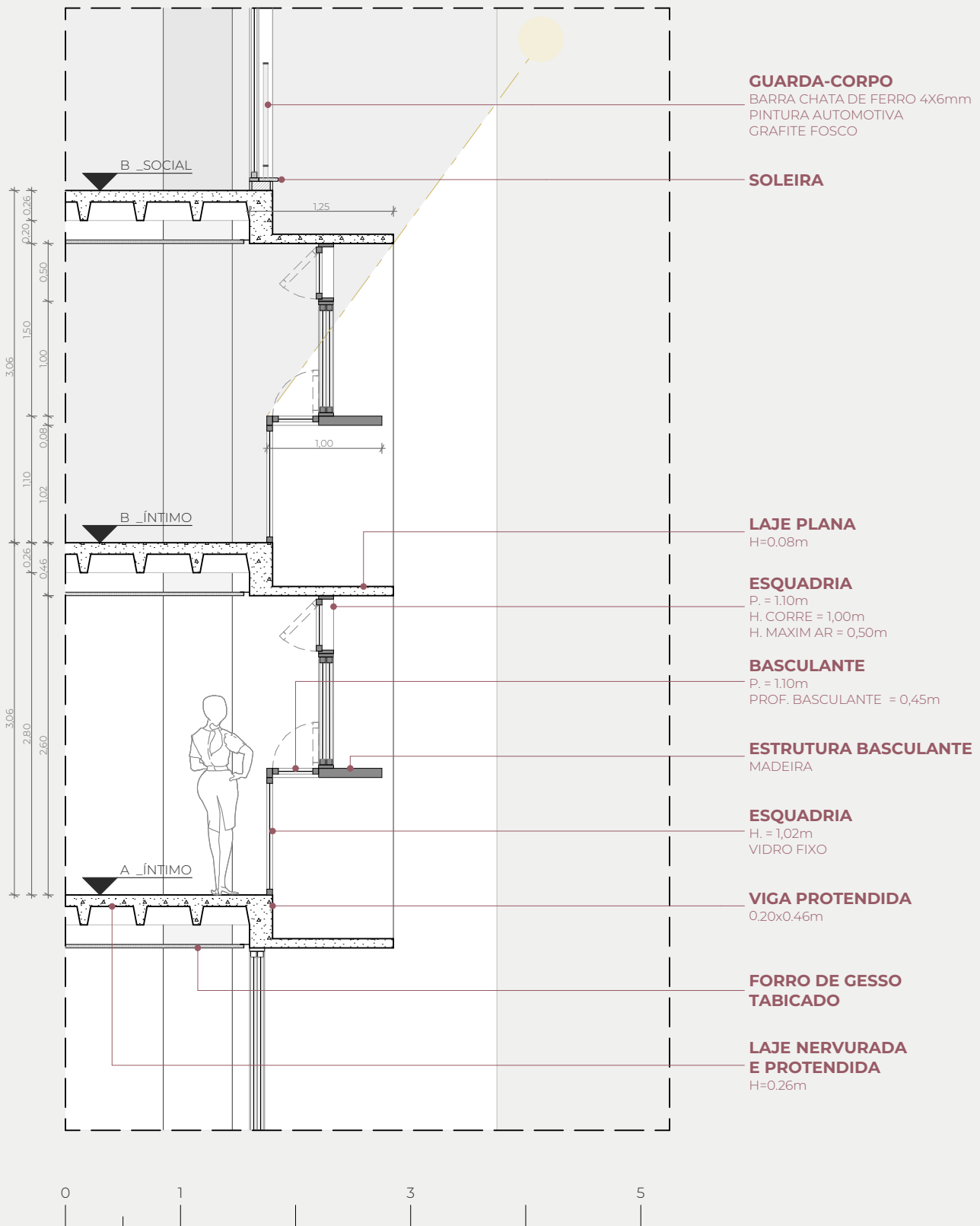


**Figura 62 -** Elevação do entorno com simulação do comportamento do vento em corte. Elaborado pelo autor

# 09\_Anteprojeto

## \_sistema estrutural

### Detalhe construtivo



# 09\_Anteprojeto

## \_Programa de necessidades

### Unidades habitacionais

---

Para estabelecer o programa de necessidades foi realizada uma pesquisa do que está sendo ofertado pelo mercado imobiliário para a faixa de renda da população do bairro em questão, visando uma adequação aos padrões e demandas da área. Por meio dos canais de comunicações das Imobiliárias locais - Lopes Imobiliária, SJ Imóveis e Madre de Deus - se identificou a recorrência tanto das tipologias de estúdios e apartamentos compactos, quanto de tipologias de três a quatro quartos e de metragem variando de 100 a 200m<sup>2</sup>.

Sob esse viés, se optou por seguir na linha de apartamentos com três quartos e com mais de uma tipologia de metragem, em conformidade com a realidade do mercado e das referências projetuais anteriormente apresentadas. Assim, os demais cômodos necessários às unidades foram determinados conforme o padrão esperado para a metragem proposta e observados na pesquisa realizada.



hall privativo



sala de estar



sala de jantar



cozinha integrada



varanda e/ou terraço



biofilia



03 suítes



lavabo



lavanderia privativa



wc serviço



100 e 200 m<sup>2</sup>



02 vagas

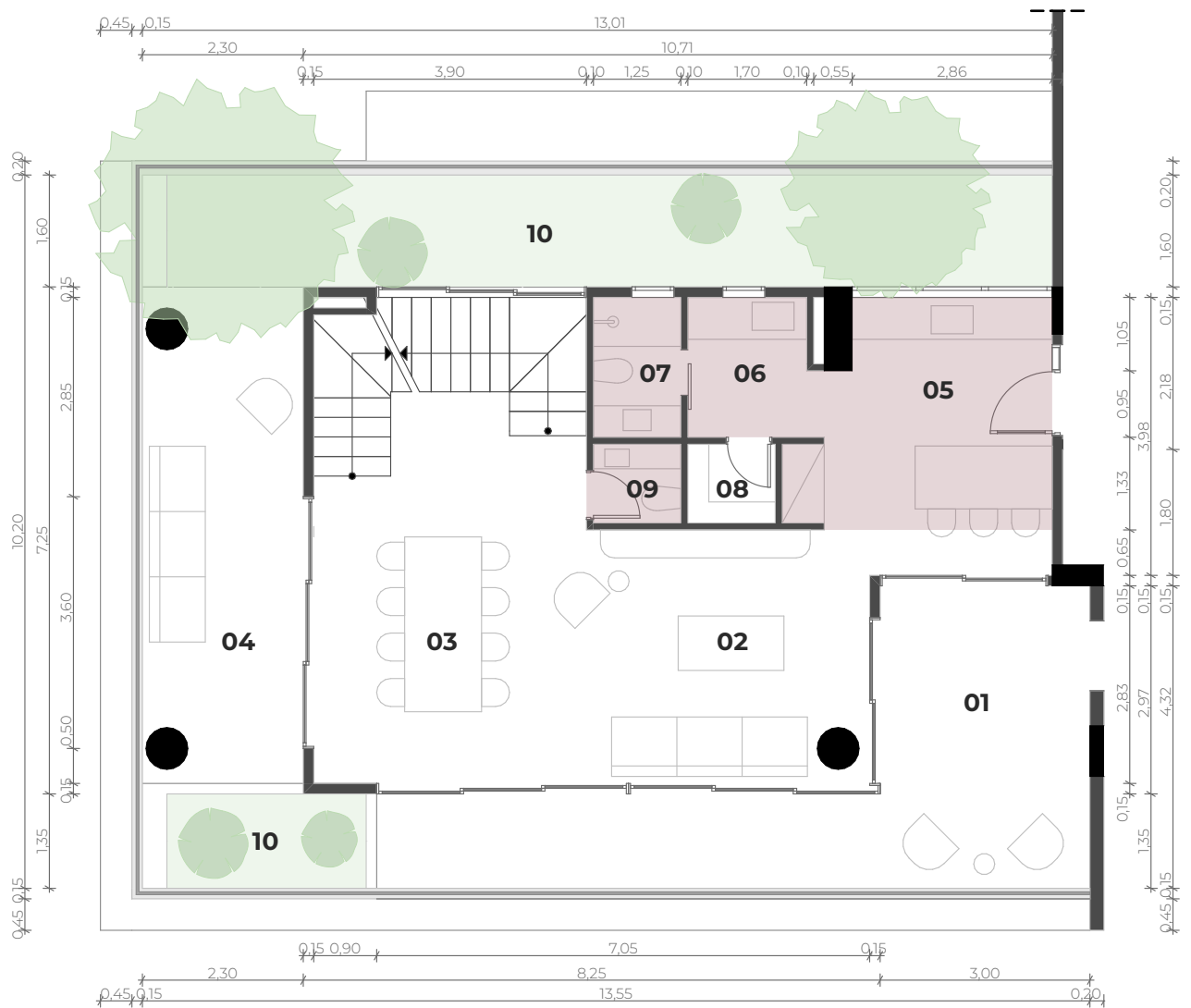
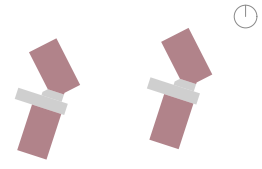
# 09\_Anteprojeto

## \_Tipologias

### TIPO DUPLEX A

3 QUARTOS | 220,15 M<sup>2</sup>

10 UNIDADES (29,40%)



- 01 \_HALL PRIVATIVO EXTERNO
- 02 \_SALA DE TV
- 03 \_SALA DE JANTAR
- 04 \_TERRAÇO
- 05 \_COZINHA
- 06 \_ÁREA DE SERVIÇO
- 07 \_WC SERVIÇO
- 08 \_DESPENSA
- 09 \_LAVABO
- 10 \_JARDIM SOBRE LAJE

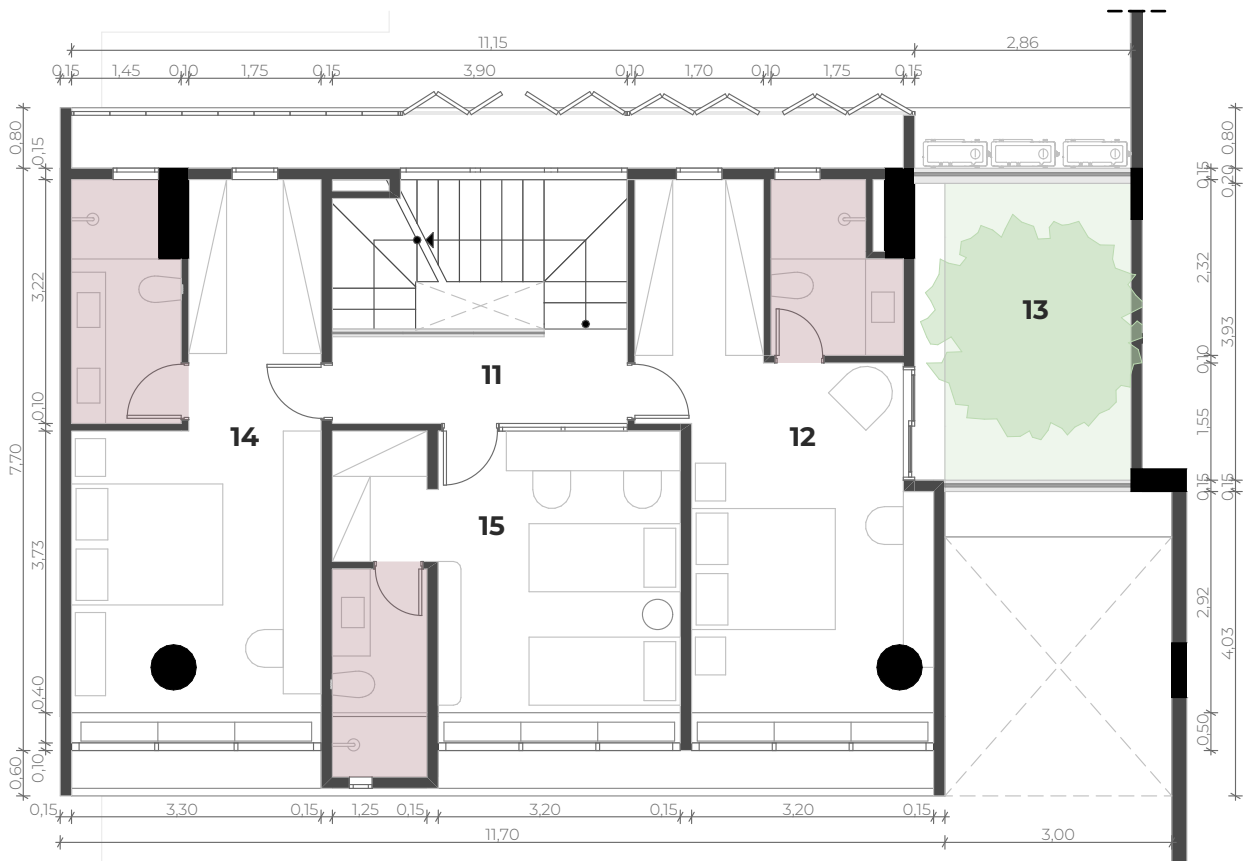
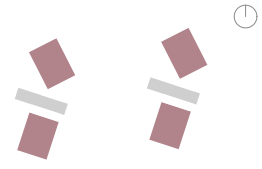
A \_PAVIMENTO SOCIAL



