



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
Universidade Federal de Ouro Preto - Escola de Minas
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil



SISTEMAS DE ESTACIONAMENTO VERTICAL MODULADO EM ESTRUTURA METÁLICA

AUTOR: EZEQUIEL MENDONÇA REZENDE

ORIENTADOR: Prof. Antônio Maria Claret de Gouveia

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia Civil da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, como parte integrante dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, área de concentração: Construção Metálica.

Ouro Preto, 25 de Outubro de 2004

R467e Rezende, Ezequiel Mendonça.
Sistemas de estacionamento vertical modulado em estrutura metálica. /
Ezequiel Mendonça Rezende. – Ouro Preto: UFOP, 2004.
212p. : il. Color.; grafs. , tabs.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Maria Claret de Gouveia.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto. Escola
de Minas. Departamento de Engenharia Civil. Programa de Pós Graduação
em Engenharia Civil.

1. Automóveis - Estacionamento. 2. Estacionamento. 3.
Paletes (Transporte, armazenagem, etc.). 4. MAPS
(Administração). I. Universidade Federal de Ouro Preto. Escola
de Minas. Rede Temática em Engenharia de Materiais. II. Título.

CDU: 624.014

Catálogo: sisbin@sisbin.ufop.br

Agradecimentos

Ao Professor Doutor Antônio Maria Claret de Gouveia pelo estímulo e orientação no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia Civil da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, pela oportunidade de realização do mestrado e qualidade do curso oferecido.

Ao Centro Universitário Izabela Hendrix, pelo incentivo e apoio que viabilizaram minha participação neste mestrado.

Aos Professores deste e de outros cursos que, por uma palavra ou gesto, ensinaram-me a importância da indagação, reacenderam-me o entusiasmo e levaram-me a procurar novos caminhos.

Aos companheiros desta última batalha que, durante o curso, me lembraram o prazer do trabalho conjunto e da solidariedade, reafirmando o caráter coletivo do processo de conhecimento.

Aos meus amigos, que suportaram as crises de entusiasmo e de mau humor, com a sabedoria de balançar a cabeça e deixar-me a escolha de suas manifestações.

E a todos aqueles que, de maneira direta ou indireta, contribuíram para a realização deste trabalho.

Sumário

Relação das figuras e fotografias	viii
Relação de tabelas.....	xii
Relação de gráficos	xii
Lista de abreviaturas, siglas e símbolos	xiii
Resumo	xv
Abstract.....	xvii
1 CAPÍTULO I - Introdução	1
1.1 Objetivo da pesquisa.....	1
1.2 Histórico	2
1.3 Estrutura do trabalho.....	19
1.4 Justificativa	21
1.5 Revisão bibliográfica.....	25
2 CAPÍTULO II - Desenvolvimento e Projeto de Edifícios Garagens.....	27
2.1 Introdução	27
2.2 Garagens subterrâneas	29
2.3 Pedestre e garagens.....	30
2.3.1 Garagens convencionais	30
2.3.2 Garagens com sistemas automatizados	30
2.4 Legislação atual em Belo Horizonte - MG.....	31
3 CAPÍTULO III - Garagens com rampas.....	34
3.1 Introdução	34
3.2 Procedimento de acesso e estacionamento em garagens com rampas.....	34
3.3 Classificação das garagens com rampas	35
3.4 Garagens com rampas retas entre dois pisos	37
3.5 Garagens com rampas retas entre meio-pisos alternados.....	38
3.6 Garagens com rampas helicoidais entre pisos	41
3.7 Garagens com pisos rampados.....	44
4 CAPÍTULO IV - Sistemas mecânicos de pequeno porte.....	47
4.1 Sistemas pantográficos de estacionamento	47

4.2	Sistemas elétrico-hidráulicos	48
4.3	Sistemas com colunas	49
4.4	Sistema semi-automático com páletes.....	52
4.5	Sistema semi-automático com páletes e colunas	54
5	CAPÍTULO V - Sistemas mecânicos de estacionamento de grande porte....	56
5.1	Sistemas com um único dispositivo com movimentos horizontal e vertical 60	
5.2	Sistemas com movimentos horizontal e vertical, utilizando dispositivos de transportes independentes.....	65
5.3	Sistemas com elevador e plataforma giratória.....	66
5.4	Sistemas com elevadores rotatórios.....	71
5.5	Outros sistemas	72
5.6	Instalações mecânicas no futuro	74
6	CAPÍTULO VI - Desenvolvimento dos módulos	77
6.1	Dados Gerais.....	77
6.1.1	Dimensões dos veículos.....	80
6.1.1.1	Comprimento	80
6.1.1.2	Largura	81
6.1.1.3	Altura.....	82
6.1.1.4	Peso	82
6.1.1.5	Altura mínima do solo	83
6.2	Dimensões do módulo.....	84
6.2.1	Compartimento de transferência de veículos.....	85
6.2.2	Outros espaços necessários	86
6.3	Sistema Módulo Lateral - 2.....	86
6.4	Sistema Módulo Duplo - 4.....	90
6.5	Sistema Módulo Circular - 4	92
6.6	Sistema Módulo Circular - 12	94
7	CAPÍTULO VII - Estudos de casos	98
7.1	Introdução	98
7.2	Estudo de caso - Praça Rui Barbosa (Praça da Estação).....	98

7.2.1	Edifício proposto	109
7.2.2	Simulações de cálculo	115
7.2.2.1	Sobre o sistema construtivo.....	115
7.2.2.2	Sobre as cargas variáveis	116
7.2.2.3	Verificações no programa Cypcad Metálica 3D, versão 2002g ...	118
7.3	Implantação de garagens em lotes urbanos	128
7.3.1	Quarteirões típicos da região da Savassi:.....	135
7.3.1.1	Quadra superior - Solução convencional de garagem:	135
7.3.1.2	Quadra inferior - Solução com garagem modulada:	137
7.3.1.3	Vagas dispostas junto ao alinhamento das calçada:	138
8	CAPÍTULO VIII - Conclusão	140
8.1	Limites do presente estudo	142
8.2	Sugestões para trabalhos futuros	142
8.2.1	Em relação ao impacto urbano	142
8.2.2	Em relação à engenharia civil e à automação.....	144
9	Anexos	145
9.1	Anexo 1 - Lei de Uso e Ocupação do Solo Urbano.....	145
9.2	Anexo 2 - Lei de Uso e Ocupação do Solo Urbano.....	146
9.3	Anexo 3 - Lei de Uso e Ocupação do Solo Urbano.....	149
9.4	Anexo 4 - Lei de Uso e Ocupação do Solo Urbano.....	150
9.5	Anexo 5 - Código de Obras.....	151
9.6	Anexo 6 - Projeto arquitetônico Sistema Módulo Lateral-2	152
9.7	Anexo 7 - Projeto arquitetônico Sistema Módulo Lateral-4	158
9.8	Anexo 8 - Projeto arquitetônico Sistema Módulo Circular-4	167
9.9	Anexo 9 - Projeto arquitetônico Sistema Módulo Circular-12	174
9.10	Anexo 10 - Cálculo da carga de vento - NBR-6123/1988	184
9.11	Anexo 11 - Garagens, Estacionamentos e Terrenos na Savassi	188
10	Referências bibliográficas.....	191
10.1	Livros e catálogos	191
10.2	Endereços relacionados (www)	192
10.3	Catálogos, artigos e arquivos digitais	196

Relação das figuras e fotografias

Figura 1.1 - Karl Friedrich Benz.....	2
Figura 1.2 - Gottlieb Daimler	2
Figura 1.3 - 1886 Daimler motor carriage.....	3
Figura 1.4 - 1886 Daimler steel wheel	3
Figura 1.5 - Henry Ford	3
Figura 1.6 - Henry Ford Dirigindo o seu 20.000.000º carro em 24 de abril de 1931 .	3
Figura 1.7 - Ford Model T Touring Car -1913	4
Figura 1.8 - Ford Model T Roadster - 1913	4
Figura 1.9 - Mapa de pedágio urbano de veículos na cidade de Londres.....	11
Figura 1.10 - Mapa de rodízio de veículos em São Paulo	13
Figura 1.11 - Edifício Banco Mineiro da Produção (Bemge) - Oscar Niemeyer - 1953	21
Figura 2.1 - Ed. "Autorimessa" - Veneza	28
Figura 2.2 - Garagem São José - Rua Tupis, 70 - Belo Horizonte - MG	32
Figura 3.1 - Rampa reta de pista simples com subida e descida.....	37
Figura 3.2 - Rampa reta entre meio-pisos	38
Figura 3.3 - Rampa reta entre meio-pisos	38
Figura 3.4 - Rampa reta entre meio-pisos	38
Figura 3.5 - Garagem d'Humy	39
Figura 3.6 - Garagem d'Humy	39
Figura 3.7 - Garagem d'Humy	40
Figura 3.8 - Garagem d'Humy	40
Figura 3.9 - Garagem d'Humy	40
Figura 3.10 - Rampa helicoidais.....	42
Figura 3.11 - Rampa helicoidais.....	42
Figura 3.12 - Edifício "Downtown Center" em São Francisco	43
Figura 3.13 - Pavimento tipo do Edifício "Downtown Center"	43

Figura 3.14 - Garagem e rampa interna do Shopping Cidade (vistas externa e interna).....	44
Figura 3.15 - Garagem de piso rampado	45
Figura 3.16 - Garagem de piso rampado	45
Figura 3.17 - Garagem de piso rampado	45
Figura 3.18 - Garagem de piso rampado	45
Figura 3.19 - Garagem de piso rampado	46
Figura 3.20 - Garagem de piso rampado	46
Figura 4.1 - Sistema pantográfico	47
Figura 4.2 - Sistema pantográfico	49
Figura 4.3 - Sistema com coluna	50
Figura 4.4 - Sistema com coluna	50
Figura 4.5 - Sistema com páletes.....	51
Figura 4.6 - Sistema com páletes.....	54
Figura 4.7 - Sistema com páletes e colunas	55
Figura 4.8 - Sistema com páletes e colunas	55
Figura 5.1 - Edifícios Garagem American Custom Lifts	57
Figura 5.2 - Wöhr Multiparker-Duisburg-Alemanha.....	61
Figura 5.3 - Sistema Parkmatic-O.ME.R. Spa-Itália	61
Figura 5.4 - Sistema com páletes.....	62
Figura 5.5 - Edifício Garagem - Shopping Rio Sul	63
Figura 5.6 - O carro é colocado em ângulo reto ao elevador	65
Figura 5.7 - O carro é colocado paralelamente ao elevador	65
Figura 5.8 - O carro é colocado em ângulo reto ao fosso	66
Figura 5.9 - O carro é colocado paralelamente ao fosso.....	66
Figura 5.10 - SAAB-Centre Krefeld	67
Figura 5.11 - SAAB-Centre Krefeld	68
Figura 5.12 - Sistema subterrâneo Trevipark em Cesena - Itália	69
Figura 5.13 - Sistema subterrâneo Trevipark em Cesena - Itália	70
Figura 5.14 - Sistema subterrâneo Trevipark em Cesena - Itália.....	70
Figura 5.15 - Sistema rotativo vertical - Thyssen Palis	71