# 09\_Anteprojeto

## \_Tipologias

TIPO DUPLEX A



- 11\_ GALERIA ÍNTIMA
- 12\_ SUÍTE MASTER
- 13\_ JARDIM SUÍTE
- 14\_ SUÍTE 02
- 15\_ SUÍTE 03

A \_PAVIMENTO ÍNTIMO



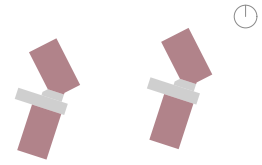
# 09\_Anteprojeto

## \_Tipologias

### TIPO DUPLEX B

3 QUARTOS | 162,82 M<sup>2</sup>

12 UNIDADES (35,30%)



- 01 \_HALL INTERNO / ESTAR
- 02 \_SALA DE TV
- 03 \_SALA DE JANTAR
- 04 \_TERRAÇO
- 05 \_COZINHA

- 06 \_ÁREA DE SERVIÇO
- 07 \_WC SERVIÇO
- 08 \_DESPENSA
- 09 \_LAVABO
- 10 \_JARDIM SOBRE LAJE

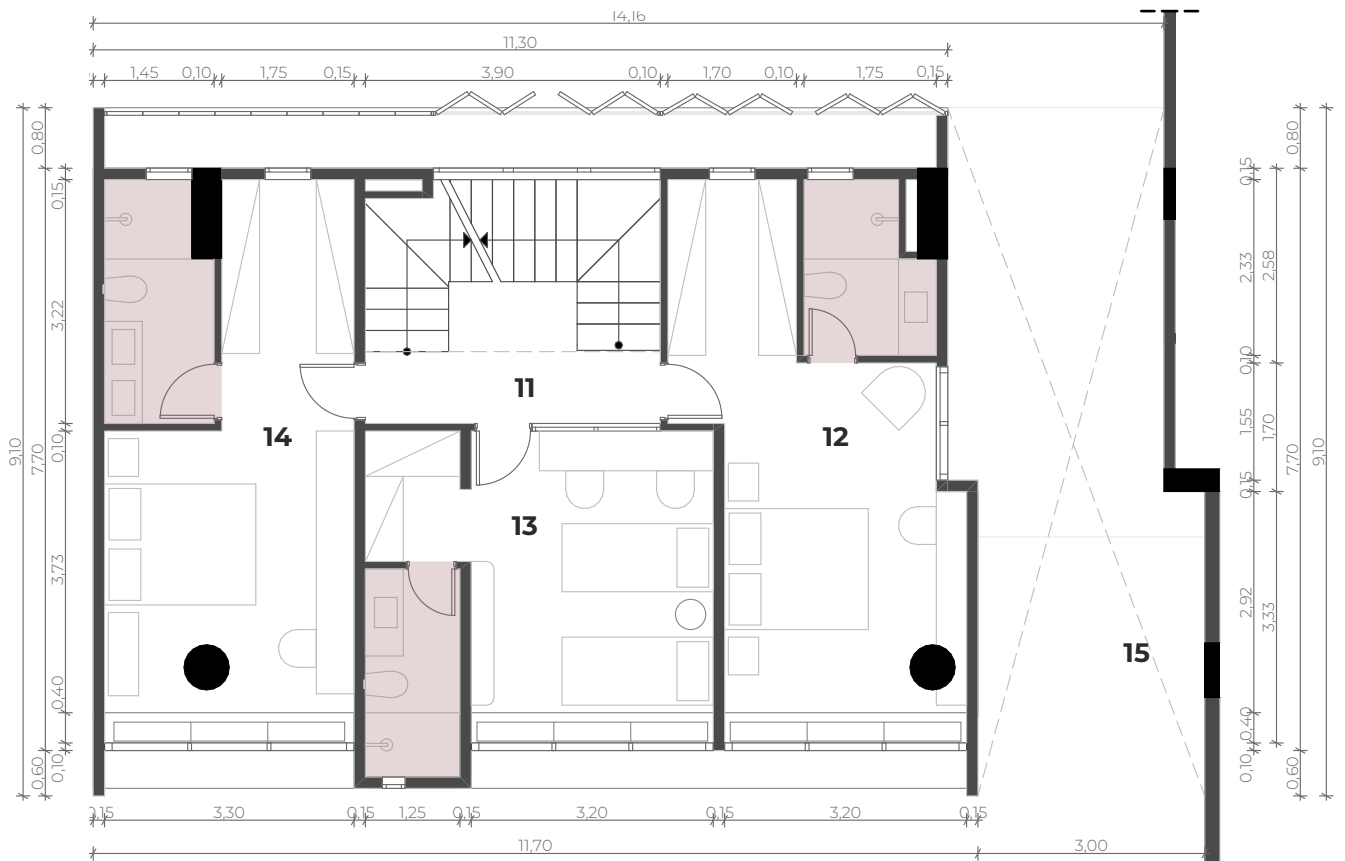
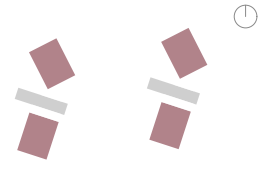
B \_PAVIMENTO SOCIAL



# 09\_Anteprojeto

## \_Tipologias

TIPO DUPLEX B



- 11\_ GALERIA ÍNTIMA
- 12\_ SUÍTE MASTER
- 13\_ SUÍTE 02
- 14\_ SUÍTE 03
- 15\_ VAZIO

B\_PAVIMENTO ÍNTIMO



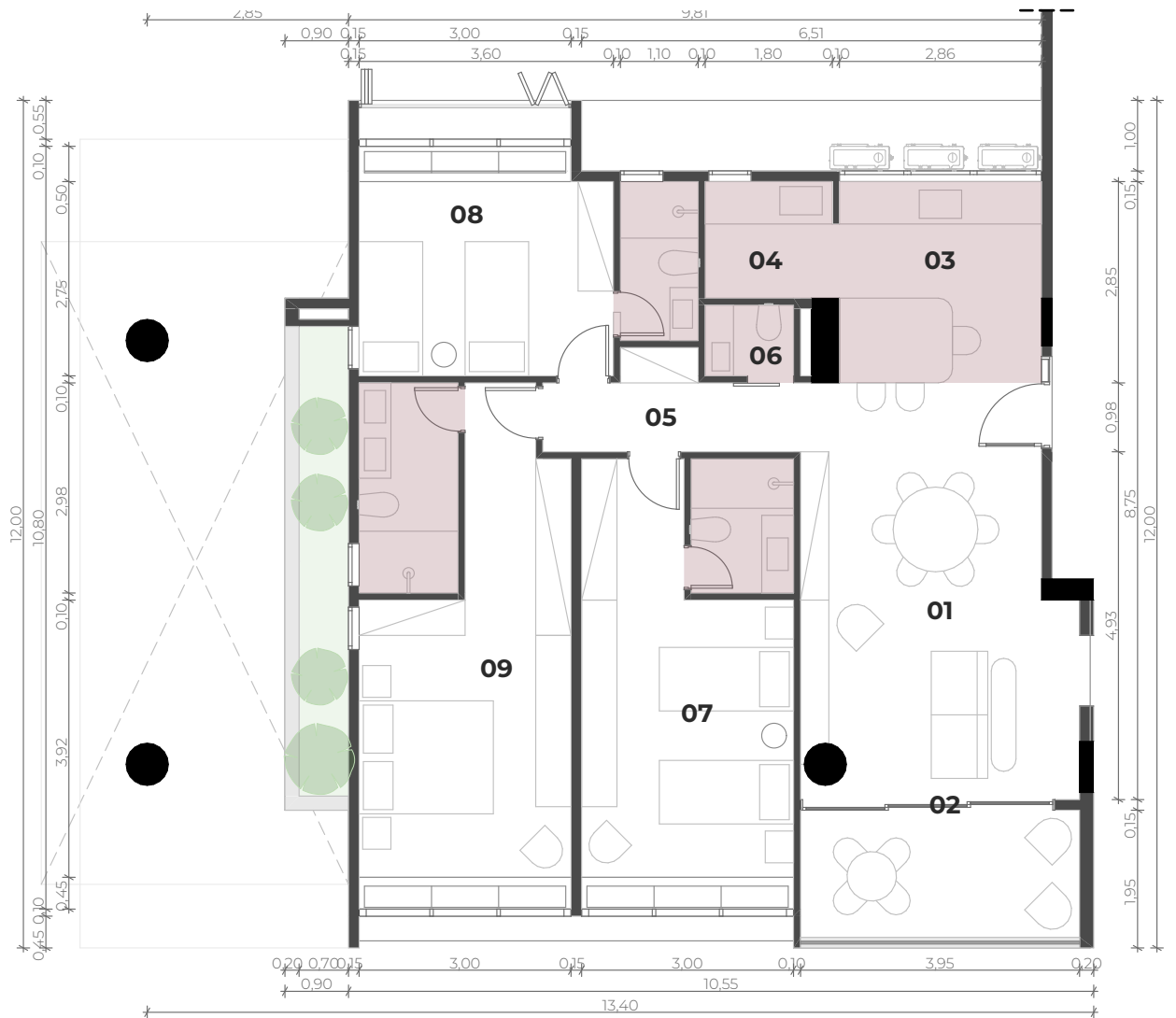
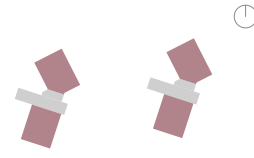
# 09\_Anteprojeto

\_Tipologias

## APARTAMENTO C

3 QUARTOS | 107,44 M<sup>2</sup>

12 UNIDADES (35,30%)



- 01 \_ESTAR E JANTAR
- 02 \_VARANDA
- 03 \_COZINHA
- 04 \_ÁREA DE SERVIÇO
- 05 \_GALERIA ÍNTIMA

- 06 \_LAVABO
- 07 \_SUÍTE 01
- 08 \_SUÍTE 02
- 09 \_SUÍTE MASTER

C \_APARTAMENTO



# 09 \_Anteprojeto

## \_Programa de necessidades

### Áreas comuns

---

Além disso, o projeto também deve contemplar áreas comuns que valorizem o empreendimento proposto e se enquadrem no padrão dos demais edifícios do entorno, contando com espaços como salão de festas, academia, áreas de lazer e piscina. Somando-se o todo, a viabilidade do projeto se sustenta na compatibilização das diretrizes bioclimáticas adotadas nas unidades habitacionais com as expectativas do mercado imobiliário, proporcionando uma edificação adaptada à realidade do bairro e com importantes diferenciais competitivos de desempenho térmico e ambiental.



praça de convivência



salão de festas



piscina com raia



churrasqueira



deck



sauna



coworking



quadra esportiva



pet place



brinquedoteca



salão de jogos



jardim suspenso



**Figura 63** - Vista térrea acesso edifício  
Imagem elaborada pelo autor





**Figura 64** - Vista térrea acesso compartilhado do edifício  
Imagem elaborada pelo autor





**Figura 65** - Ampliação das fachadas à leste desencontradas  
Imagem elaborada pelo autor



**Figura 66** - Vista sudoeste  
Imagem elaborada pelo autor



**Figura 67** - Vista ampliada do detalhe de inclinação da torre  
Imagem elaborada pelo autor



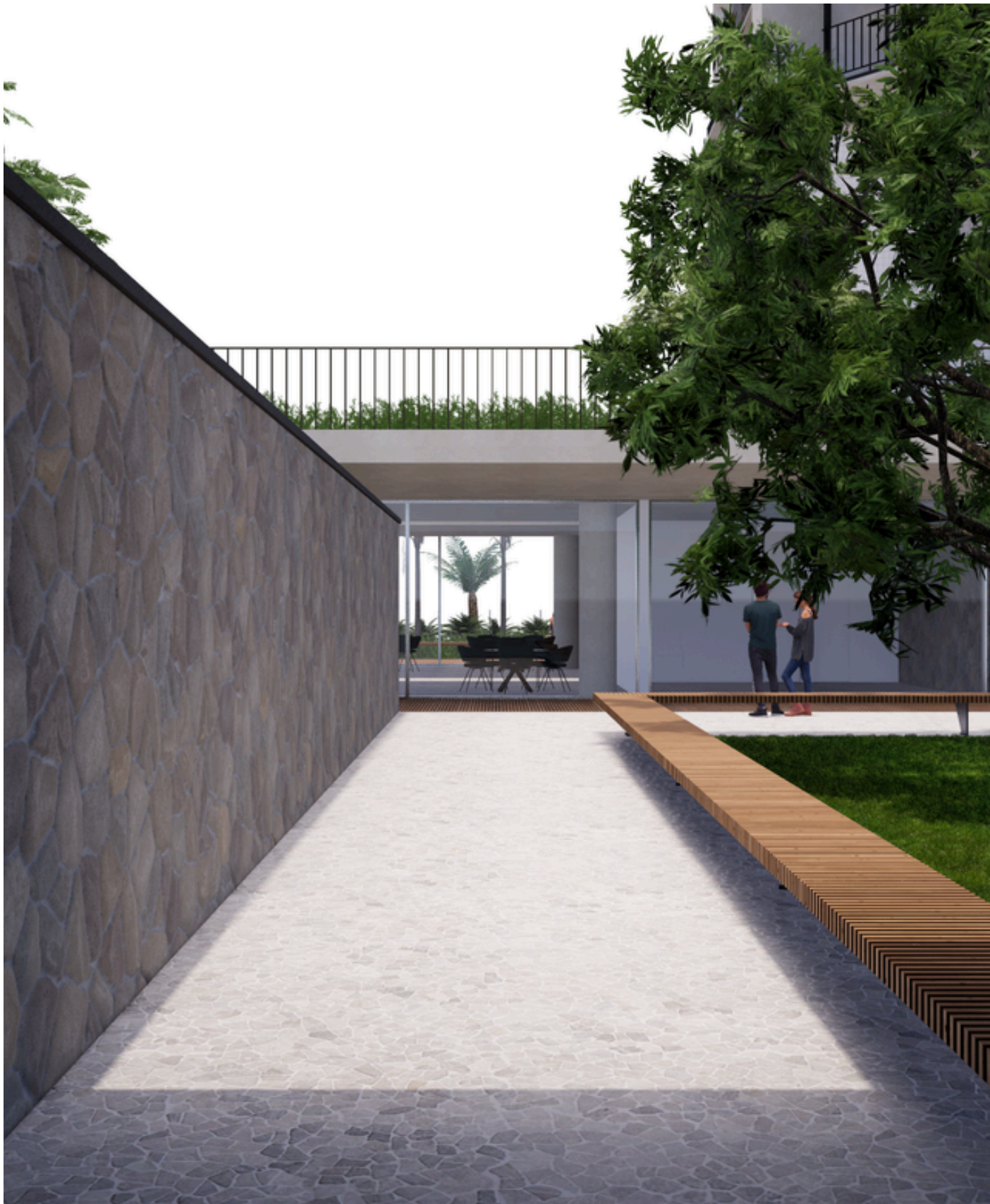
**Figura 68** - Vista ampliada detalhe pé direito duplo e triplo vazio para passagem do ar  
Imagem elaborada pelo autor