Figura 5.16 - Sistema rotativo vertical	72
Figura 5.17 - IHI Parking Systems - Japão.....	72
Figura 5.18 - Sistema Krupp	73
Figura 5.19 - Sistema Mobile Parking	73
Figura 5.20 - Sistema “Roda Gigante”	73
Figura 5.21 - Estacionamento sob rios	74
Figura 5.22 - Estacionamento sob vias.....	75
Figura 5.23 - Marina Pirata’s - RJ e travel lift da Marina Verolme - RJ.....	76
Figura 6.1 - Sistema Módulo Lateral – 2.....	87
Figura 6.2 - Sistema Módulo Lateral - 2 (variação).....	88
Figura 6.3 - Sistema Módulo Lateral – 2.....	90
Figura 6.4 - Sistema Módulo Circular – 4.....	93
Figura 6.5 - Sistema Módulo Circular – 12.....	95
Figura 6.6 - Conveying Machinery - Tender de 4 módulos (cross-wise).....	97
Figura 7.1 - Edifício da Estação – Início do Séc. XX.....	99
Figura 7.2 - Obras de requalificação da Esplanada da Praça Rui Barbosa – abr 2004	101
Figura 7.3 - Planta Garagem Subterrânea para a Praça da Estação.....	102
Figura 7.4 - Fotomontagem - Implantação Garagem Subterrânea para a Praça da Estação	103
Figura 7.5 - Modulação dos pilares do projeto de garagem para a Praça Rui Barbosa	104
Figura 7.6 - Estacionamento Modular Automatizado para a Praça Rui Barbosa..	107
Figura 7.7 - Diagrama do sistema construtivo modular	110
Figura 7.8 - Módulo construtivo	111
Figura 7.9 - Estacionamento Modular Automatizado para a Praça Rui Barbosa..	111
Figura 7.10 - Estacionamento Modular Automatizado para a Praça Rui Barbosa	112
Figura 7.11 - Estacionamento Modular Automatizado para a Praça Rui Barbosa	112
Figura 7.12 - Planta do módulo construtivo	113
Figura 7.13 - Elevação do módulo construtivo.....	114
Figura 7.14 - Comparação de edifícios com dez pavimentos.....	115

Figura 7.15 - Diagrama de Cargas	118
Figura 7.16 - Módulo construtivo completo com nomenclatura das barras.....	119
Figura 7.17 - Nomenclatura das barras	119
Figura 7.18 - Nomenclatura dos pilares	122
Figura 7.19 - Verificação dos deslocamentos	123
Figura 7.20 - Diagrama de edifício com 120 módulos e 480 vagas.....	125
Figura 7.21 - Diagrama de edifício com 48 módulos e 192 vagas.....	127
Figura 7.22 - Street Shopping Savassi	131
Figura 7.23 - Fotografia aérea da região da Savassi - Belo Horizonte - MG.....	133
Figura 7.24 - Mapa da região da Savassi - Belo Horizonte - MG.....	134
Figura 7.25 - Quarteirões típicos da região da Savassi - Belo Horizonte - MG.....	136

Relação de tabelas

Tabela 1.1 - Grandes Áreas Urbanas - População & Densidade.....	5
Tabela 1.2-Brasil-Crescimento da população e do número de veículos,1950-1995	13
Tabela 1.3 - As dez maiores frotas mundiais de veículos em 1994.....	14
Tabela 3.1 - Comparação das rotas de entrada e saídas de rampas	41
Tabela 6.1 - Relação de montadoras de veículos pesquisada.....	78
Tabela 6.2 - Dimensões e pesos dos principais automóveis brasileiros.....	79
Tabela 6.3 - Proposta de estrutura com Sistema Módulo Lateral - 2	89
Tabela 6.4 - Proposta de estrutura com Sistema Módulo Duplo - 4	91
Tabela 6.5 - Proposta de estrutura com Sistema Módulo Circular - 4	94
Tabela 6.6 - Proposta de estrutura com Sistema Módulo Circular - 12	96
Tabela 7.1 - Estimativa de consumo de concreto	106
Tabela 7.2 - Quadro comparativo dos sistemas de garagem.....	109
Tabela 7.3 - Edifício com 48 módulos e 192 vagas	121
Tabela 7.4 - Reações dos pilares (em tf)	123
Tabela 7.5 - Verificação dos deslocamentos (em metros).....	124
Tabela 7.6 - Tipologia de barras utilizadas nos MAPS.....	124
Tabela 7.7 - Edifício com 120 módulos e 480 vagas	126
Tabela 7.8 - Edifício com 48 módulos e 192 vagas	128

Relação de gráficos

Gráfico 1.1 - Crescimento da frota de veículos nos Estados Unidos.....	4
Gráfico 7.1 - Comparação do rendimento das tipologias de garagens	138

Lista de abreviaturas, siglas e símbolos

ANFAVEA	Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores - < http://www.anfavea.com.br >
ANTP	Associação Nacional de Transportes Públicos - < http://www.antp.org.br >
BHBUS	Plano de Reestruturação do Sistema de Transporte Coletivo de Belo Horizonte
BHTRANS	Empresa de Transporte e Trânsito de Belo Horizonte S.A.
cc	Centímetro cúbico - Unidade de volume
CET	Companhia de Engenharia de Tráfego-< http://www.cetsp.com.br >
CNT	Confederação Nacional do Transporte - < http://www.cnt.org.br >
CSG	Companhia Siderúrgica Gerdau
CSN	Companhia Siderúrgica Nacional
COPPE	Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia
GVW	Gross vehicle weight - Peso bruto total do veículo (PTB)
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - < http://www.ibge.gov.br >
IEPHA	Instituto Estadual de Patrimônio Histórico e Artístico
IPHAN	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
kgf	Quilograma força - Unidade de força
km	Quilometro - Unidade de distância
kN	Quilo Newton - Unidade de força
m ²	Metro quadrado - Unidade de área
MAPS	Modular Automated Parking Systems - Sistemas de Estacionamento Modular Automatizado
MPa	Mega Pascal - Unidade de tensão

N	Newton - Unidade de força
NPA	National Parking Association
PACE	Plano da Área Central (de Belo Horizonte) - http://www.bhtrans.pbh.gov.br/bhtrans/bhtrans/pace.asp
PBH	Prefeitura Municipal de Belo Horizonte
PBT	Peso bruto total (do veículo) - Gross vehicle weight (GVW)
PCC	The Parking Consultants Council of the National Parking Association
Pé	Unidade de comprimento, equivalente a 0,3048 m
PGTs	Pólos geradores de tráfego
PUC	Pontifícia Universidade Católica
RT	Responsável Técnico
SCOMURBE	Secretaria Municipal de Coordenação de Política Urbana e Ambiental
sq.ft	Square feet - Pés quadrado - Unidade de área, equivalente a 0,0929 m ²
SUV	Sport Utility Vehicle - Veículo Utilitário Esportivo
t	Tonelada - Unidade de massa, equivalente a 1.000 kg
TLF	Empresa de Administração de Transporte da Cidade de Londres
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
ZHIP	Zona do Hiper Centro - Definido pela Lei Municipal 7166/96 de Belo Horizonte

Resumo

Um dos maiores problemas das grandes cidades está relacionado ao envelhecimento dos centros urbanos associado à falência de toda a estrutura viária para receber um sistema de trânsito cada vez mais conturbado. Paralelamente a isto, o incremento de políticas públicas que privilegiam a revitalização dos centros e a melhoria nos transportes coletivos poderá ajudar a reverter parte deste quadro, mas, ironicamente, em contrapartida, agrava o complexo problema de estacionamento de veículos nestas áreas centrais que merecem um novo enfoque e a busca de novas soluções. Este é o tema principal deste trabalho.

Para compreender melhor o impacto urbano provocado pelo uso do automóvel, deve-se retroceder à sua evolução na história, desde a sua criação no final do séc. XIX, atingindo um grande crescimento após a segunda guerra mundial. Atualmente enfrentam-se, nos grandes centros urbanos, políticas de pedágios urbanos com o objetivo de minimizar os impactos negativos do trânsito em determinadas áreas.

Para a criação de novos espaços de estacionamento nestas regiões centrais é necessário buscar soluções criativas que adotem um aumento da densidade de armazenamento de veículos em determinados locais. Uma das possibilidades é a implantação de edifícios modulados em estrutura metálica, totalmente automatizados, que consistem praticamente em simples estruturas, sem a necessidade do uso de lajes para pisos, ou mesmo, de elementos de fechamentos. A exemplo destes edifícios modulados, podemos citar os galpões de armazenamento de grandes atacadistas existentes no Brasil. Estes edifícios, por suas próprias características, não permitem o acesso do usuário ao seu interior, já que os veículos são conduzidos por equipamentos totalmente robotizados.

Este trabalho apresenta quatro tipologias de Sistemas de Estacionamento Modular Automatizado (*Modular Automated Parking Systems - MAPS*) que podem ser implantados em uma grande variedade de situações, desde pequenos lotes urbanos até composições que permitam a criação de edifícios garagens com

capacidade para centenas ou até milhares de veículos, bastando para isto, agregar mais módulos construtivos à edificação.

Cada módulo é formado por células que comportam dois ou quatro veículos, dependendo da sua tipologia. Por serem em estrutura metálica, estes módulos podem ser montados em um terreno urbano e após um determinado tempo, desmontados e transferidos para outro local.

Um estudo de caso compara a solução de um edifício subterrâneo convencional em concreto armado proposto para uma grande área urbana na cidade de Belo Horizonte - MG, com um Sistema de Estacionamento Modular Automatizado proposto para o mesmo local. Neste estudo, o sistema modular foi considerado inicialmente acima do solo e posteriormente subterrâneo.

Por fim, é feita uma análise de um trecho da malha urbana da cidade de Belo Horizonte, verificando a viabilidade da implantação destes sistemas automatizados em terrenos propícios numa região de comércio, carente de áreas de estacionamento.

As conclusões apresentadas neste trabalho mostram a vantagem do uso do Sistema de Estacionamento Modular Automatizado em determinadas situações, em que não são possíveis as implantações de edificações convencionais. Este trabalho também apresenta as possibilidades de uso dos sistemas modulares para a revitalização (*retrofit*) de edificações antigas existentes nos centros urbanos.

Palavras-chave: Estrutura Metálica, Garagem, Estacionamento, Páletes, Sistemas Industrializados, Sistemas Modulados, Sistema de Estacionamento Modular Automatizado, MAPS, Reestruturação, Automação, Veículo, Carro, Automóvel, Congestionamento Urbano, Pedágio Urbano.

Abstract

One of the big city's greatest problems is associated with the aging of urban downtown centers and the failure of the traffic structure to support a traffic system which is more and more chaotic every day. While a growth of public policies which encourage downtown revitalization and the improvement of mass transportation should help revert part of this scenario, ironically it aggravates the already complex parking problem in urban downtown centers. This issue requires a new approach as well as a search for new solutions. This is the main subject of this dissertation.

It is important to look back on motor vehicle history in order to understand well its impact on the modern urban scenario, from its creation in the late 19th century to its vast growth after the Second World War. Nowadays, urban toll policies are used in order to minimize the negative traffic impacts in certain urban areas.

It is imperative to look for creative solutions when planning new parking locations in downtown areas by adopting denser vehicle storage in specific sites. One possibility is the implementation of buildings with modular metallic structures, fully automated, comprised of a simple structure without the need for floor and wall fillings. Take for example the large warehouses in Brazil; these buildings because of their intrinsic characteristics do not allow the user access to its interior as the vehicles are conducted by fully robotized equipment.

This dissertation presents four typologies of Modular Automated Parking Systems - MAPS - which can be implemented in a great variety of situations from small downtown lots to compositions allowing the construction of garage buildings holding hundreds or even thousands of vehicles just by adding pre-fabricated modules to the original building.

Each module is made up of cells that hold two or four vehicles depending on its typology. Having metallic structures, these modules can be assembled in an

urban site and after some time it can be disassembled and transferred to a distinct site.

A case study compares a conventional concrete underground building solution proposed for a large downtown site in Belo Horizonte - MG - to a Modular Automated Parking System proposed for the same site. In this study the modular system was initially considered over the ground and later totally underground.

An urban mesh analysis of the city of Belo Horizonte is done as well, verifying the viability of gain with the implementation of automated systems in propitious sites in a shopping center in the need of parking spots.

The conclusion presented in this dissertation show the advantages of the use of Modular Automated Parking System in specific situations when conventional buildings are not conceivable. This dissertation also presents the possibilities of retrofitting old buildings in urban downtown centers with modular systems.

Key-words: Metallic structure, Garage, Parking, Pallets, Industrialized Systems, Modulated Systems, Modular Automated Parking Systems, MAPS, Retrofit, Automation, Vehicle, Car, Automobile, Urban Congestion, Congestion Charge.

1 CAPÍTULO I – Introdução

1.1 *Objetivo da pesquisa*

O interesse em desenvolver um trabalho que abordasse **Sistemas de Estacionamento Modular Automatizado** (*Modular Automated Parking Systems - MAPS*) surgiu devido à quase inexistência deste tipo de edificação em praticamente todo o Brasil, e, também, pela manifestação de interesses comerciais apresentados por algumas empresas do mercado no desenvolvimento de sistemas modulados de garagem (pesquisa iniciada pela Usiminas Mecânica, em 1992¹, pelo engenheiro Yoshito Matsui e também pelo contato da Vallourec & Mannesmann Tubes feito com o arquiteto Célio da Silveira Firmo em 2002²).

O objetivo geral deste trabalho é estudar os Sistemas de Estacionamento Modular Automatizado (*Modular Automated Parking Systems - MAPS*) e desenvolver sistemas voltados para sua implantação em terrenos urbanos ou em casos de reestruturação (*retrofit*) de construções existentes. Além de buscar a plena compreensão de seu funcionamento, principalmente no aspecto construtivo, pretende-se avaliar o seu impacto urbano em determinadas regiões.

Em uma situação hipotética, este trabalho aborda um produto modulado e escalável que poderá ser construído e mantido em um terreno urbano por um determinado período. Após este período, poderá ser desmontado e enviado a outro local. Para atender a esta característica, este produto deve ser modulado, leve, de fácil transporte e montagem e com espaços otimizados.

Outros usos destes sistemas podem ser citados, como a expansão de pátios de estacionamento para montadoras de veículos ou de pátios de veículos em portos marítimos.

¹ Fonte: Matsui, Yoshito (2002)

² Fonte: Firmo, Célio da Silveira (2002)

1.2 Histórico

No final do século XIX, por volta do ano de 1886, quando Karl Friedrich Benz (Figura 1.1) e Gottlieb Daimler (Figura 1.2) projetaram os primeiros veículos motorizados, que ainda não passavam de “carruagens sem cavalos” (Figura 1.3 e Figura 1.4), não se previa o impacto que esta invenção teria em um futuro muito próximo na vida das pessoas e na estrutura das cidades. Também não se previa a necessidade das cidades se adaptarem a estas novas máquinas que até então eram construídas artesanalmente.



Figura 1.1 - Karl Friedrich Benz

Fonte: European Automotive Hall Of Fame
Disponível:
<<http://www.autonews.com/files/euroauto/inductees/benz.htm>>
Acesso: 19 abr. 2004



Figura 1.2 - Gottlieb Daimler

Fonte: European Automotive Hall Of Fame
Disponível:
<<http://www.autonews.com/files/euroauto/inductees/daimler.htm>>
Acesso: 19 abr. 2004

Mas foi somente em 1913 que este impacto realmente teve início, quando, nos Estados Unidos, Henry Ford (Figura 1.5 e Figura 1.6) apresentou o veículo motorizado chamado de “Modelo T” (Figura 1.7 e Figura 1.8), sendo o primeiro a

sair de uma linha de montagem de uma indústria de automóvel ³.



Figura 1.3 - 1886 Daimler motor carriage

Fonte: Daimler-Chrysler

Disponível:

<http://wwwsg.daimlerchrysler.com/Projects/wi/cda/Tmpl_DetailC/0,4098,2916-101-49-0-101,00.html>

Acesso: 19 abr. 2004



Figura 1.4 - 1886 Daimler steel wheel

Fonte: Hwidsteds Hjemmeside

Disponível:

<http://hjem.get2net.dk/Hwidsteds_Hjemmeside/billeder/page_01.htm>

Acesso: 19 abr. 2004



Figura 1.5 - Henry Ford

Fonte: American history 102 -Disponível:

<<http://us.history.wisc.edu/hist102/bios/24.html>>

Acesso: 19 abr. 2004



Figura 1.6 - Henry Ford Dirigindo o seu 20.000.000º carro em 24 de abril de 1931 ⁴

Fonte: Spartacus Educational - Disponível:

<<http://www.spartacus.schoolnet.co.uk/USAford.htm>>

Acesso: 19 abr. 2004

³ O "Modelo A" foi o primeiro carro a ser oferecido pela Ford Motor Company, em junho de 1903. A produção continuou até 1904, quando foi substituído pelo "Modelo C". Outros modelos o seguiram, como os Modelos B, C e F em 1904 e 1905 e vários outros modelos até chegar a produção do "Modelo T" em 1908. O "Modelo T Touring" era um veículo de motor a gasolina de quatro cilindros em linha, com a potência de 20 hp, poderia transportar 5 passageiros e custava US\$850.00 em valores de moeda da época na cidade de Detroit. Fonte: The Model T Ford Club of América. Disponível: <<http://www.mtfca.com/books/1903-4.htm>> Acesso: 17 fev 2004

⁴ Nota: É interessante observar que em 24 de abril de 1931, Ford já tinha produzido 20 milhões de automóveis, e segundo KLOSE (1965, p.7) o número de automóveis nos Estados Unidos na época era de aproximadamente 30 milhões de unidades.

Até então, o automóvel era um artigo de luxo e distante das possibilidades de posse do americano comum. Como a linha de montagem da fábrica de Ford permitia a produção rápida e barata de automóveis, o carro foi colocado ao alcance das pessoas de renda média daquele país. Com esta grande disponibilidade de veículos, a frota americana cresceu vertiginosamente (Gráfico 1.1) e em 24 de abril de 1931, as fábricas de Ford tinha montado o 20.000.000º veículo.

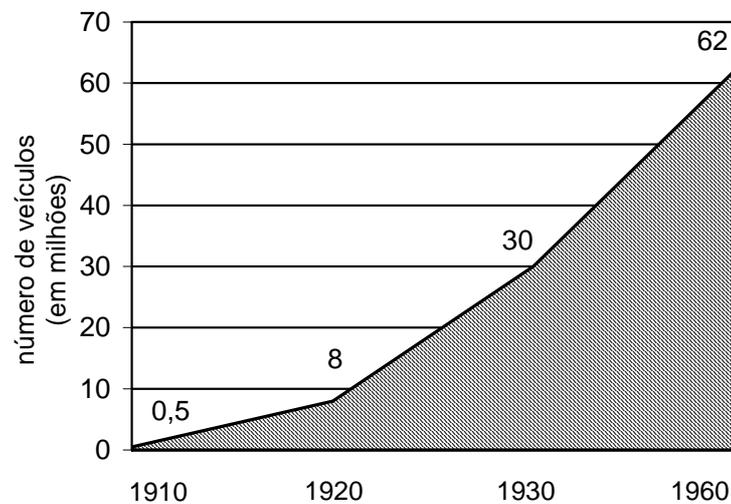


Gráfico 1.1 - Crescimento da frota de veículos nos Estados Unidos

Fonte: Dados compilados de KLOSE, Dietrich - Parkhäuser und Tiefgaragen, Deutsche, Stuttgart, Verlag Gerd Hatje, 1965, p7

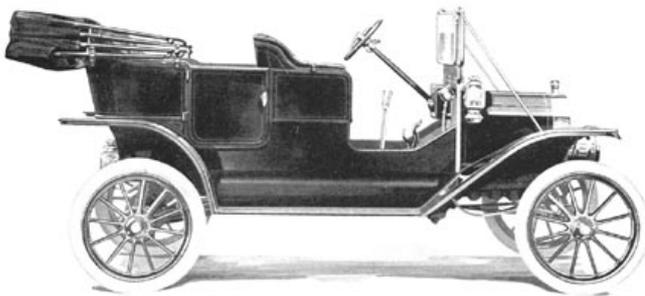


Figura 1.7 - Ford Model T Touring Car -1913

Fonte: The Model T Ford Club of América

Disponível:

<<http://www.mtfca.com/books/11cat.htm>>

Acesso: 02 jul 2003



Figura 1.8 - Ford Model T Roadster - 1913

Fonte: The Model T Ford Club of América

Disponível:

<<http://www.mtfca.com/books/11cat.htm>>

Acesso: 02 jul 2003

A mesma situação ocorria na Europa, onde os automóveis ocupavam cada vez mais as ruas das cidades, principalmente após a segunda guerra mundial. No Reino Unido, a relação de número de veículos por habitante era de um carro para cada 20 pessoas em 1949, passando para um carro para cada 10 pessoas em 1962 ⁵.