**Figura 69** - Vista recepção compartilhada pelas torres  
Imagem elaborada pelo autor



**Figura 70** - Vista pátio externo entre torres  
Imagem elaborada pelo autor



**Figura 71** - Vista atalho recepção e salão de festas  
Imagem elaborada pelo autor



**Figura 72** - Vista acesso torre Nordeste  
Imagem elaborada pelo autor



**Figura 73** - Vista praça de convivência lateral à entrada detalhe acesso  
Imagem elaborada pelo autor



**Figura 74** - Vista praça de convivência lateral à entrada  
Imagem elaborada pelo autor



**Figura 75** - Vista parquinho, pet place e praça de convivência  
Imagem elaborada pelo autor



**Figura 76** - Vista conexão piscina e praça  
Imagem elaborada pelo autor



**Figura 76** - Vista espaço externo salão de festas  
Imagem elaborada pelo autor



**Figura 78** - Vista espaço externo churrasqueira  
Imagem elaborada pelo autor



**Figura 79** - Vista piscina  
Imagem elaborada pelo autor



**Figura 80** - Detalhe banco conectando os ambientes  
Imagem elaborada pelo autor



**Figura 81** - Vista mezanino / passarela entre torres  
Imagem elaborada pelo autor



**Figura 82** - Vista mezanino / passarela entre torres sentido oposto  
Imagem elaborada pelo autor

**Figura 83** - Vista fachada Norte  
Imagem elaborada pelo autor



**Figura 84** - Vista fachada Sul  
Imagem elaborada pelo autor



**Figura 85** - Vista fachada Leste  
Imagem elaborada pelo autor

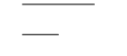
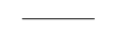


**Figura 86** - Vista fachada Oeste  
Imagem elaborada pelo autor







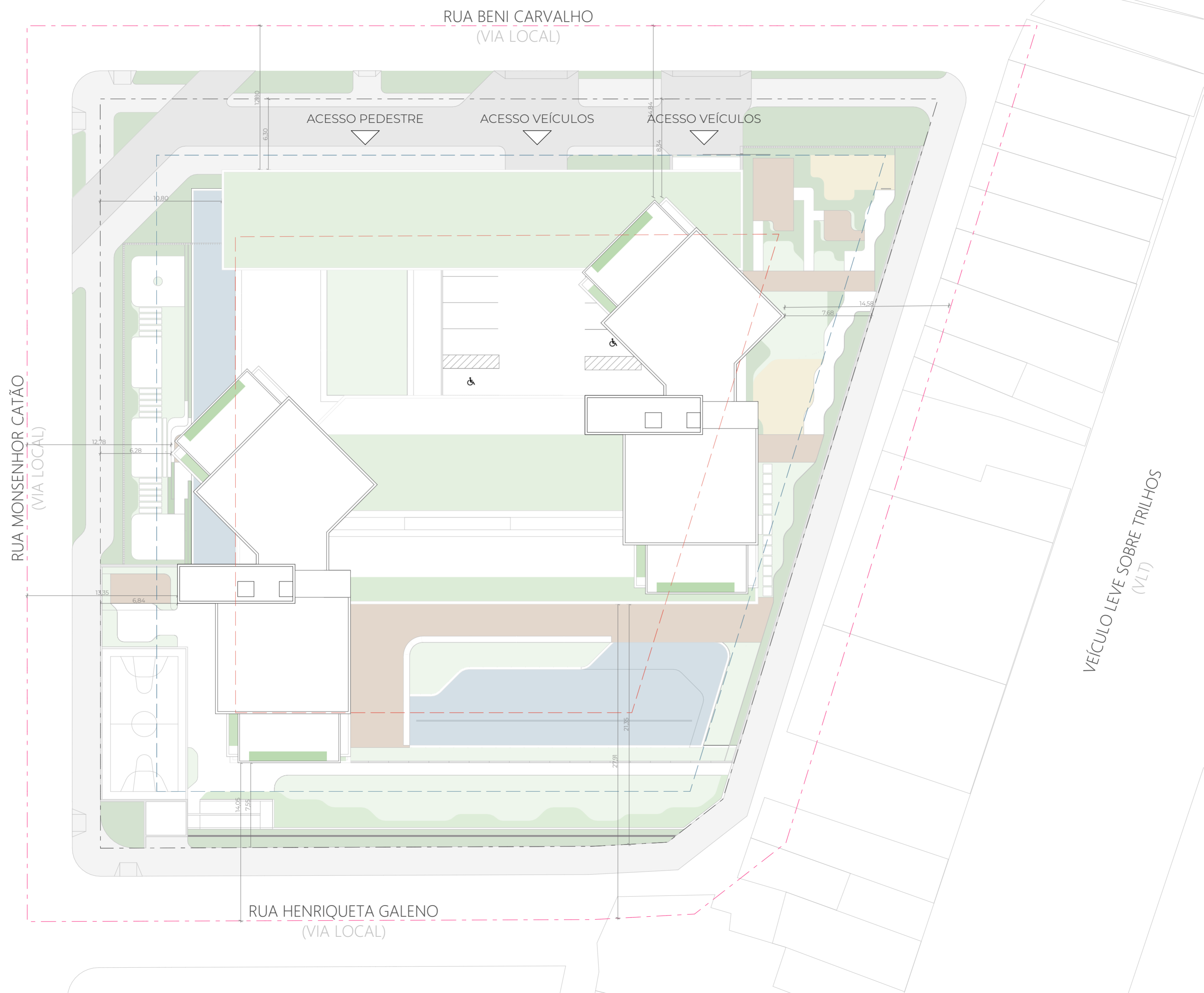


— 25



0

-  RECUO MÍNIMO
-  RECUO VERTICALIZAÇÃO
-  LIMITE LEGAL
-  EIXO DA VIA



QUADRO DE ÁREAS

PAVIMENTO	ÁREA COMUM			ÁREA PRIVATIVA				ÁREA COMPUTÁVEL				ÁREA CONSTRUÍDA
	ÁREA (m²)	QNT.	SUBTOTAL	TIPO	ÁREA (m²)	Nº UNIDADES	SUBTOTAL	TIPO	ÁREA	Nº UNS	SUBTOTAL	
SUBSOLO 01	ESTACIONAMENTO	2158,90	1	2158,90								
	SALA DE JOGOS	80,20	1	80,20								
	CIRCULAÇÕES	43,50	2	87,00		-				-		
	CASA DO LIXO E GÁS	64,05	1	64,05								
	<b>TOTAL PAVIMENTO</b>			<b>2390,15</b>								
SUBSOLO 02	ESTACIONAMENTO	2110,43	1	2110,43								
	CISTERNA	132,10	1	132,10								
	CASA DE MÁQUINAS	64,05	1	64,05		-				-		
	CIRCULAÇÕES	43,50	2	87,00								
	<b>TOTAL PAVIMENTO</b>			<b>2393,58</b>								
TÉRREO	PORTARIA, HALL, SERVIÇOS E ACESSOS	411,96	1	411,96								
	COWORKING	31,15	1	31,15								
	ACADEMIA	89,73	1	89,73								
	SALA DE JOGOS	33,30	1	33,30								
	SALÃO DE FESTAS	199,50	1	199,50		-				-		
	CHURRASQUEIRA	144,50	1	144,50								
	SAUNA	15,70	1	15,70								
	CIRCULAÇÕES E ACESSOS	373,43	1	373,43								
	<b>TOTAL PAVIMENTO</b>			<b>1299,27</b>								
MEZANINO	CIRCULAÇÕES	43,50	2	87,00								
	PRAÇA SUSPensa SOB LAJE	130,00	2	260,00		-				-		
	<b>TOTAL PAVIMENTO</b>			<b>347,00</b>								
1º, 6º, 11º, 16º, 21º, 26º PAVIMENTOS	CIRCULAÇÃO	18,13	2	36,26	PISO ÍNTIMO TIPO B   UH. RETA	79,78	2	159,56	PISO ÍNTIMO TIPO B   UH. RETA	79,78	2,00	159,56
	CX. D'ÁGUA	6,61	2	13,22	PISO ÍNTIMO TIPO B   UH. INCLINADA 45º	79,78	2	159,56	PISO ÍNTIMO TIPO B   UH. INCLINADA 45º	79,78	2,00	159,56
	<b>TOTAL RECORRÊNCIA EM 6 PAVIMENTOS</b>		<b>12</b>	<b>593,76</b>			<b>24</b>	<b>1914,72</b>			<b>24,00</b>	<b>1914,72</b>
2º, 7º, 12º, 17º, 22º, 27º PAVIMENTOS	CIRCULAÇÃO	44,09	2	88,18	PISO SOCIAL TIPO B   UH. RETA	83,04	2	166,08	PISO SOCIAL TIPO B   UH. RETA	76,14	2,00	152,28
					PISO SOCIAL TIPO B   UH. INCLINADA 45º	87,21	2	174,42	PISO SOCIAL TIPO B   UH. INCLINADA 45º	80,63	2,00	161,26
	<b>TOTAL RECORRÊNCIA EM 6 PAVIMENTOS</b>		<b>12</b>	<b>1058,16</b>			<b>24</b>	<b>2043,00</b>			<b>24,00</b>	<b>1881,24</b>
3º, 8º, 13º, 18º, 23º, 18º PAVIMENTOS	CIRCULAÇÃO	42,83	2	85,66	APTO. TIPO C   UH. RETA	107,44	2	214,88	APTO. TIPO C   UH. RETA	96,66	2,00	193,32
					APTO. TIPO C   UH. INCLINADA 45º	109,83	2	219,66	APTO. TIPO C   UH. INCLINADA 45º	94,90	2,00	189,80
	<b>TOTAL RECORRÊNCIA EM 6 PAVIMENTOS</b>		<b>12</b>	<b>1027,92</b>			<b>24</b>	<b>2607,24</b>			<b>24,00</b>	<b>2298,72</b>
4º, 9º, 14º, 19º, 24º PAVIMENTOS	CIRCULAÇÃO	44,09	2	88,18	PISO SOCIAL TIPO A   UH. RETA	135,04	2	270,08	PISO SOCIAL TIPO A   UH. RETA	100,88	2,00	201,76
					PISO SOCIAL TIPO A   UH. INCLINADA 45º	137,05	2	274,10	PISO SOCIAL TIPO A   UH. INCLINADA 45º	103,38	2,00	206,76
	<b>TOTAL RECORRÊNCIA EM 6 PAVIMENTOS</b>		<b>10</b>	<b>881,80</b>			<b>20</b>	<b>2720,90</b>			<b>20,00</b>	<b>2042,60</b>
5º, 10º, 15º, 20º, 25º PAVIMENTOS	CIRCULAÇÃO	18,13	2	36,26	PISO ÍNTIMO TIPO A   UH. RETA	85,10	2	170,20	PISO ÍNTIMO TIPO A   UH. RETA	80,36	2,00	160,72
	CX. D'ÁGUA	6,61	2	13,22	PISO ÍNTIMO TIPO A   UH. INCLINADA 45º	99,16	2	198,32	PISO ÍNTIMO TIPO A   UH. INCLINADA 45º	92,11	2,00	184,22
	<b>TOTAL RECORRÊNCIA EM 5 PAVIMENTOS</b>		<b>10</b>	<b>494,80</b>			<b>20</b>	<b>1842,60</b>			<b>20,00</b>	<b>1724,70</b>
COBERTA	COBERTA	332,89	2	665,78								
	CX. D'ÁGUA	34,75	2	69,50		-				-		
	<b>TOTAL PAVIMENTO</b>			<b>735,28</b>								
<b>TOTAL</b>		<b>11.221,72</b>				<b>11128,46</b>				<b>9861,98</b>		<b>22350,18</b>

<b>TOTAL DE UNIDADES</b>	20	DUPLEx TIPO A	24	DUPLEx TIPO 2	24	APTO. TIPO C						<b>68</b>
<b>TOTAL DE VAGAS</b>	85	SUBSOLO 01	91	SUBSOLO 02	11	TÉRREO	<b>180 VAGAS DE AUTOMÓVEL P/ UNI. HABS.</b>	<b>1 EXTRA P/ SERVIÇO</b>		<b>6 VAGAS EXTRAS DE AUTOMÓVEL (3,4%) P/ PCD</b>		<b>187</b>

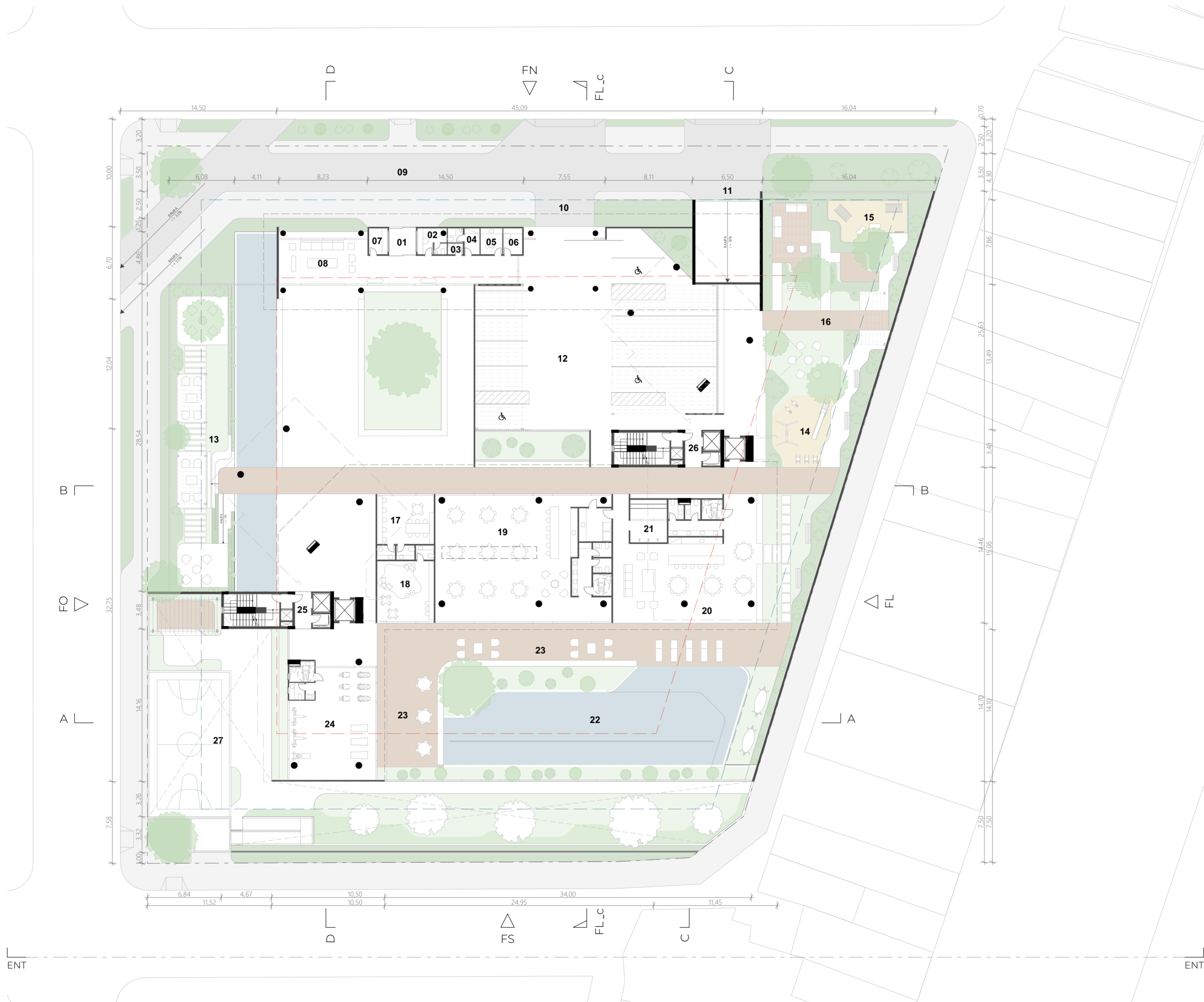
<b>ÁREA DO TERRENO</b>												<b>4227,00</b>
<b>TAXA DE PERMEABILIDADE</b>	787,2165	x 100% (GRAMA) =	<b>787,22</b>		298,8615	x 20% (PEDRA PORTUGUESA) =	<b>59,77</b>	1009,89	x 0% (COBERTURA VERDE)			<b>20,04%</b>
<b>TAXA DE OCUPAÇÃO</b>												<b>39,91%</b>
<b>XA DE OCUPAÇÃO DO SUBSOLO</b>												<b>56,63%</b>
<b>ÍNDICE DE APROVEITAMENTO</b>												<b>2,33</b>

\* CONTEMPLADAS 3 VAGAS PARA AS UNIDADES DUPLEx "A e B" (MAIOR METRAGEM COMERCIAL) = 132

\* CONTEMPLADAS 2 PAGAS PARA AS UNIDADES APARTAMENTO "C" (MENOR METRAGEM COMERCIAL) = 48

\* AO NOTAR A REDUÇÃO DO POTENCIAL DE APROVEITAMENTO COM O USO DA TIPOLOGIA DUPLEx, SE OPTOU POR FAZER USO DA OUTORGA PARA GANHAR ALTURA E ÍNDICE, TENDO EM VISTA A MELHOR VIABILIDADE ECONÔMICA DE SE COMPRAR AMBOS, AO INVÉS DE APENAS UM.

\* A PORCENTAGEM RESTARTE FERETENTE À PERMEABILIDADE MÍNIMA EXIGIDA PELA LEI DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DE FORTALEZA (30% DE ÁREA MÍNIMA PERMEÁVEL - 9,96% FALTANTES) SERÁ SUPRIDA POR VALAS E DRENOS PLUVIAIS LINEARES.



— 25

—

—

—

— 0

— RECULO MÍNIMO

— RECULO VERTICALIZAÇÃO

— PROJEÇÃO MEZANINO

— PROJEÇÃO TORRE

- 01 \_ ACESSO PEDESTRE
- 02 \_ GUARITA
- 03 \_ DML
- 04 \_ VESTIÁRIO
- 05 \_ COPA
- 06 \_ ADMINISTRAÇÃO
- 07 \_ ESPAÇO DELIVERY
- 08 \_ HALL ESPERA
- 09 \_ EMBARQUE / DESEMBARQUE
- 10 \_ ACESSO AUTOMÓVEL TÉRREO
- 11 \_ ACESSO AUTOMÓVEL SUBSOLO
- 12 \_ GARAGEM TÉRREO
- 13 \_ PRAÇA DE CONVIVÊNCIA SO
- 14 \_ PARQUINHO
- 15 \_ PET PLACE
- 16 \_ PRAÇA DE CONVIVÊNCIA NO
- 17 \_ COWORKING
- 18 \_ BRINQUEDOTECA
- 19 \_ SALÃO DE FESTAS
- 20 \_ CHURRASQUEIRA
- 21 \_ SAUNA
- 22 \_ PISCINA
- 23 \_ DECK
- 24 \_ ACADEMIA
- 25 \_ CIRCULAÇÃO VERTICAL TORRE SUDOESTE
- 26 \_ CIRCULAÇÃO VERTICAL TORRE NORDESTE
- 27 \_ LAZER NÍVEL SUBSOLO



— 25

—

—

—

— 0

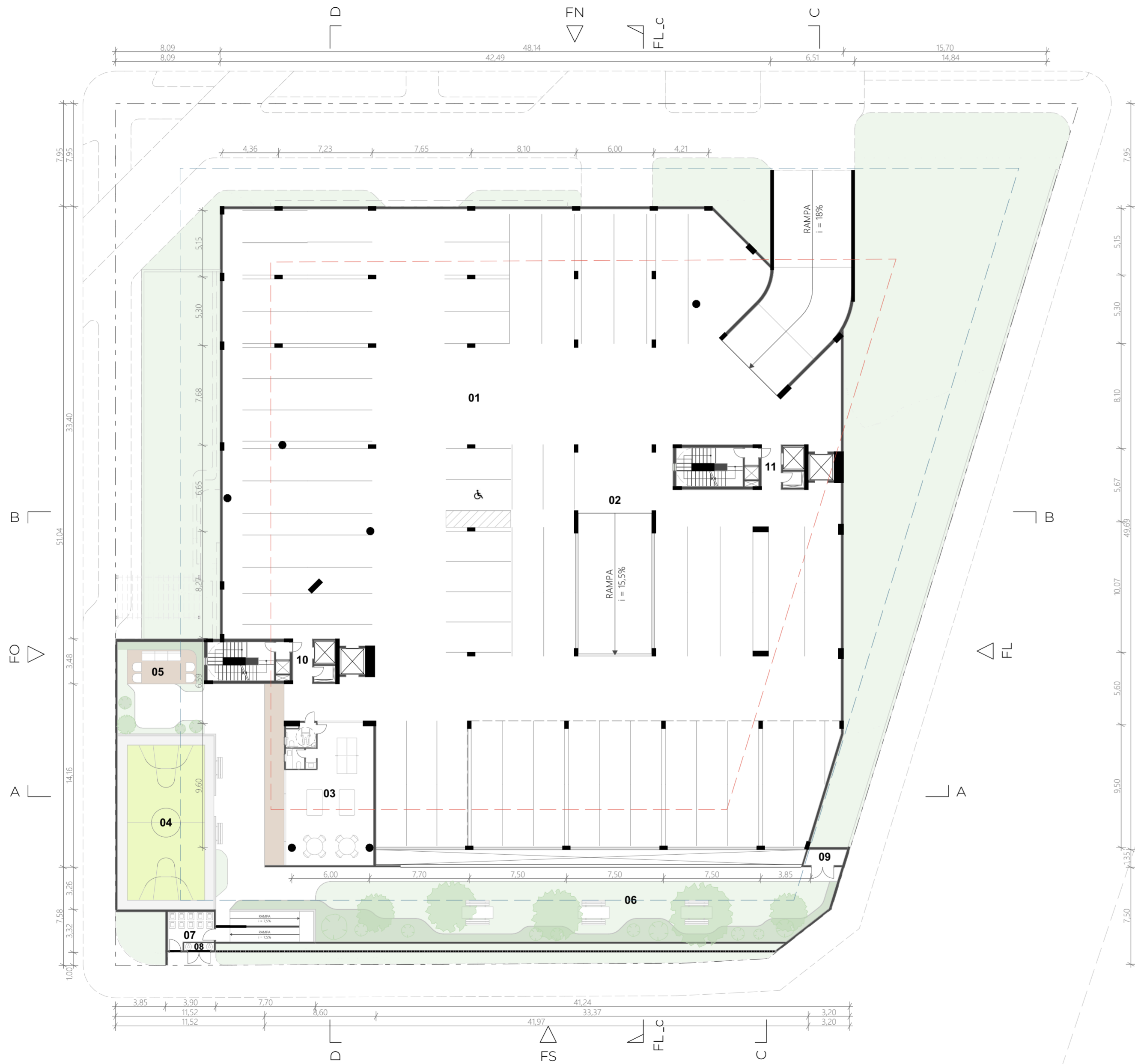
— RECULO MÍNIMO

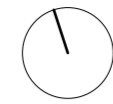
— RECULO VERTICALIZAÇÃO

— PROJEÇÃO PAVIMENTO SUPERIOR

— LIMITE LEGAL

- 01 \_ SUBSOLO -1
- 02 \_ RAMPA DE ACESSO SUBSOLO -2
- 03 \_ SALA DE JOGOS
- 04 \_ QUADRA POLIESPORTIVA
- 05 \_ ESTAR PERGOLADO
- 06 \_ BOSQUE
- 07 \_ CASA DO LIXO
- 08 \_ CASA DO GÁS
- 09 \_ CASA DE MÁQUINAS
- 10 \_ CIRCULAÇÃO VERTICAL TORRE SUDOESTE
- 11 \_ CIRCULAÇÃO VERTICAL TORRE NORDESTE