No final do século XX as grandes metrópoles atingiram expressivos contingentes populacionais causando grandes impactos urbanos relacionados à moradia, trabalho, segurança, transporte, tratamento de água e esgotos, energia etc, como pode-se verificar na Tabela 1.1 que apresenta uma relação entre população e a densidade nos grandes centros urbanos.

Paralelo a estes índices de crescimento urbano, o número de automóveis também tem atingido números elevados, cujo crescimento do número de automóveis em todo o mundo tem sido muito superior ao crescimento demográfico e à expansão urbana das cidades.

Tabela 1.1 - Grandes Áreas Urbanas - População & Densidade

	Área Urbana	População	Área km2	População/km2	Período
1	Toquio-Yokohama	31.200.000	5.258	5.934	1995-2004
2	Nova Iorque	17.800.000	8.684	2.050	1995-2004
3	Mumbai	17.500.000	958	18.262	1995-2004
4	Cidade do México	17.250.000	1.476	11.685	1995-2004
5	São Paulo	16.800.000	2.460	6.828	1995-2004
6	Osaka-Kobe-Kyoto	15.450.000	2.719	5.681	1995-2004
7	Seoul	14.600.000	720	20.277	1995-2004
8	Londres e Sudeste	12.232.000	4.144	2.952	1995-2004
9	Calcuta	12.100.000	1.036	11.680	1995-2004
10	Los Angeles	11.789.000	4.320	2.729	1995-2004
11	Buenos Aires	11.200.000	2.771	4.041	1995-2004
12	Delhi	10.300.000	583	17.675	1995-2004
13	Rio de Janeiro	10.300.000	2.331	4.419	1995-2004
14	Karachi	10.100.000	932	10.832	1995-2004
15	Cairo	9.900.000	427	23.166	1995-2004

Fonte: Demographia

Disponível: <<http://www.demographia.com/db-intl-ua2001.htm>>

Acesso: 02 jul 2003.

⁵ KLOSE, 1965, p.7

O automóvel sempre foi apresentado como um símbolo de status social, muito além de ser apenas um meio de transporte. Esta atração provocada pelo automóvel é até hoje utilizada em comerciais publicitários e esta característica, foi um dos motivos de seu grande sucesso. O automóvel tornou-se um dos principais agentes modificadores das cidades, tornando possível trabalhar em uma área comercial da cidade e morar a quilômetros de distância em uma área residencial. Esta mudança nas cidades criou o conceito de subúrbios dormitórios, provocando uma onda de fluxo de trânsito que flui da periferia em direção ao centro da cidade durante o dia e à noite, em sentido contrário.

A partir do início do século XX, uma nova situação começou a se vislumbrar, pois as cidades e suas ruas e avenidas que, antes, eram tomadas por pedestres, cavalos e carroças, começaram a ceder espaços para o automóvel. O espaço ocupado pelo automóvel é cada vez maior e deve ser previsto em quaisquer planos diretores de ordenamento e de urbanismo das cidades.

Segundo Brierley (1962, p05), *“a importância do estacionamento deve ser superestimada”*. Para isto, ele faz o seguinte apontamento ⁶:

Considerando que o ano tem 8760 horas, se assumir a média da quilometragem por ano por carro é de 16000 km (10000 milhas), e a velocidade média é de 40 km por hora (25 milhas/hora), o total de tempo de viagem será de 400 horas. Isso deixa um total de 8360 horas por ano em que o carro fica estacionado. Provavelmente grande parte deste período o carro fica estacionado em uma garagem privativa. Isto ilustra que o período que o carro fica parado é muito maior, se comparado com o tempo que ele fica em movimento.

O espaço médio necessário para estacionar um automóvel é de 14m² (150 sq.ft). A média de pessoas por automóvel não passa de mais do que duas. Isto dá uma média de 7m² (75 sq.ft) por pessoa. Como o veículo é móvel, este necessita de dois espaços para estacionar, um normalmente em

⁶ Tradução nossa.

casa quando não está em uso e outro na cidade quando está em um uso temporário. O espaço anterior fica vago quando o carro está em uso.

Uma pessoa parada ocupará uma área de 0,18 m² (2 sq.ft), quando esta pessoa está andando, ocupará 0,55 m² (6 sq.ft). Uma casa que pode acomodar uma família de 5 pessoas ocupa uma área de 140 m² (1500 sq.ft) dividida em dois pavimentos. Isto dá uma área ocupada do terreno por pessoa de 14 m² (150 sq.ft) que é o suficiente para uma vida confortável. Em casas subsidiadas⁷ que tem uma área de 93 m² (1000 sq.ft), esta relação daria uma área de 9 m² (100 sq.ft) por pessoa. Um ônibus quando estacionado, ocupa uma área de 33 m² (360 sq.ft), o que daria uma média de 1 m² (11 sq.ft) por pessoa. Portanto, isto mostra que os automóveis, quando comparado o seu benefício em relação ao espaço ocupado, torna-se um das mais extravagantes invenções da terra utilizada nos modernos meios de transporte.

Após este apontamento, verifica-se que, esta característica do automóvel teve o efeito de ocupar as vias públicas, afastando as pessoas dos centros das cidades, mas em conseqüência estendeu o raio das atividades humanas, permitindo às pessoas morarem e trabalharem em locais distantes. Isto pode claramente ser observado quando se comparam as cidades européias com as cidades americanas. As antigas cidades daquele continente têm as suas regiões centrais mais densamente povoadas que as americanas, já que estas, por suas características que privilegiam o transporte individual, tendem a manter regiões extremamente vazias destinadas apenas à passagem dos veículos.

Nos Estados Unidos, esta expansão que ocorria com as cidades não apresentou inicialmente grandes problemas, pois o país era vasto o suficiente para permitir uma dispersão e as cidades eram espaçosas o bastante para se adequar a estas mudanças.

⁷ O autor (BRIERLEY) refere-se às moradias de menores dimensões que são financiadas e subsidiadas pelo governo inglês.

Uma interessante constatação em relação às áreas pavimentadas ocupadas pelos veículos é feita por Brown ⁸:

(...) Os Estados Unidos, com seus 214 milhões de veículos motorizados, pavimentou 6,3 milhões de quilômetros de estradas, o suficiente para dar a volta ao Mundo ao longo do Equador 157 vezes. Além das estradas, os carros demandam espaço para estacionamento. Imaginemos um estacionamento para 214 milhões de automóveis e caminhões. Se for muito difícil, tentemos visualizar um estacionamento para 1.000 automóveis e então imaginemos como seriam 214.000 deles. Seja qual for o modo de visualizarmos, a área norte-americana destinada a estradas e estacionamentos cobre cerca de 16 milhões de hectares, uma extensão que se aproxima aos 21 milhões de hectares de trigo cultivados pelos agricultores norte-americanos no ano passado.

(...) Entretanto, essa pavimentação de terras nos países industrializados está se desacelerando, à medida que os países atingem a saturação de veículos. Nos Estados Unidos, existem três veículos para cada quatro pessoas. Na Europa Ocidental e Japão, há um para cada duas pessoas. Nos países em desenvolvimento, todavia, onde as frotas de automóveis ainda são pequenas e onde há carência de terra cultivável, a pavimentação está começando a se desenvolver. Parcelas cada vez maiores dos 11 milhões de veículos adicionados anualmente à frota mundial de 520 milhões estão no mundo em desenvolvimento.

A Europa enfrenta os mesmos problemas apresentados nos Estados Unidos, mas, por suas cidades serem centenárias ou mesmo milenares, existe um grande conflito na conciliação de seus espaços históricos com esta nova era de automóveis.

Para uma convivência pacífica entre o pedestre e o motorista, os planejadores urbanos devem ter cuidado ao elaborar soluções que contemplem

⁸ Fonte: Brown, Lester R. Pavimentando o planeta: Automóveis e agricultura em disputa pela terra. WWI-Worldwatch Institute.

Disponível: <<http://www.wwiuma.org.br/artigos/013.html>> Acesso: 06 jul 2004

igual importância aos dois pontos de vista. Um ponto comum entre o motorista e o pedestre se dá nos espaços de estacionamento, que, embora seja um mal necessário, é um espaço que merece atenção em seu projeto como os demais edifícios da cidade.

Uma das características essenciais para a existência de uma cena urbana é a concentração de atividades comerciais e culturais em uma área. Em uma situação onde o desenvolvimento urbano é exclusivamente governado pelo automóvel, fica caracterizada uma expansão urbana e uma baixa densidade populacional nas áreas externas da cidade. Esta situação se refletiu no conceito das cidades satélites, amplamente empregadas a partir da década de 20.

Este padrão de urbanismo, empregado desde a década de 20, não atende mais às necessidades econômicas de uma nova sociedade globalizada. O conceito do urbanismo funcionalista pregado pelo arquiteto e urbanista Le Corbusier foi baseado em uma sociedade motorizada, com estrutura de divisão do trabalho no setor produtivo, pautado no conceito de economias em escalas e no aumento da produtividade através do desenvolvimento dos transportes e das comunicações. As cidades desenvolvidas com este conceito foram estruturadas em um zoneamento funcional, onde cada uso estava circunscrito em um espaço pré-definido. Este padrão de urbanismo funcionalista dividia a cidade em setores com funções específicas, procurando maximizar as economias de escala, principalmente de infra-estrutura urbana. Para a existência desta estrutura, estes setores deveriam estar conectados por uma rede de transporte.

Com o desenvolvimento dos sistemas de telecomunicações e dos meios de transportes nas cidades, houve mudanças na estrutura da organização e ocupação do solo urbano. Atualmente, várias cidades européias incluem em seus planos diretores de ordenamento e de urbanismo projetos de infra-estrutura de fibra ótica e de meios de telecomunicações. Implementações em sistemas de

telecomunicações não significam necessariamente que os deslocamentos com veículos irão diminuir. Silva⁹ faz o seguinte apontamento:

(...) o desenvolvimento das telecomunicações não significa que os deslocamentos físicos irão diminuir. As telecomunicações reduzem o custo de um grande número de transações e de trocas de dados e contribuem para a expansão das atividades baseadas no uso intensivo de informações. Desta forma, contribuem para a recomposição das estruturas de produção, distribuição, financiamento e consumo.

O padrão do urbanismo funcionalista transformou as cidades em metrópoles com problemas estruturais, com reflexos em sua estrutura dinâmica, econômica e social. Tais problemas como os de moradia, trabalho, segurança, água, esgoto, energia ou os relacionados com transporte e trânsito também esbarram na dificuldade de solução, pois envolvem números elevados de condicionantes.