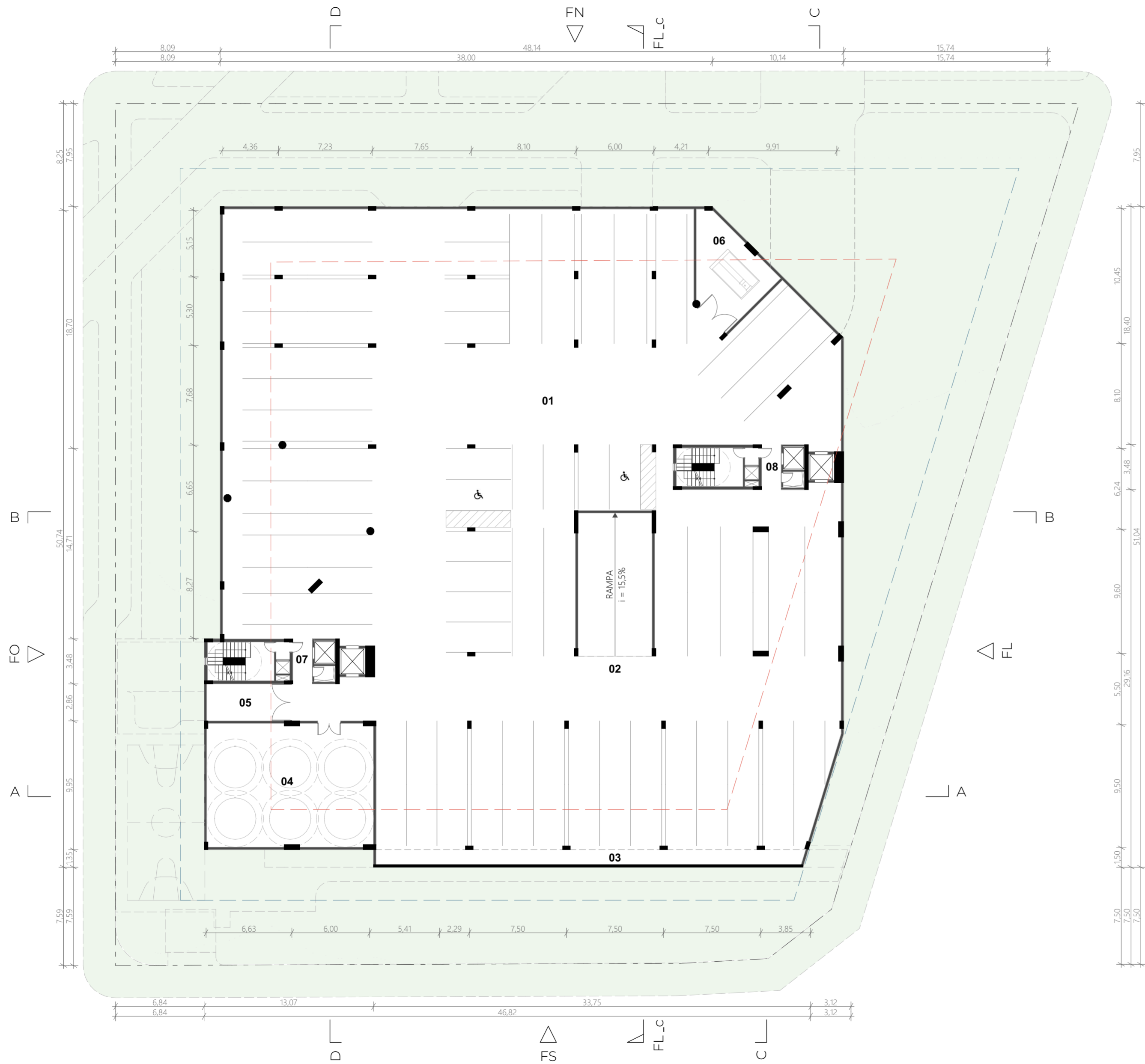


— 25

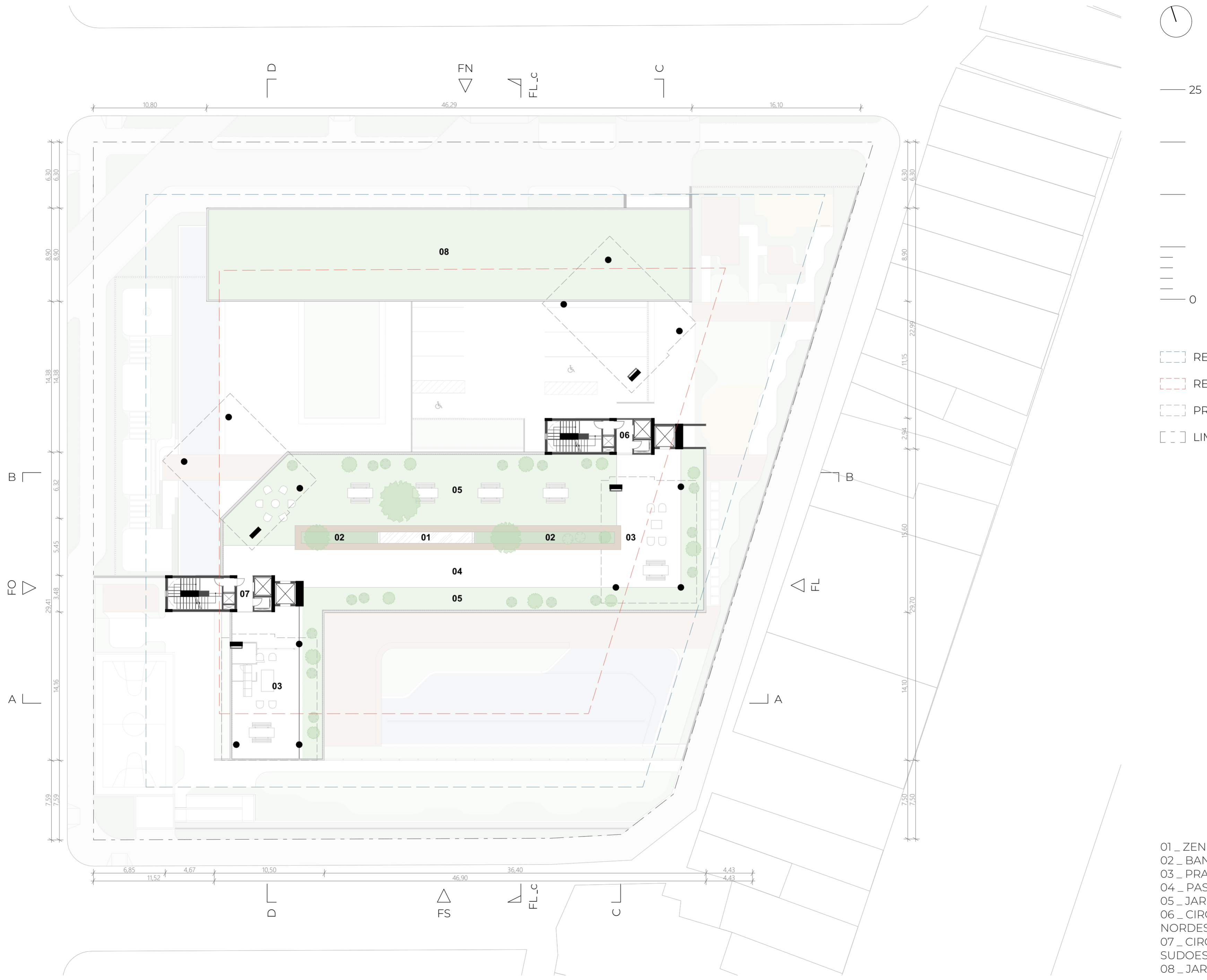


— 0

-  RECUIO MÍNIMO
-  RECUIO VERTICALIZAÇÃO
-  PROJEÇÃO PAVIMENTO SUPERIOR
-  LIMITE LEGAL

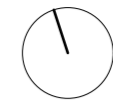


- 01 \_ SUBSOLO -2
- 02 \_ RAMPA DE ACESSO SUBSOLO -1
- 03 \_ ZENITAL VENTILAÇÃO SUBSOLO
- 04 \_ CISTERNA
- 05 \_ CASA DE MÁQUINAS
- 06 \_ GERADOR
- 07 \_ CIRCULAÇÃO VERTICAL TORRE SUDOESTE
- 08 \_ CIRCULAÇÃO VERTICAL TORRE NORDESTE



- RECUO MÍNIMO
- RECUO VERTICALIZAÇÃO
- PROJEÇÃO PAVIMENTO SUPERIOR
- LIMITE LEGAL

- 01 \_ ZENITAL SALÃO DE FESTAS
- 02 \_ BANCO JARDINEIRA
- 03 \_ PRAÇA SUSPENSA
- 04 \_ PASSARELA
- 05 \_ JARDIM SOBRE LAJE
- 06 \_ CIRCULAÇÃO VERTICAL TORRE NORDESTE
- 07 \_ CIRCULAÇÃO VERTICAL TORRE SUDOESTE
- 08 \_ JARDINEIRA SOBRE LAJE ACESSO



— 25



— 0

— PROJEÇÃO PAVIMENTO SUPERIOR

— LIMITE LEGAL

— PAVIMENTO INFERIOR EM VISTA



01 \_ DUPLEX TIPO B | PAV. ÍNTIMO  
 02 \_ CIRCULAÇÃO VERTICAL SEM ACESSO  
 03 \_ VAZIO



— 25

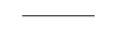


- PROJEÇÃO PAVIMENTO SUPERIOR
- LIMITE LEGAL
- PAVIMENTO INFERIOR EM VISTA

01 \_ DUPLEX TIPO B\_RETO | PAV. SOCIAL  
 02 \_ DUPLEX TIPO B\_45° | PAV. SOCIAL



— 25

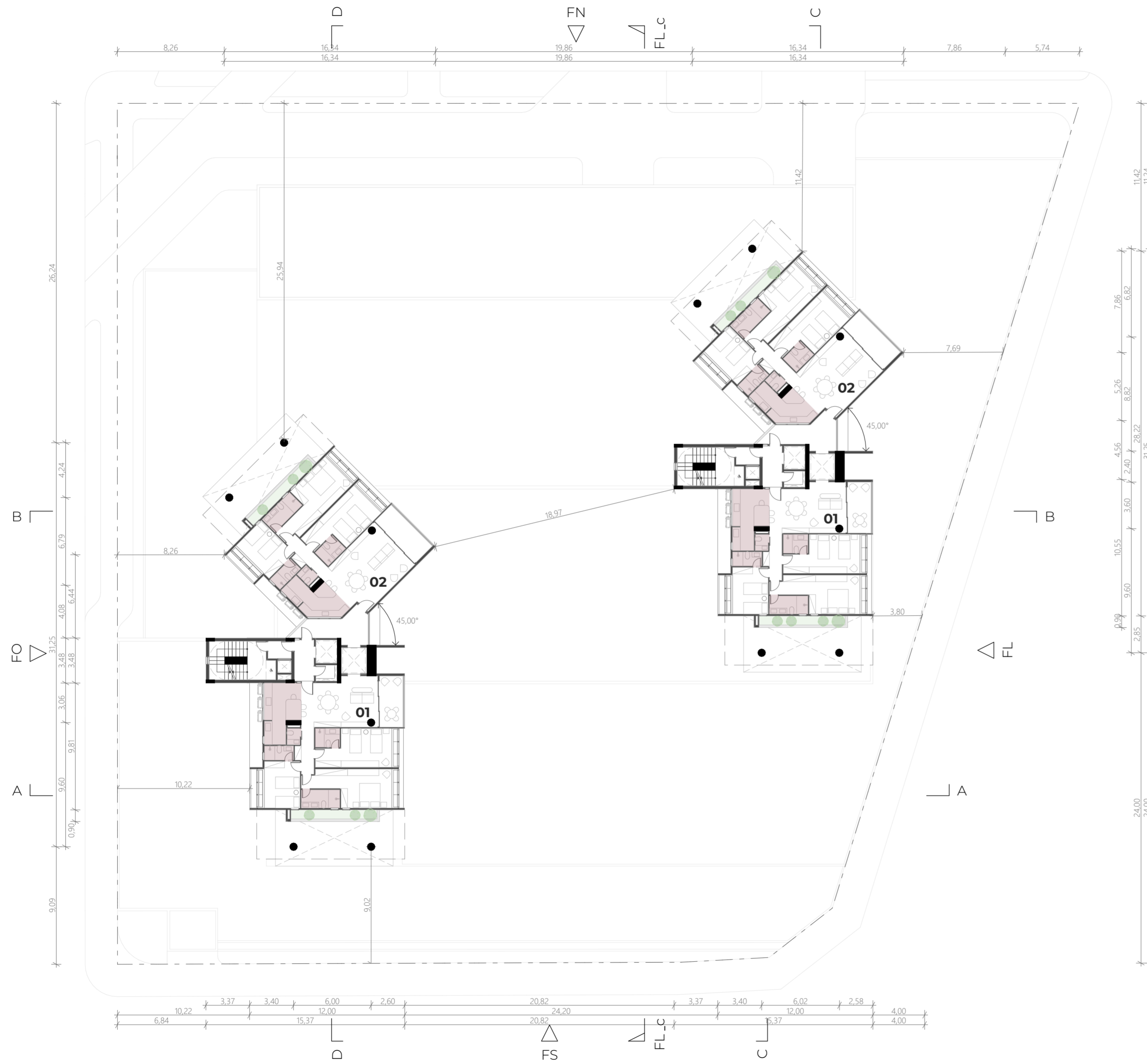


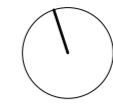
— 0

--- PROJECÇÃO PAVIMENTO SUPERIOR

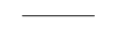
- - - LIMITE LEGAL

□ PAVIMENTO INFERIOR EM VISTA





— 25



— 0

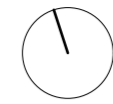
--- PROJECÇÃO PAVIMENTO SUPERIOR

- - - LIMITE LEGAL

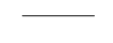
□ PAVIMENTO INFERIOR EM VISTA



01\_ DUPLEX TIPO A\_RETO | PAV. SOCIAL  
 02\_ TERRAÇO PÉ DIREITO TRIPLO  
 03\_ DUPLEX TIPO A\_45° | PAV. SOCIAL



— 25



— 0

[ - - ] LIMITE LEGAL

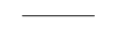
[ ] PAVIMENTO INFERIOR EM VISTA



- 01 \_ DUPLEX TIPO A\_RETO | PAV. ÍNTIMO
- 02 \_ DUPLEX TIPO A\_45° | PAV. ÍNTIMO
- 03 \_ JARDIM SOBRE LAJE
- 04 \_ RESERVA D'ÁGUA DISTRIBUÍDA



— 25

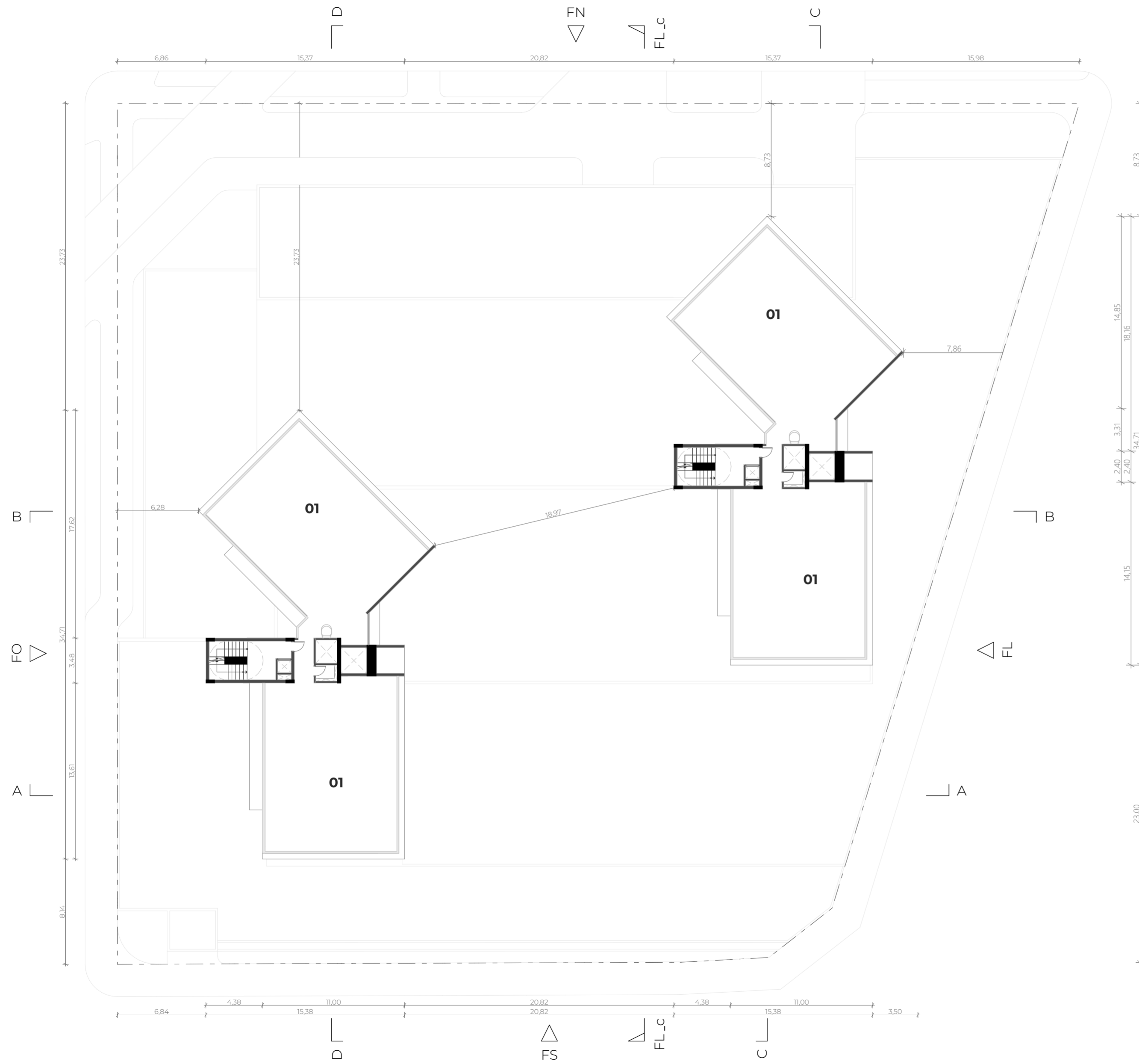


— 0

--- PROJEÇÃO PAVIMENTO SUPERIOR

- - - LIMITE LEGAL

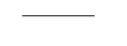
▭ PAVIMENTO INFERIOR EM VISTA



01\_COBERTA



— 25

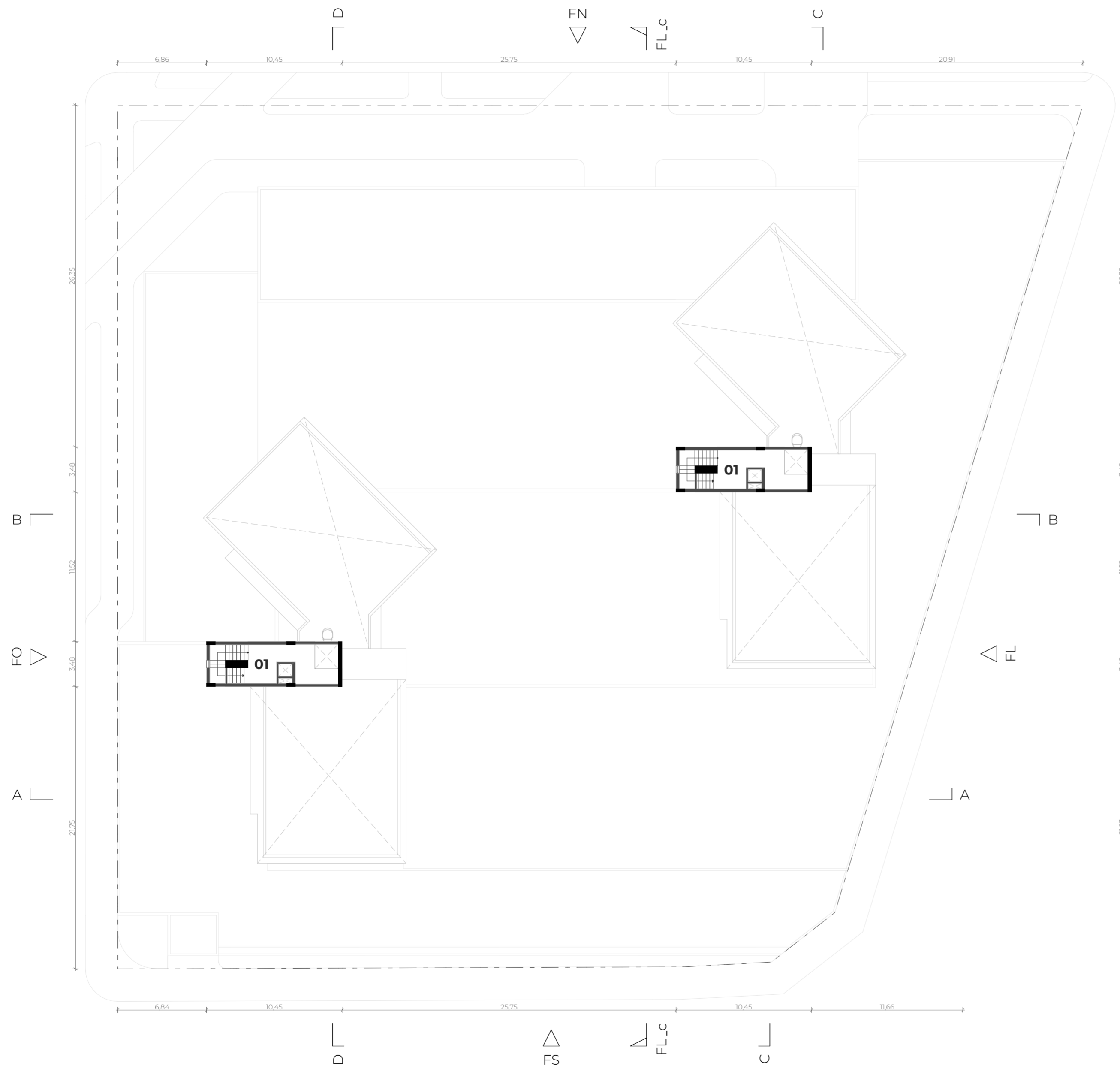


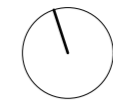
— 0

--- PROJEÇÃO PAVIMENTO SUPERIOR

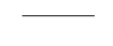
... LIMITE LEGAL

— PAVIMENTO INFERIOR EM VISTA





— 25

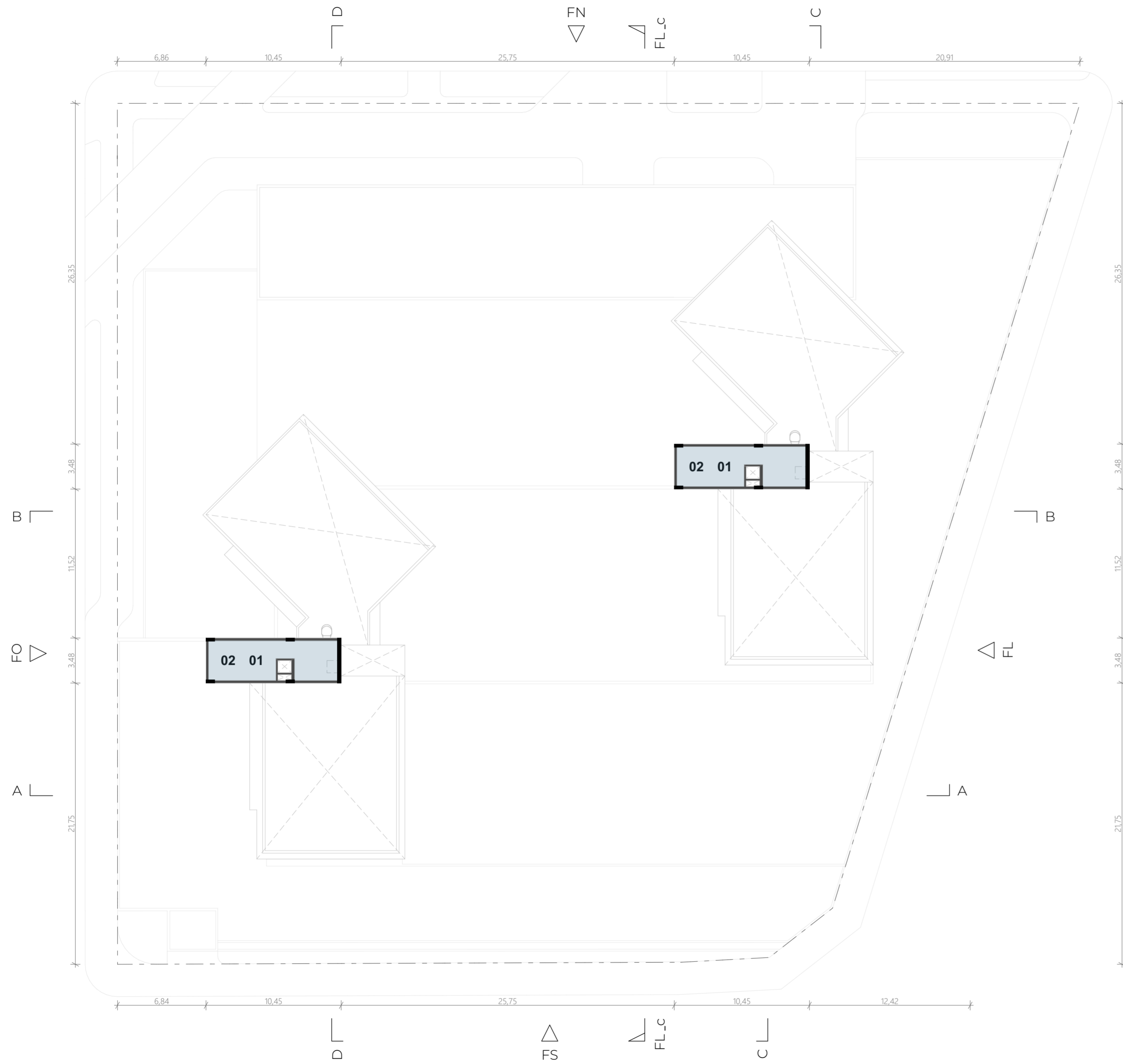


— 0

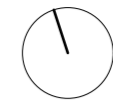
--- PROJEÇÃO PAVIMENTO SUPERIOR

- - - LIMITE LEGAL

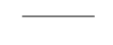
□ PAVIMENTO INFERIOR EM VISTA



01 \_ RESERVA SUPERIOR | 49.800L  
02 \_ RESERVA DE INCÊNDIO | 15.550L



— 25

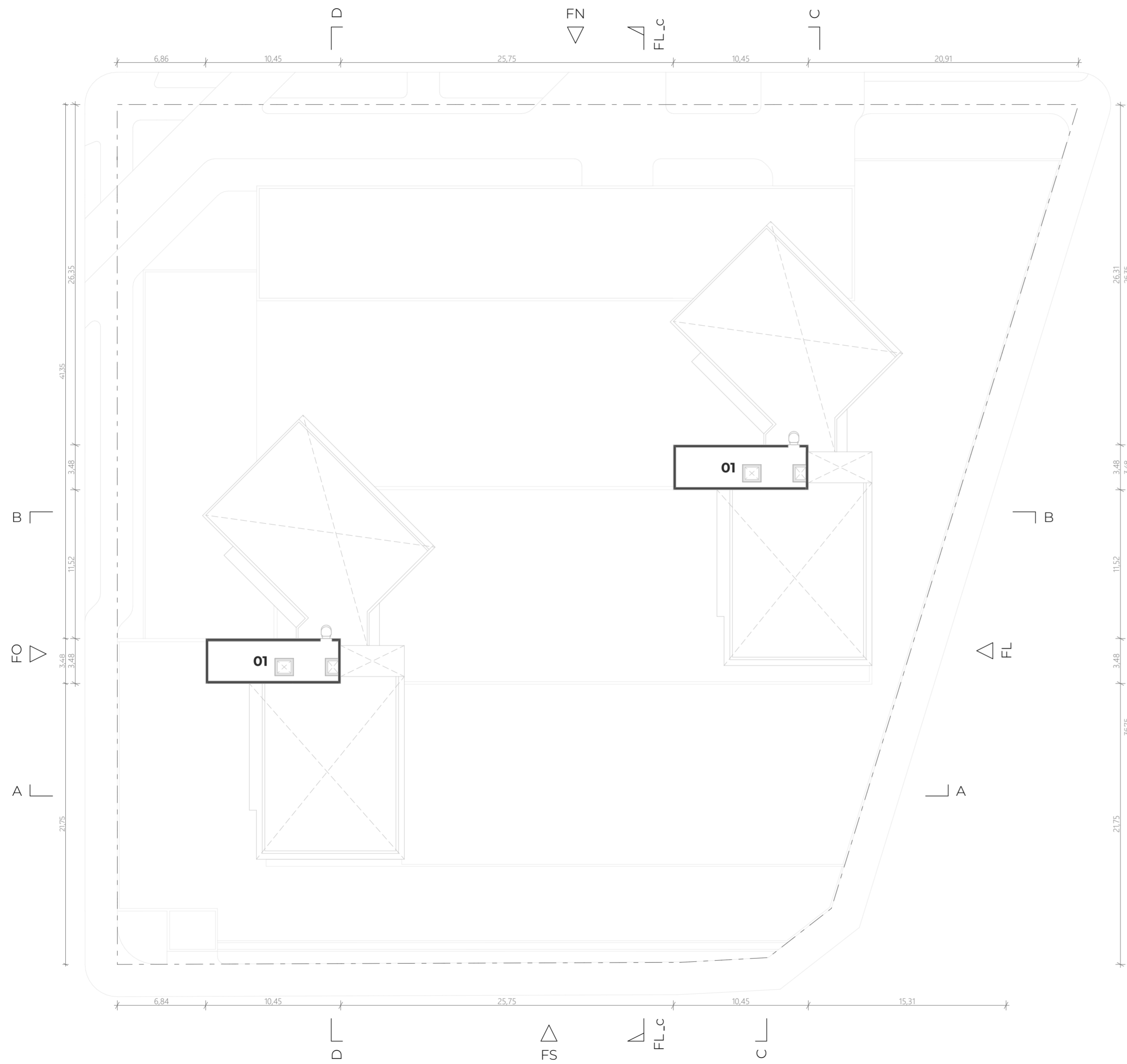


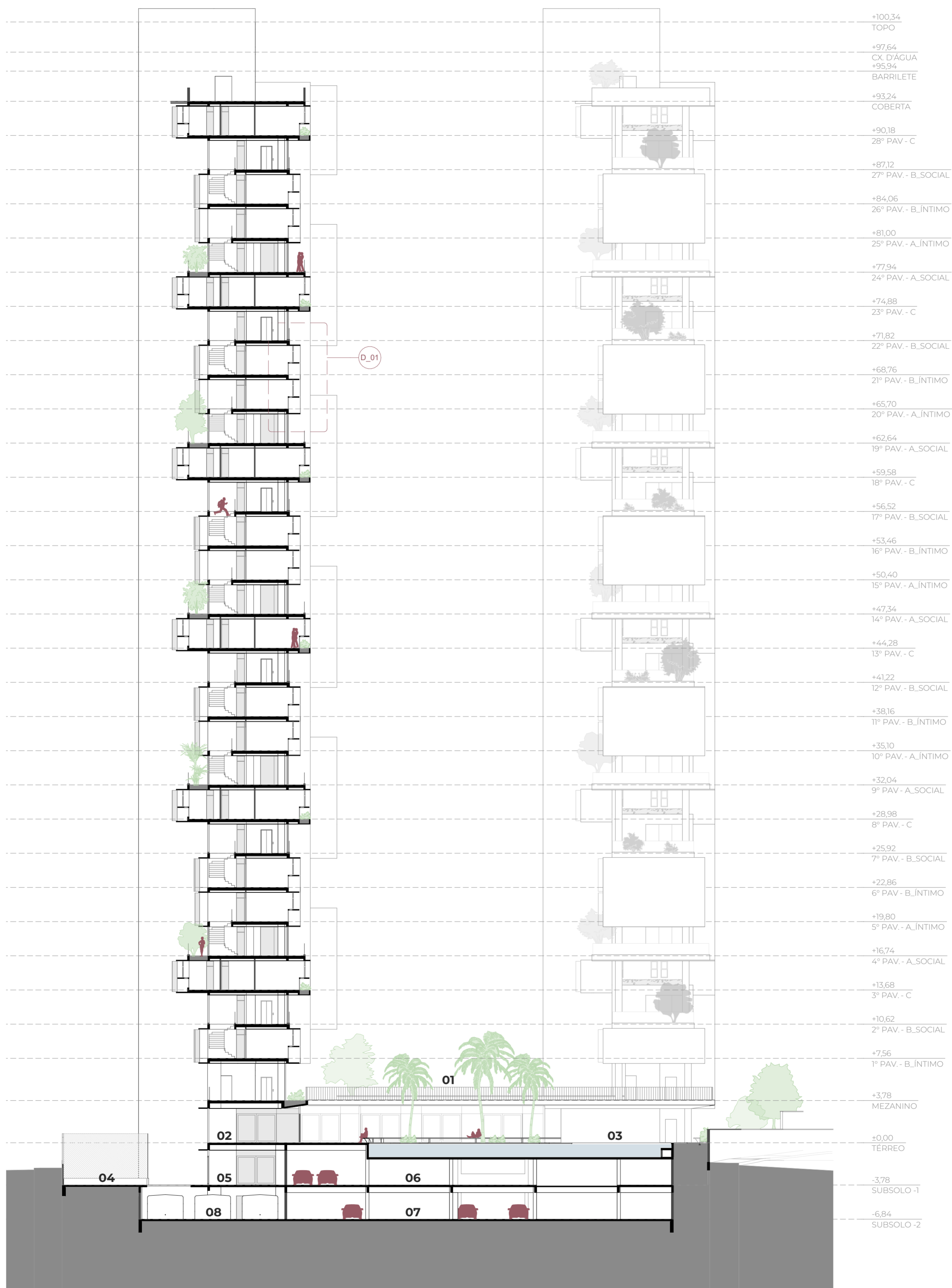
— 0

PROJEÇÃO PAVIMENTO SUPERIOR

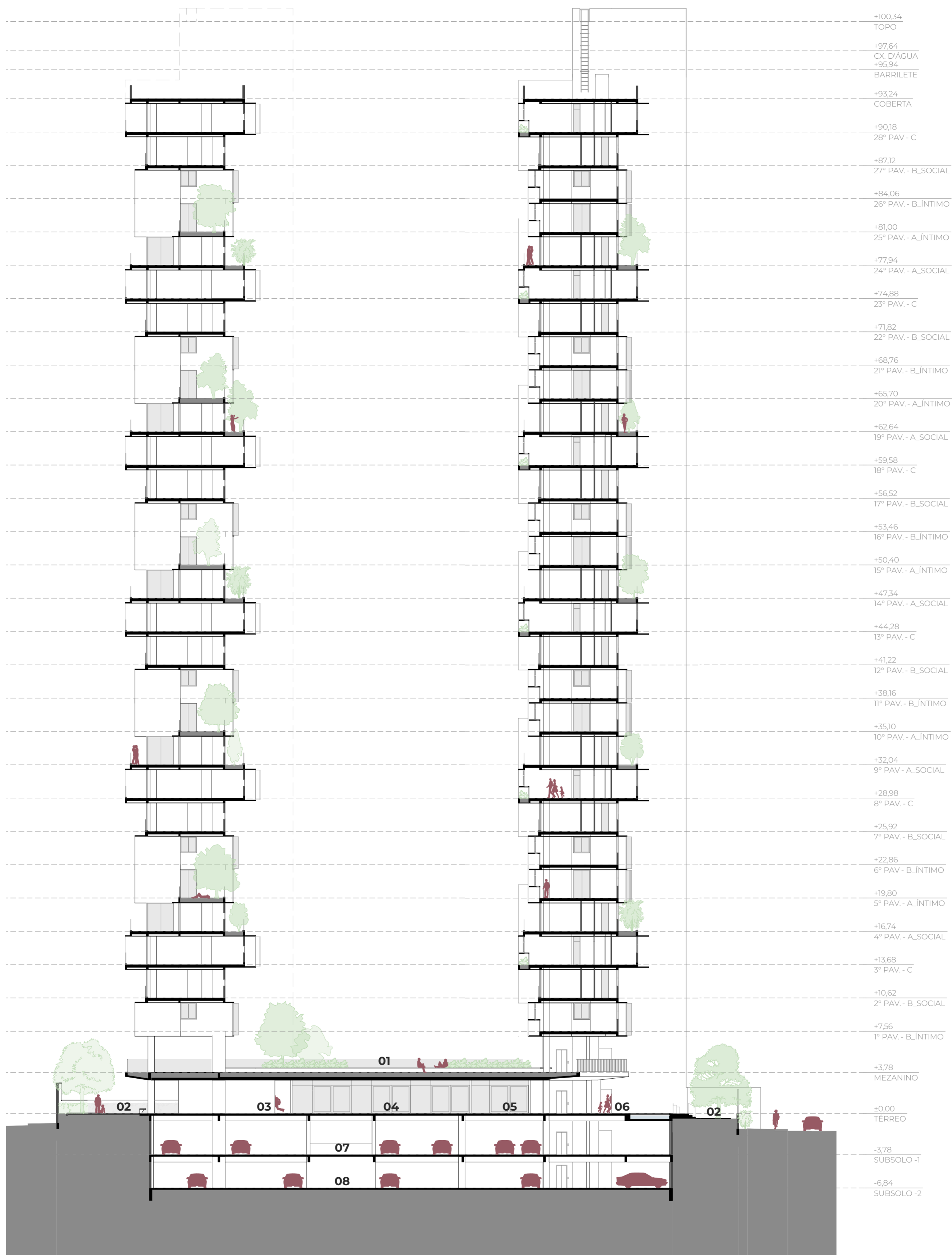
LIMITE LEGAL

PAVIMENTO INFERIOR EM VISTA





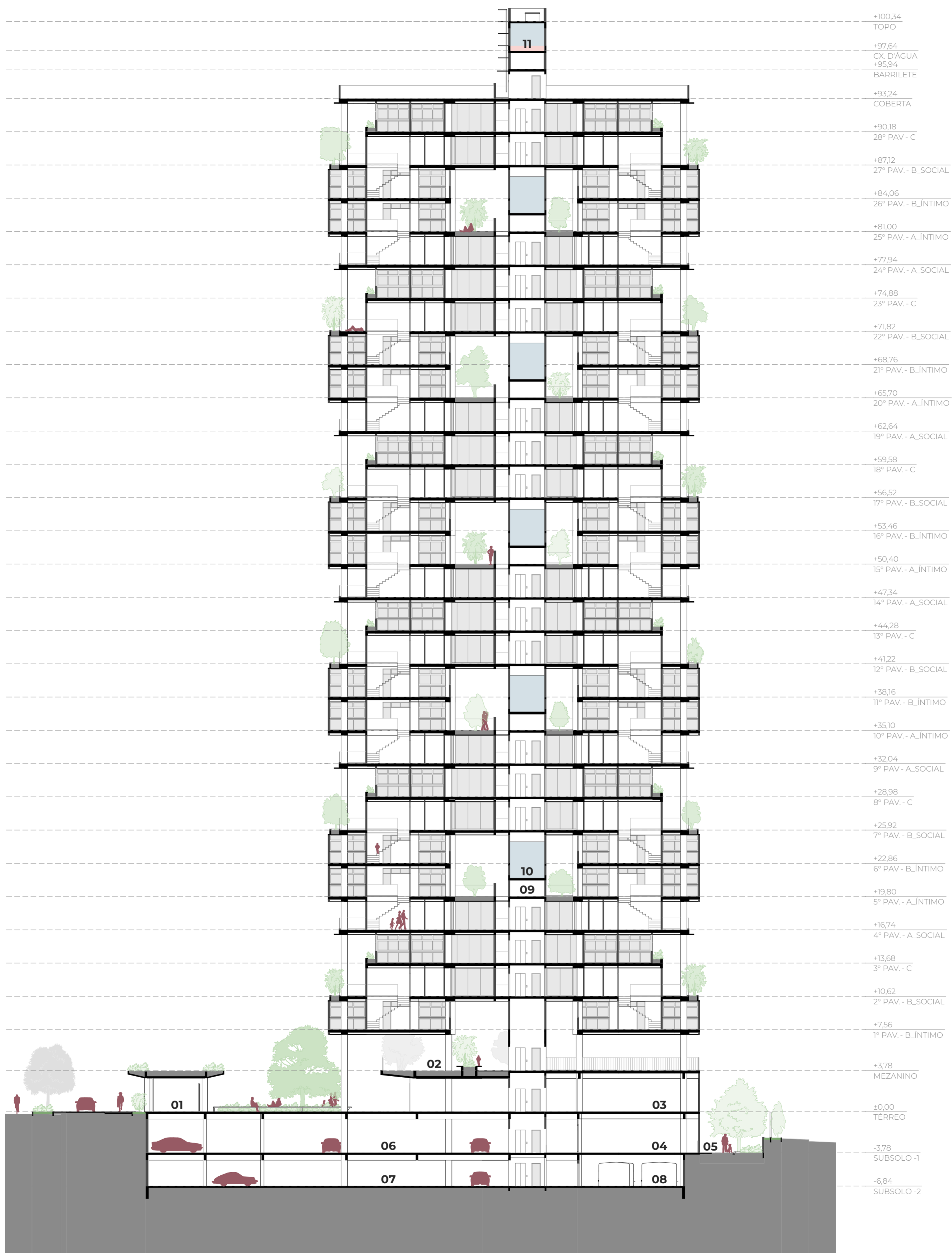
- 01\_MEZANINO
- 02\_ACADEMIA
- 03\_CHURRASQUEIRA
- 04\_QUADRA
- 05\_SALÃO DE JOGOS
- 06\_SUBSOLO 01
- 07\_SUBSOLO 02
- 08\_CISTERNA



- 01\_MEZANINO
- 02\_PRAÇA DE CONVIVÊNCIA
- 03\_CHURRASQUEIRA
- 04\_SALÃO DE FESTAS
- 05\_COWORKING
- 06\_CAIXA DE ESCADA
- 07\_SUBSOLO 01
- 08\_SUBSOLO 02



- 01\_MEZANINO
- 02\_PISCINA
- 03\_CHURRASQUEIRA
- 04\_ESTACIONAMENTO TÉRREO
- 05\_RAMPA ACESSO SUBSOLO
- 06\_SUBSOLO 01
- 07\_BOSQUE
- 08\_SUBSOLO 02



- 01 \_PORTARIA/HALL
- 02 \_PISCINA
- 03 \_ACADEMIA
- 04\_ SALÃO DE JOGOS
- 05 \_BOSQUE
- 06 \_SUBSOLO 01
- 07 \_SUBSOLO 02
- 08 \_CISTERNA
- 09 \_BARRILETE
- 10 \_ RESERVATÓRIO DISTRIBUÍDO
- 11 \_RESERVA SUPERIOR + INCÊNDIO



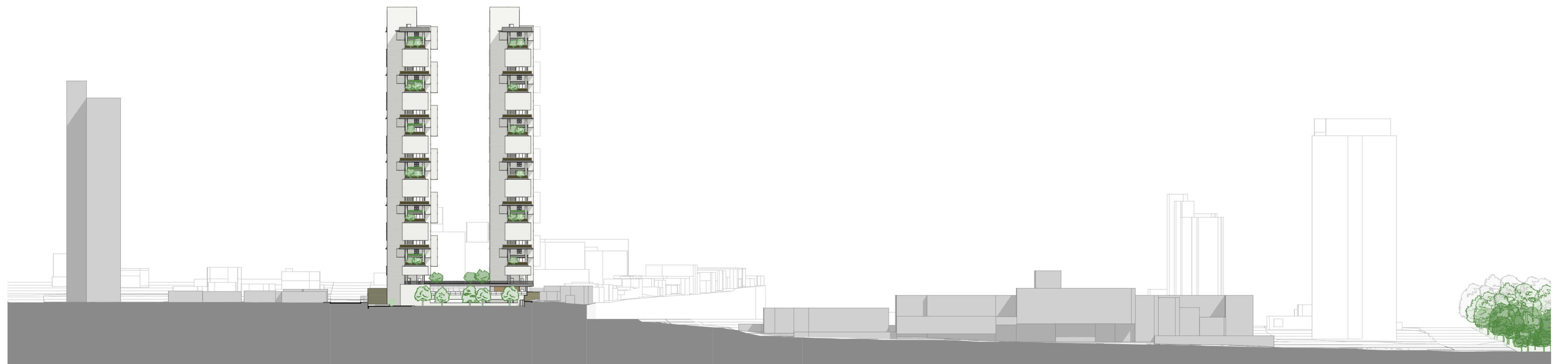








FACHADA DINÂMICA  
Sliding & Folding Shutters  
Hunter Douglas



0 25 50 100



## 10 \_Conclusão

A vontade de transformar brotou de uma inquietação íntima, quase silenciosa, mas constante - como a sensação de um ar rarefeito em um lugar que deveria acolher. A partir dessa ausência persistente, nasceu a vontade de entender por que construímos como construímos, e, ir além, imaginar como poderíamos fazer diferente.

O presente trabalho não objetiva oferecer verdades absolutas, mas propor um momento de reflexão em meio à velocidade que erguemos edifícios - muitas vezes alheios à sombra, ao vento e à vida. Em um cenário urbano e social cada vez mais automatizado e replicado, inverter o processo e pensar a forma como consequência do clima e do homem é quase um gesto de resistência.

É utópico pressupor que a arquitetura sozinha resolverá os problemas da cidade, mas é esperançoso enxergá-la como um agente provocador. A inquietação em dialogar com o vento, por exemplo, não carrega consigo apenas uma bagagem técnica, mas também a simbologia na vontade de ouvir o que o lugar tem a nos falar antes de intervirmos.

Se esse trabalho final de graduação alcançar alguma relevância, desejo que não seja pela resposta oferecida, mas pela reflexão levantada: como edificar de maneira mais sensível, consciente e generosa com o nosso entorno?

## \_Bibliografia

ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. **Environmental conditions for human occupancy**. Atlanta, 2004.