A cidade de Londres é o reflexo desta situação, e numa tentativa de solucionar o grande congestionamento de veículos em sua área central, foi implantado pela empresa de administração de transporte da cidade (TFL), a partir do dia 17 de fevereiro de 2003, um sistema de pedágio urbano (*congestion charge* - Figura 1.9) numa tentativa de reduzir o tráfego e aliviar o fluxo de automóveis em diversas estradas de acesso à cidade¹⁰. Também é objetivo desta proposta aumentar a arrecadação municipal para futuras obras no sistema viário da cidade, com uma previsão de arrecadação de 130 milhões de libras por ano (R\$ 755 milhões).

⁹ Fonte: SILVA, Rachel Coutinho Marques da. Urbanismo para uma Cidade Mundial. Secretaria Municipal de Urbanismo. Disponível:

<www.rio.rj.gov.br/smu/paginas/noticias_caderno_ed1-4.htm> Acesso: 26 mar 2003

¹⁰ Fonte: BBC London - Disponível:

<http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2003/030214_pedagogioma.shtml> Acesso: 30 jul 2003

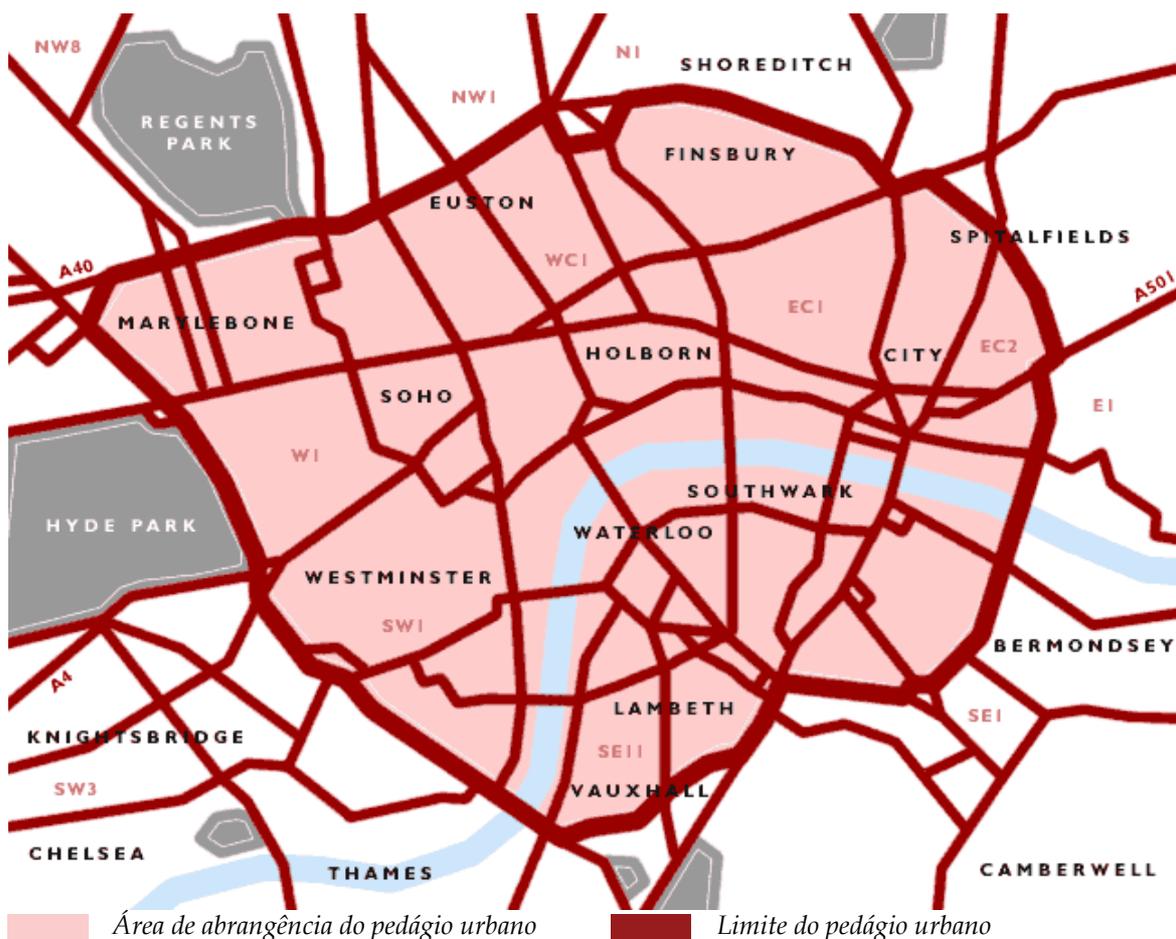


Figura 1.9 - Mapa de pedágio urbano de veículos na cidade de Londres

Fonte: BBC London

Disponível: <http://www.bbc.co.uk/london/congestion/maps/map_main.shtml>

Acesso: 12 mar 2004

O pedágio abrange uma área de 21 km² das áreas centrais de Londres, com o funcionamento das 7:00 hs às 18:30 hs de segunda a sexta-feira. O motorista paga antecipadamente um valor de 5 libras (aproximadamente R\$ 29,00) pela internet, celular, telefone ou nos postos de cobrança. Cerca de 900 câmeras verificam as placas dos automóveis para conferir o pagamento do pedágio, sendo que a multa para os infratores é de 120 libras (cerca de R\$ 700,00) ¹¹.

¹¹ Fonte: BBC London - Disponível:

<http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2003/030214_pedagiomapa.shtml> Acesso: 30 jul 2003

Experiências semelhantes foram adotadas com sucesso em Singapura (1975), Melbourne - Austrália (1999), e também em Trondheim - Noruega (1991) ¹². Cidades como México e São Paulo adotaram propostas de rodízio de placas com a intenção de reduzir o tráfego e os níveis de poluição.

Em São Paulo, que tem uma população de 16,6 milhões e uma frota de veículos de 5,4 milhões¹³, foi implantado, em outubro de 1997, pela CET - Companhia de Engenharia de Tráfego, um rodízio de placas que ocorre entre os horários de 7h e 10h e das 17h e 20h, restringindo a circulação dos veículos nas vias da área delimitada pelo chamado mini-anel viário (Figura 1.10), formado pelas marginais Tietê e Pinheiros, avenidas dos Bandeirantes e Afonso D'Escragnole Taunay, complexo viário Maria Maluf, avenidas Tancredo Neves e Juntas Provisórias, viaduto Grande São Paulo, avenida Professor Luís Inácio de Anhaia Melo e avenida Salim Farah Maluf. A desobediência do rodízio prevê multa no valor de R\$ 85,13 e o acréscimo de quatro pontos no prontuário do motorista ¹⁴.

No Brasil o número de veículos tem crescido rapidamente nas últimas décadas, passando de pouco mais de 425 mil, na década de 50, para 3,1 milhões, na década de 70, chegando a 25 milhões em 1995 (Tabela 1.2). Estima-se que a frota atual esteja em torno de 29 milhões de veículos ¹⁵, figurando entre as 10 maiores frotas de veículos do mundo. O Brasil é, ainda, o 10º maior produtor de automóveis no *ranking* mundial (Tabela 1.3).

¹² Fonte: Transport 2000 - Disponível:
<<http://www.transport2000.org.uk/learningzone/Briefing-CongestionCharging.htm>> Acesso: 18 mar 2004

¹³ Fonte: Revista CNT - Confederação Nacional de Transporte - março 2003 - Disponível:
<<http://notesweb.cnt.org.br/revista.nsf/51cbf45fdc97caf783256a0f006c37f1/fdbb32e841e9235b82256d2f0055902f?OpenDocument>> Acesso: 14 mar 2004

¹⁴ Fonte: Folha Online - Disponível:
<<http://www1.folha.uol.com.br/folha/cotidiano/ult95u88940.shtml>> Acesso: 01 mar 2004

¹⁵ Fonte: Associação Nacional de Transportes Públicos - Disponível:
<http://www.antp.org.br/telas/transito/cap_trans.htm> Acesso: 04 jul 2004

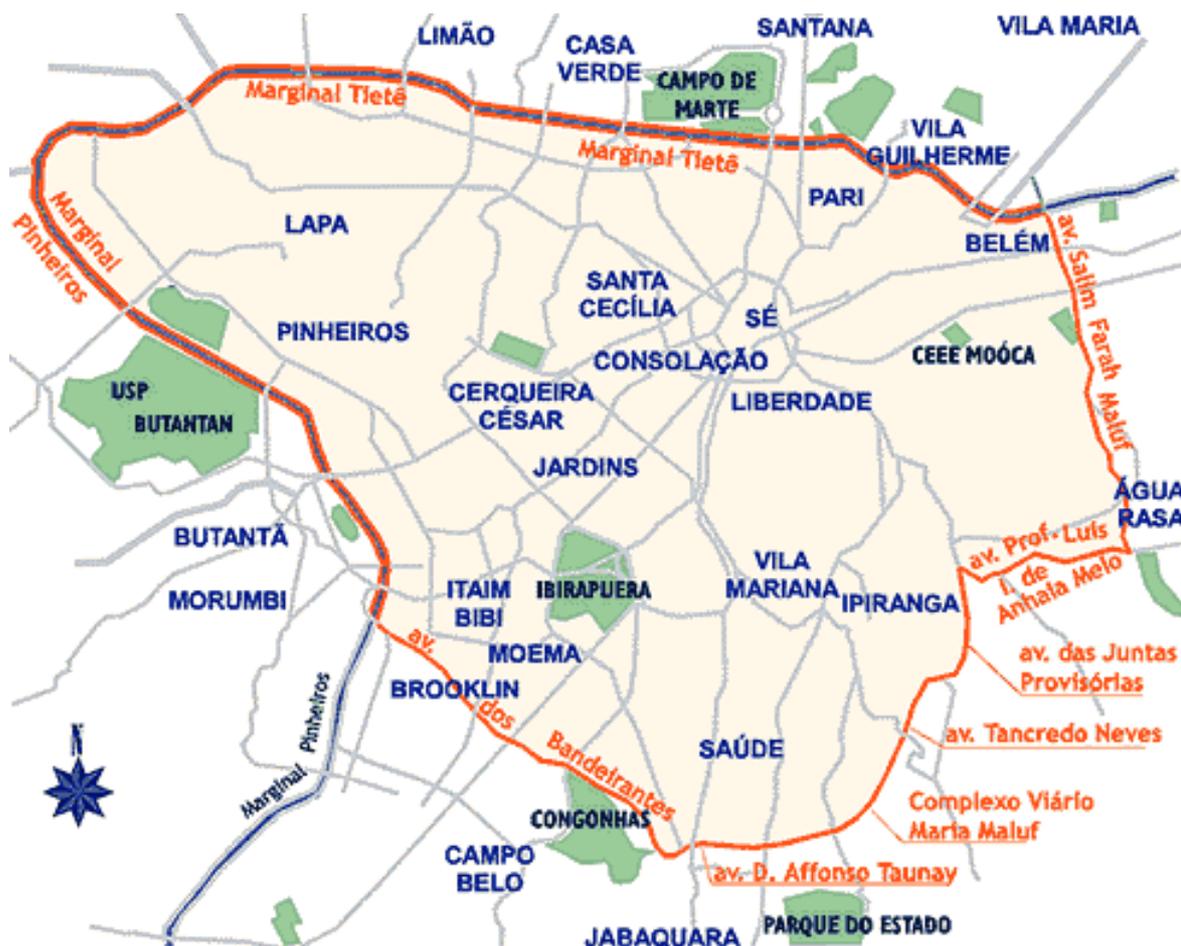


Figura 1.10 - Mapa de rodízio de veículos em São Paulo

Fonte: Agência MSV Press

Disponível:

http://www.jornalexpress.com.br/noticias/detalhes.php?id_jornal=9095&id_noticia=327