BRASIL. **Empresa de Pesquisa Energética**. Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2023. Brasília: EPE, 2023.

BRASIL. **Empresa de Pesquisa Energética**. Balanço Energético Nacional 2023. Brasília: EPE, 2023.

CÂNDIDO, C.; LAMBERTS, R.; BITTENCOURT, L.; DEAR, R. de. **Aplicabilidade dos limites da velocidade do ar para efeito de conforto térmico em climas quentes e úmidos**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 59–68, 2010. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/view/12113>. Acesso em: 21 nov. 2024.

CAVALCANTE, M. G. **Estudo do conforto ambiental climático de edifícios multifamiliares em Fortaleza**. 2000. 227 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2000.

COSTA, F. A. **Urbanização da sociedade fortalezense**. Revista do Instituto do Ceará, Fortaleza, p. 184–203, 2008. Disponível em: [https://institutodoceara.org.br/revista/Rev-apresentacao/RevPorAno/2008/08-Art\\_Urbanizacaodasociedadefortalezense.pdf](https://institutodoceara.org.br/revista/Rev-apresentacao/RevPorAno/2008/08-Art_Urbanizacaodasociedadefortalezense.pdf). Acesso em: 12 dez. 2025.

DE BEM, M. et al. **Diagramas antropoclimáticos como ferramentas de apoio para o processo de projeto de uma habitação unifamiliar no clima de Fortaleza/CE**. ResearchGate, 2021. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/357186525>. Acesso em: 15 dez. 2024.

DUARTE, D. H. S. **Padrões de ocupação do solo e microclimas urbanos na região de clima tropical continental**. 2000. Tese (Doutorado em Estruturas Ambientais Urbanas) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16131/tde-18072006-182858/pt-br.php>. Acesso em: 19 dez. 2024.

EVANS, B. H. **Air flow around buildings**. [S. l.: s. n.], [s.d.]. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/369704191/Air-Flow-Around-Buildings-pdf>. Acesso em: 17 nov. 2024.

## \_Bibliografia

FORTALEZA. **Plano Diretor Participativo de Fortaleza – PDPFor**. Fortaleza: Prefeitura Municipal de Fortaleza, 2009.

GIVONI, B. **Passive and low energy cooling of buildings**. New York: Van Nostrand Reinhold and International Thomson Publishing Company, 1994.

GOULART, S. G. V. et al. **Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras**. Florianópolis: Núcleo de Pesquisa em Construção/UFSC, 1999. Disponível em: [https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/livros/dados\\_climaticos\\_para\\_projetos\\_e\\_avaliacao\\_energetica\\_de\\_edificacoes\\_para\\_14\\_cidades\\_brasileiras.pdf](https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/livros/dados_climaticos_para_projetos_e_avaliacao_energetica_de_edificacoes_para_14_cidades_brasileiras.pdf). Acesso em: 10 dez. 2024.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 7243:2017 - **Ergonomics of the thermal environment – Assessment of heat stress using the WBGT** (wet bulb globe temperature) index. Geneva, 2017. Disponível em: <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/67188/5a4c5553da5945aa872478c36755cded/ISO-7243-2017.pdf>. Acesso em: 24 mai. 2025.

IPCC – Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. **Mudança do clima 2023: relatório síntese**. Brasília: IPCC, 2023.

IPCC – Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. **Sumário para formuladores de políticas**. Incheon: IPCC, 2018.

KOENIGSBERGER, O. H. et al. **Manual of tropical housing and building. Part 1: Climatic design**. New York: Longman Inc., 1973.

LAMBERTS, R. et al. **Metodologia de avaliação ambiental brasileira para o setor residencial: eficiência energética**. In: ENCONTRO NACIONAL E LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9., 2007, Ouro Preto. Anais [...]. Ouro Preto: ANTAC, 2007. Disponível em: [https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/projetos/Triana\\_Lamberts\\_ENCAC2007.pdf](https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/projetos/Triana_Lamberts_ENCAC2007.pdf). Acesso em: 27 nov. 2024.

LEITE, R. C. V. **Cidade, vento, energia: limites da aplicação da ventilação natural para o conforto térmico face à densificação urbana em clima tropical úmido**. 2015. 273 f. Tese (Doutorado – Tecnologia da Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

MOHANTY, P. et al. **Effectiveness of natural ventilation in tall residential building in tropical climate – A critical analysis & design review**. In: PLEA CONFERENCE, 29., 2013, Munich. Proceedings [...]. Munich: [s. n.], 2013.

## \_Bibliografia

MOURA, M. de O.; ZANELLA, M. E.; SALES, M. C. L. **Conforto térmico em Fortaleza-CE**. Revista da ANPEGE, v. 6, n. 6, p. 177–189, 2017.

NICOL, J. F. **Adaptive thermal comfort standards in the hot-humid tropics**. *Energy and Buildings*, v. 36, n. 7, p. 628–637, 2004. Disponível em: [https://www.academia.edu/12797766/Adaptive\\_thermal\\_comfort\\_standards\\_in\\_the\\_hot\\_humid\\_tropics](https://www.academia.edu/12797766/Adaptive_thermal_comfort_standards_in_the_hot_humid_tropics). Acesso em: 05 jun. 2025.

NOGUEIRA, J. **Breve história do bairro Dionísio Torres, do Iguatemi, da Unifor**. YouTube, 30 mar. 2019. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=mmUx1f8jXJ4&t=59s>. Acesso em: 08 dez. 2025.

ONU. **Nosso futuro comum**. Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Brasília: Senado Federal, 1991. Disponível em: <https://semil.sp.gov.br/educacaoambiental/prateleira-ambiental/nosso-futuro-comum-relatorio/>. Acesso em: 14 nov. 2025.

ONU. **Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Nova York: Organização das Nações Unidas, 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-09/agenda2030-pt-br.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2024.

STEEMERS, K. **Energy and the city: density, buildings and transport**. *Energy and Buildings*, v. 35, n. 3–4, p. 3–4, 2003. Disponível em: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=baa650775fbf18daf007f3df93a684b4df9b0ee6>. Acesso em: 04 jun. 2025.

WEBB, C. **Thermal discomfort in an equatorial climate**. *IHVE Journal*, v. 27, p. 297–204, 1960. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/13843256/>. Acesso em: 12 abr. 2025.

ZAMBRANO, L. M. A. **Integração dos princípios da sustentabilidade ao projeto de arquitetura**. 2008. 308 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, FAU, PROARQ, Rio de Janeiro, 2008.