Acesso: 01 mar 2004

Tabela 1.2-Brasil-Crescimento da população e do número de veículos,1950-1995

Ano	Veículos (Inclui motocicletas)	População (em milhares)			Hab/Veículos
		total	urbana	% urbana	
1950	426.621	51.937	18.782	36	122
1960	987.613	70.991	31.303	44	72
1970	3.111.890	93.139	52.084	56	30
1980	10.731.695	119.099	80.436	68	11
1990	15.932.848	143.395	110.990	77	9
1995	25.336.260	152.374	120.350	79	6

Fonte: Ministério dos Transportes (1970/90) para dados de veículos e IBGE (1996) para dados de população (apud ANTP)

Tabela 1.3 - As dez maiores frotas mundiais de veículos em 1994

Class	Países	Total da Frota 1.000 un.	Relação Hab/Veículos
1	Estados Unidos	195.469	1,3
2	Japão	65.011	1,9
3	Alemanha	42.533	1,9
4	Itália	32.578	1,8
5	França	30.040	1,9
6	Reino Unido	27.437	2,1
7	Comunidade de Estados Independente	23.405	13,0
8	Canadá	17.440	1,6
9	Espanha	16.687	2,4
10	Brasil	14.260	10,9

Obs: Brasil é a 10^a frota mundial em veículos e é o 10^o produtor mundial de veículos.

Fonte: ANFAVEA - Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores

Disponível: <<http://www.anfavea.com.br>> Acesso:16 jul 2003

No Brasil a maior concentração de veículos ocorre principalmente em São Paulo, segundo informações fornecidas pela Revista CNT - Confederação Nacional do Transporte - março 2003 ¹⁶:

Maior cidade da América do Sul, com população superior a 10 milhões de habitantes e frota de 5,4 milhões de veículos (um para cada dois habitante), São Paulo carrega a marca de abrigar o pior trânsito do país. Os números são tão grandiosos quanto a área (1.509 quilômetros quadrados) e a população da cidade. Os problemas decorrentes deles, idem.

São 1.200 linhas de ônibus distribuídas em 10 mil veículos e transportando cerca de 40% da população; 50 km de linhas de metrô, com 56 estações e 1,7 milhão de passageiros por dia; 183 km de trilhos para trens urbanos, com 83 estações e responsáveis pelo transporte de 700 mil pessoas em dias úteis. Seis mil peruas também circulam pela cidade como transporte coletivo.

¹⁶ Fonte: Revista CNT - Confederação Nacional do Transporte - março 2003 - Disponível: <<http://notesweb.cnt.org.br/revista.nsf/51cbf45fdc97caf783256a0f006c37f1/fdbb32e841e9235b82256d2f0055902f?OpenDocument>> Acesso: 14 mar 2004

Se toda a frota de veículos da cidade - que contabiliza apenas aqueles emplacados na capital - posicionasse-se em fila, faria um corredor capaz de atravessar o país do Oiapoque ao Chuí, em fila tripla. Em outras palavras: o número de veículos de São Paulo ocupa área maior que a disponível em todo o sistema viário da cidade.

A presença dos chamados carros de passeio nas ruas é o motivo que intensifica o caos no trânsito. As pessoas preferem usá-lo a lançar mão do transporte público, por causa de suas deficiências. O tempo de deslocamento explica a preferência pelos automóveis. Uma viagem de ônibus leva em média 49,7 minutos, o que é 2,3 vezes mais do que o tempo médio gasto pelos automóveis. Entre as grandes metrópoles do mundo, São Paulo é das poucas que tem nos ônibus o principal motor do transporte público. Enquanto a extensão do metrô da capital é de 50 km, em Paris, são mais de 500 km.

Desde 1990 há uma queda no número de passageiros transportados pelos ônibus. Eram 7,4 milhões de pessoas que usavam esse tipo de transporte em 1995. Atualmente, são cerca de 4 milhões. Na cidade que concentra 25% da frota de veículos do país, mais da metade das famílias têm pelo menos um carro; 10% têm dois carros e 3% até mais de três. A cada dia, as ruas da capital paulista ganham 500 carros.

"O grande desafio da empresa é garantir a mobilidade", afirma Luis Antônio Seraphin, assessor técnico da presidência da Companhia de Engenharia e Tráfego (CET). Segundo ele, o índice que mede a mobilidade - relação do número de viagens por habitantes - vem caindo, mesmo com o aumento da taxa de motorização dos habitantes. Desde a criação da empresa, a frota registrada de veículos cresceu de 1,3 milhão para 5,4 milhões, enquanto a malha viária passou de 13 mil para 15,4 mil quilômetros. Já o número de viagens caiu 7%.

Este crescimento do número de veículos está associado ao processo econômico do país, principalmente a partir de 1995, com a estabilização econômica e conseqüente diminuição da taxa de inflação. A estabilização econômica teve um grande impacto na demanda de bens de consumo, principalmente nas camadas de renda mais baixa que tinham sofrido uma grande perda com o efeito inflacionário

até então. A estabilidade criou condições para uma nova expansão da indústria automobilística no país, levando a classe média a adquirir veículos através de sistemas de financiamento com taxas de juros mais baixas. E, com o fim das barreiras de importação, as classes com alto poder aquisitivo, começaram a adquirir automóveis importados. Este quadro levou a um rápido crescimento do número de veículos em circulação nas cidades.

Segundo a ANTP - Associação Nacional de Transportes Públicos¹⁷ o aumento do número de veículos e da população elevou em 50% o número de passageiros transportados por meios rodoviários no período de 1986 a 1996 (apud. Geipot, 1997). A ANTP também apresenta uma previsão para o crescimento anual da população urbana em torno de 2% e 3% e para o crescimento da frota de veículos em 4%, podendo-se estimar que em torno do ano de 2010 teremos uma população urbana com um acréscimo de 50 milhões de habitantes e com 20 milhões de veículos a mais na frota nacional.

Soluções que incrementem o uso do transporte público deverão ser implantadas pelas autoridades de planejamento urbano a fim de evitar que o trânsito nas grandes cidades se deteriore ainda mais. Estas soluções deverão passar, necessariamente, pela integração do veículo particular com a malha urbana.

Na cidade de Belo Horizonte a BHTRANS, um órgão da administração indireta da Prefeitura Municipal, é a responsável pelo gerenciamento do sistema de transportes e do trânsito da cidade. Segundo o censo demográfico de 2000 fornecido pelo IBGE, Belo Horizonte tem uma população de aproximadamente 2,4 milhões de habitantes¹⁸, onde diariamente circulam 720 mil veículos e são transportados 1,4 milhão de passageiros.

¹⁷ Fonte: Associação Nacional de Transportes Públicos - Disponível
<http://www.antp.org.br/telas/transito/cap_trans.htm> Acesso: 04 jul 2004

¹⁸ Fonte: IBGE - Censo Demográfico 2000 - Disponível:
<<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000/universo.php?tipo=31&paginaatual=1&uf=31&letra=B>> - Acesso: 17 mai 2004

Apesar de todas as atribuições da BHTRANS ¹⁹, que incluem o planejamento e a implantação de ações operacionais no tráfego e no sistema viário da cidade de Belo Horizonte - MG, o gerenciamento e a fiscalização dos táxis, dos serviços de transportes coletivo, escolar e suplementar, não há uma definição de ações específicas para a implantação de edifícios garagens de grande porte na cidade, além das exigências legais regidas pela Lei de Uso e Ocupação do Solo Urbano de Belo Horizonte (Lei nº 7166 de 27-08-1996). Apenas existem algumas exigências em relação à implantação de PGTs (pólos geradores de tráfego) tais como shopping centers, templos religiosos e terminais de passageiros. Nos grandes terminais de passageiros, como a Estação Diamante, que é uma estação do BHBUS²⁰ com operação intramodal, isto é, faz a integração do serviço de transporte coletivo por ônibus, ainda não existe um planejamento de integração com possíveis edifícios garagens que poderiam ser construídos em suas proximidades.

São louváveis as soluções como aquelas adotadas pelo PACE ²¹ (Plano da Área Central), um conjunto de intervenções de curto, médio e longo prazos propostas para a área compreendida dentro dos limites da Avenida do Contorno. As intervenções de curto prazo são em sua maioria de baixo custo e implicam na melhoria das condições de circulação e segurança na região central da cidade. As intervenções de médio e longo prazos visam à criação de alternativas para o atravessamento da área central da cidade.

Diante de todos os problemas relacionados com o uso dos automóveis que foram apresentados aqui, e também pelas exigências do estilo de vida atual, ainda não se pode pensar em uma cidade sem o uso do transporte particular. Tentativas de criar cidades inteiras ou, mesmo, espaços urbanos exclusivos onde é proibido o

¹⁹ Fonte: BHTRANS - Disponível:

<<http://www.bhtrans.pbh.gov.br/bhtrans/bhtrans/index.asp>> - Acesso: 17 mai 2004

²⁰ BHBUS - Plano de Reestruturação do Sistema de Transporte Coletivo de Belo Horizonte

²¹ Fonte: BHTRANS - Disponível: <<http://www.bhtrans.pbh.gov.br/bhtrans/bhtrans/pace.asp>> Acesso: 17 mai 2004

uso de automóveis particulares nas ruas como os apresentados pelo site Carfree City ²², devem ser incentivadas principalmente em suas inovadoras propostas urbanas evidenciando o transporte coletivo, principalmente com o uso de trem metropolitano, metrô de superfície, bondes elétricos, e, para o transporte local, o uso de bicicletas.

É certo que a grande maioria das cidades mundiais deverão encontrar fórmulas que solucionem tanto o problema do grande número de veículos particulares nas ruas e quanto aqueles relacionados ao tráfego e estacionamento destes veículos.

²² Fonte: Car Free - Disponível: <<http://www.carfree.com>> - Acesso: 07 jul 2004

1.3 Estrutura do trabalho

O presente trabalho apresenta-se desenvolvido em oito capítulos. Após o capítulo introdutório, o Capítulo II aborda os aspectos referentes ao desenvolvimento de projeto de edifícios garagens, incluindo-se as garagens subterrâneas. Os aspectos inerentes aos pedestres também são apresentados incluindo-se os procedimentos de utilização das garagens convencionais e automatizadas. Uma abordagem da atual legislação de Ocupação do Solo Urbano de Belo Horizonte discute as limitações impostas por este instrumento.

No Capítulo III são descritos, de forma mais detalhada, os tipos de garagens com rampas e seu funcionamento. Estas estão organizadas em quatro categorias:

- a) Rampas retas entre dois pavimentos de estacionamento;
- b) Rampas entre meio-pisos alternados;
- c) Rampas helicoidais entre dois pavimentos de estacionamento;
- d) Garagens com pisos rampados.

No Capítulo IV, são descritos, vários tipos de sistemas para garagens residências ou de pequeno porte e seu funcionamento. Este capítulo está subdividido em cinco tópicos:

- a) Sistemas pantográficos de estacionamento;
- b) Sistemas elétrico-hidráulicos;
- c) Sistemas de estacionamento com colunas;
- d) Sistema de estacionamento semi-automático com páletes;
- e) Sistema semi-automático com páletes e colunas.

No Capítulo V, são abordados os Sistemas de Estacionamento Modular Automatizado de grande porte, o que constitui o objetivo principal desta pesquisa. Este capítulo está subdividido em quatro tópicos:

- a) Sistemas com um único dispositivo de transporte com movimentos horizontal e vertical;
- b) Sistemas com movimentos horizontal e vertical, utilizando dispositivos de transportes independentes;

- c) Sistemas de transporte circular;
- d) Sistemas com elevadores rotatórios.

No Capítulo VI são apresentados quatro diferentes módulos garagens, abordando os aspectos de sua utilização e rendimento, sendo:

- a) Sistema Módulo Lateral - 2
- b) Sistema Módulo Duplo - 4
- c) Sistema Módulo Circular - 4
- d) Sistema Módulo Circular - 12

No Capítulo VII são apresentados dois estudos de casos, sendo:

- a) O primeiro aborda uma proposta vencedora de concurso público de projetos (não executada) de um edifício subterrâneo e convencional em concreto armado para uma grande área urbana na cidade de Belo Horizonte - MG. Em contraposição, um outro edifício garagem em estrutura metálica, modulado e totalmente automatizado, é proposto para a mesma região.
- b) O segundo apresenta uma avaliação da área urbana da Savassi em Belo Horizonte - MG, verificando-se as possibilidades de implantação de garagens automatizadas, através da comparação entre os estacionamentos de veículos em lotes vagos e nas ruas com os sistemas modulados.

No Capítulo VIII são apresentadas as considerações finais, a título de conclusão, enfatizando-se ainda os limites do presente estudo e sugerindo alguns pontos a serem aprofundados em trabalhos futuros.

1.4 Justificativa

O panorama abordado no Capítulo I reflete-se nas grandes cidades brasileiras, como consequência das políticas de administração pública. Associada à dificuldade de circulação de veículos, há, ainda, a dificuldade de estacionar nestas regiões cada vez mais conturbadas e adensadas. A maioria dos edifícios situados nas áreas centrais destas cidades, por serem antigos, não possuem garagens próprias, ou quando as têm, estas são insuficientes para atender aos seus próprios usuários. O pequeno número de vagas nestes edifícios é reflexo de condicionantes dos projetos da época de suas construções. Uma evidência deste sintoma é o aparecimento de edifícios inteiros desocupados nestas regiões, como é o caso do antigo edifício do Banco Mineiro da Produção (Bemge) localizado na Praça Sete de Belo Horizonte (projeto do Arq. Oscar Niemeyer - 1953) (Figura 1.11). Em 1999, o



Figura 1.11 - Edifício Banco Mineiro da Produção (Bemge) - Oscar Niemeyer - 1953

proprietário do edifício (Banco Itaú) colocou-o à venda. Devido à depreciação do imóvel associada à estagnação do centro da cidade e principalmente, ao fato de o edifício não possuir garagem, não encontrou comprador.

Poder-se-ia questionar o uso de transporte coletivo, como o ônibus ou trens metropolitanos, para o acesso a estas áreas, mas sabe-se que muitos usuários não seriam adequadamente atendidos por ele, pois, como foi observado anteriormente no Capítulo I, o tempo de deslocamento dos ônibus é 2,3 vezes maior do que o tempo médio gasto pelos automóveis ²³.

A atual legislação de Uso e Ocupação do Solo Urbano de Belo Horizonte, originada na legislação de 1976, é uma ferramenta que dificulta e limita a construção de edifícios garagens na região central da cidade (definida na legislação como região do hiper-centro - ZHIP), permitindo-o em apenas algumas vias. A partir da aprovação da nova legislação, os planejadores municipais desejavam que o hiper-centro adquirisse um perfil de usos que incluísse moradias e alguns serviços, descentralizando os demais serviços e levando-os para outras regiões da cidade.

Em consequência desta legislação e do natural envelhecimento da região do hiper-centro, tem-se observado a degradação dos usos e dos serviços apresentados nesta região. Algumas atitudes tomadas pelos órgãos públicos, como a revitalização da Praça Sete e da Rua Caeté no centro de Belo Horizonte e novos sistemas de iluminação pública, têm um certo valor para reverter este quadro, mas não são suficientes. Edifícios vazios, desocupados ou abandonados tendem a piorar a qualidade urbana ao seu redor.

A mídia impressa tem reportado que os casos de invasões em edifícios abandonados ou desocupados tem ocorrido de forma sistemática nos grandes centros urbanos:

²³ Fonte: Revista CNT - Confederação Nacional do Transporte - março 2003 - Disponível: <<http://notesweb.cnt.org.br/revista.nsf/51cbf45fdc97caf783256a0f006c37f1/fdbb32e841e9235b82256d2f0055902f?OpenDocument>> Acesso: 14 mar 2004

Na madrugada do dia 21/07/2003, cerca de 3.500 pessoas do MTST (Movimento dos Trabalhadores Sem Teto) invadiram cinco prédios na região central de São Paulo. Um dos edifícios é o antigo Hotel Danúbio situado na av. Brigadeiro Luís Antônio, 1.099, que pertence UniFMU (Centro Universitário das Faculdades Metropolitanas Unidas)²⁴.

Estas atitudes têm se tornado cada vez mais freqüentes, e para evitar que ocorram e, mesmo, que estas regiões se deterioreem ainda mais, novas diretrizes de atuação deverão ser postas em prática.

Deve-se deixar bem claro que qualquer tipo de instrumento legal que incremente as possibilidades de estacionar pode melhorar ou mesmo piorar o trânsito em uma determinada região. É certo que construir edifícios garagens em determinados corredores de transito poderá liberar faixas das vias que antes eram utilizadas como estacionamento.

Em seu livro “Paletização de Estacionamentos”, Ramalho (1980) apresenta uma relação que aborda o quanto um sistema de estacionamento modulado pode ser benéfico para uma área urbana:

Mil vagas representam uma fila indiana de cinco quilômetros de carros estacionados na maneira convencional, congestionando ruas e calçadas. Cinco quilômetros representam sem dúvida o perímetro de vários quarteirões, ou, noutra imagem, mais do que todo o comprimento da praia de Copacabana. Pesquisas publicadas pela Companhia do Metrô do RJ dão conta de que aproximadamente metade dos automóveis particulares da cidade está sendo guardada nas ruas, o que ocorre também em muitas outras cidades do país²⁵.

²⁴ Fonte: Estado de Minas – Disponível:

<<http://www.em.com.br/uai/noticias/agora/nacional/51699.html>> Acesso: 30 jul 2003

²⁵ RAMALHO, 1980. p3.

Portanto, pelas próprias características destas regiões e de seus edifícios, o problema de estacionamento poderá ser solucionado com maior eficiência por meio de sistemas que permitam a maior otimização dos espaços. Os Sistemas de Estacionamento Modular Automatizado (*Modular Automated Parking Systems - MAPS*) apresentam-se como soluções adequadas para os problemas levantados.

1.5 Revisão bibliográfica

ARBED - Car Parks in Structural Steel - Catalogue

Disponível <<http://www.tradearbed.com>>

Acesso: 25 mar. 2004

Documento eletrônico disponibilizado pela Arcelor International America. Aborda a construção de garagens com vários níveis em estrutura metálica, incluindo aspectos de projeto arquitetônico, como rampas, dimensões, inclinação de vagas e sistemas construtivos como pilares, vigas e lajes mistas.

BRIERLEY, John - Parking of Motor Vehicles - C.R. Books Limited - London, 1962

Trata do crescimento da frota de veículos na Inglaterra e descreve alguns métodos que podem minimizar o impacto causado pelos automóveis. Descreve os problemas relacionados com a necessidade de estacionamento, incluindo a legislação, administração do tráfego e áreas de estacionamento. Aborda os edifícios garagens com vários níveis, com rampas e sistemas mecânicos.

KLOSE, Dietrich- Parkhäuser und Tiefgaragen- Deutsche-Stuttgart- Verlag Gerd Hatje, 1965

Klose aborda os problemas resultantes do uso do automóvel desde a sua invenção, fazendo relações do espaço necessário para estacionamento com as áreas urbanas, apresentando as novas reorganizações da estrutura urbana. Mostra a crescente necessidade de estacionamento das cidades, apresentando garagens com rampas e com instalações mecânicas.

NPA Parking Consultants Council - Guide to the Design & Operation of Automated Parking Facilities - USA, 2003.

Publicação conjunta da Automated & Mechanical Parking Association e da Parking Consultants Council of the National Parking Association, apresenta os parâmetros de projeto e construção de sistemas de estacionamento automatizado, destinados à administradores, projetistas, administradores de normas para edificações e operadores de garagens. Apresenta uma visão geral das normas de edificação publicadas para instalações de garagens automatizadas.

RAMALHO, Luiz Carlos de Aquino - Paletização de Estacionamentos - Brasil, 1980.

Apresenta uma coletânea de dados destinados à elaboração de garagens com sistemas de vagas paletizadas. Apresenta critérios fundamentais ao projeto deste tipo de sistema, inclusive o uso de páletes inclinados e giratórios. Uma garagem paletizada para 1000 veículos é apresentada detalhadamente, juntamente com exercícios práticos de utilização de páletes em garagens existentes.

2 CAPÍTULO II - Desenvolvimento e Projeto de Edifícios Garagens

2.1 Introdução

A necessidade de construções de edifícios garagens surgiu já no início do século XX, inicialmente com os abrigos domiciliares para veículos, uma vez que o automóvel era um bem muito caro para ser deixado nas ruas durante a noite. Entretanto, nas áreas já edificadas das cidades não havia espaço suficiente para abrigar os veículos daqueles que trabalhavam nestas regiões. Iniciou-se então a construção de edifícios especializados para abrigar estes veículos. Inicialmente com apenas um pavimento e, posteriormente, com vários pavimentos e ainda integrados a centros comerciais e empresariais.

A partir da necessidade de estacionar os veículos, começa a construção de vários edifícios especializados na Europa. Em 1925, em Berlim - Alemanha, foi construído um edifício com vários pavimentos, no qual os veículos eram transportados para os pisos superiores por meio de elevadores. No mesmo período foi construído em Stuttgart, também na Alemanha, um edifício com rampas para o acesso entre os pisos.

Em Veneza, na Itália, foi construído em 1930 o edifício “Autorimessa” que foi o primeiro grande edifício garagem da Europa (Figura 2.1). Este foi construído com duas rampas helicoidais em suas extremidades opostas, sendo destinado ao estacionamento de veículos de visitantes e pessoas que moravam na região, já que o grande tráfego nesta cidade se dá pelos canais.

Entretanto, somente após a segunda guerra mundial, por volta dos anos 50, começou a construção sistemática dos edifícios garagem na Europa.



Figura 2.1 - Ed. "Autorimessa" - Veneza

Fonte: Archiguide

Disponível: <<http://membres.lycos.fr/archiguideeurope/venise.htm>>

Acesso: 19 abr 2004

Nos Estados Unidos, a construção de edifícios garagens ocorreu como uma necessidade do tráfego. Os proprietários dos terrenos próximos aos escritórios e centros comerciais perceberam que a atividade de estacionamento era rentável financeiramente e começaram a erguer estruturas com vários pavimentos acima de seus espaços de estacionamento, dando origem aos edifícios garagens, como o de Winston-Salem na Carolina do Norte, em 1926. Neste edifício, foram empregadas rampas retas entre os níveis dos pavimentos como solução de acesso e circulação. Até então, estas garagens eram semelhantes a galpões de fábricas ou, simplesmente, ocultavam-se atrás de fachadas ecléticas. Quando a construção e a operação das garagens se tornaram atividades regulares, houve um esforço em desenvolver projetos compatíveis com as necessidades de uma boa operação dos serviços.

Basicamente, os edifícios garagens são estruturas relativamente simples com poucos componentes estruturais: colunas, pisos, elevadores ou rampas para

carros e escadas e elevadores para pedestres. A tarefa do arquiteto é manter estes elementos estruturais afastados de modo a se transformarem em elementos arquitetônicos, combinados de tal forma que componham as características do novo edifício. Por serem edificações de volumetria relativamente simples, uma das preocupações é concebê-lo com uma plástica agradável. Para isto várias soluções para o fechamento externo podem ser criadas, desde painéis em concreto até fechamento com telas, cabos e vidros.

2.2 Garagens subterrâneas

Uma garagem subterrânea com vários níveis tem um custo de construção muito mais elevado que um edifício garagem acima do solo. As garagens subterrâneas são viáveis economicamente quando implantadas em terrenos próximos a áreas muito adensadas, onde os terrenos têm um valor muito elevado. É o caso dos edifícios de hotéis, escritórios ou residências com garagens em seus subsolos.

Este tipo de garagem pode ocorrer por exigências do planejamento urbano, onde as diretrizes públicas exigem que estas sejam dispostas no subsolo. A implantação de garagens subterrâneas abaixo de quarteirões urbanos representa um valioso recurso em planejamento urbano, pois os espaços de estacionamento são resolvidos sem sacrificar preciosos espaços abertos.

Em diversas situações, a instalação de garagens subterrâneas sob os quarteirões públicos será a única solução para criar instalações de garagens em antigas áreas históricas dos centros urbanos sem a interferência na paisagem urbana e arquitetônica destas áreas. Mesmo em novas áreas, recentemente desenvolvidas, é viável a implantação deste tipo de garagem.

As garagens subterrâneas podem ser projetadas como garagens com rampas ou com sistemas mecânicos. Um exemplo deste tipo intervenção é apresentado no CAPÍTULO V, item 5.3 - Sistemas com elevador e plataforma giratória, onde uma garagem mecânica e subterrânea foi construída pela empresa Italiana Trevipark na Piazza Fabbri, em Cesena, Itália, para abrigar os veículos dos usuários da região.

2.3 Pedestre e garagens

Uma grande preocupação no projeto de estacionamentos ou edifícios garagens refere-se ao pedestre, pois este merece uma atenção especial. Independente do tipo de solução adotada para a garagem, deve-se ter sempre em vista a segurança do pedestre e do motorista.

A grosso modo, qualquer tipo de garagem se apresenta como grandes depósitos destinados ao abrigo de automóveis, variando apenas a sua tipologia, podendo ser dos tipos convencionais ou automatizados.

2.3.1 Garagens convencionais

Nas garagens de auto-estacionamento é o motorista que conduz o próprio carro, já que todos os níveis são acessíveis normalmente por rampas. Este tipo de garagem deve ser bem iluminado e com bom projeto de circulação, permitindo uma orientação fácil e segura, conferindo-se um cuidado especial tanto para carros como para pedestres. O motorista não deve percorrer grandes distâncias, sendo um padrão americano a distância máxima de 91 metros (aproximadamente 100 jardas) ²⁶. Em grandes garagens, as áreas de circulação de veículos e de acesso para pedestres devem ser separadas. Em garagens menores, uma pintura pode ser feita no piso marcando a circulação de pedestres. Deve-se evitar em projeto que a circulação de pedestres interseccione com os acessos dos veículos, principalmente em grandes garagens, pois isto comprometerá a capacidade de acesso à garagem e mesmo a segurança dos pedestres.

2.3.2 Garagens com sistemas automatizados

Neste tipo de garagem o motorista não tem acesso ao interior da garagem, deixando o veículo na recepção. Sistemas com máquinas automatizadas se encarregam de conduzir o veículo para o local apropriado. Portanto as preocupações nestas garagens com a segurança e conforto dos pedestres se limitam apenas à área de recepção dos veículos.

²⁶ KLOSE,1965, p39.

2.4 Legislação atual em Belo Horizonte - MG

A atual legislação de Uso e Ocupação do Solo Urbano de Belo Horizonte - Lei nº 7166 de 27-08-1996 e a alteração feita pela Lei nº 8137 de 21-12-2000 (Anexo 1 ao Anexo 4) possui vários instrumentos que buscam direcionar o crescimento da cidade. Alguns destes instrumentos são realmente muito válidos, como os que exigem pista de acumulação para determinados usos ou quantidade de vagas.

Outro instrumento desta legislação, como o que limita a construção de edifícios garagens em apenas determinadas ruas (definida na legislação como região do hiper-centro - ZHIP), pode ser questionado quanto à sua eficiência, já que desde a sua implantação, em 1996, o impedimento da construção deste tipo de edifício não surtiu grandes melhorias urbanas. Este instrumento é definido no Parágrafo 6º do Capítulo IV, Seção III:

“§ 6º - Na ZHIP, somente são admitidos edifícios-garagem em terrenos lindeiros às avenidas dos Andradas, Olegário Maciel, Santos Dumont, Oiapoque e do Contorno”.

Portanto, como consequência desta imposição, em toda a cidade existe apenas um edifício garagem com elevador, que é a Garagem São José com acesso pela Rua Tupis, nº 70 (Figura 2.2), construído dentro da legislação anterior a 1996. Deve-se notar que com a atual legislação, tal edifício não poderia ser construído, já que se situa fora dos limites impostos pela legislação. Se o mesmo tivesse que atender a atual legislação, deveria possuir pista de acumulação.

Na região do hiper centro de Belo Horizonte (ZHIP) há poucos espaços de estacionamentos de maior porte, tais como o estacionamento da rodoviária e o estacionamento do pátio da Igreja São José, com acesso também pela Rua Tupis. Outros grandes espaços de estacionamento estão localizados em edifícios comerciais, como é o caso do Shopping Cidade.



Figura 2.2 - Garagem São José - Rua Tupis, 70 - Belo Horizonte - MG

Ainda nesta legislação, exige-se que apenas as residências com mais de 60m² tenham vagas de estacionamento (Anexo 1) e, por incrível que pareça, os templos e os locais de culto não necessitam de locais de estacionamento, como pode ser verificado em seu Artigo 61:

“Art. 61 - O número mínimo de vagas destinadas a estacionamento de veículos é calculado segundo o disposto no Anexo VIII.

Parágrafo único - Ficam excluídas da exigência contida neste artigo:

I - as habitações unifamiliares;

II - a unidade não residencial com área de até 60 m² (sessenta metros quadrados), situada em terreno onde exista, além dela, somente uma edificação de uso residencial;

III - os templos e os locais de culto.”

Uma outra exigência da atual legislação que recai sobre as edificações é a previsão de pista de acumulação de veículos para empreendimentos comerciais ou de uso misto com mais de 60 vagas (Anexo 2 e Anexo 4), conforme o Artigo 62:

“Art. 62 - Devem dispor de pista de acumulação interna, junto à entrada e ao nível do logradouro, de acordo com o Anexo IX, os acessos a:

I - edificações de uso não residencial com mais de 60 (sessenta) vagas de estacionamento;

II - edificações de uso misto com mais de 60 (sessenta) vagas de estacionamento, excluídas as relativas à parte residencial;

III - estacionamentos de veículos abertos ao público;

IV - edifícios-garagem.

Parágrafo único - O cálculo do número de vagas previsto nos incisos I e II é feito de acordo com o previsto no artigo anterior.

Tem ocorrido freqüentemente uma mudança de usos de alguns edifícios da cidade, como é o caso de vários cinemas que se transformaram em templos religiosos ou mesmo em centros comerciais, conhecidos como “feiras-shopping”. Como exemplo pode-se citar o antigo Cine Art-Palácio na Rua Curitiba, em Belo Horizonte - MG. A antiga legislação urbana não previa estas mudanças de usos, por outro lado, nem mesmo a atual legislação potencializa o impacto urbano que tais mudanças arremetem à cidade.

Com estas mudanças de usos, os edifícios que já não dispunham de espaços suficientes de estacionamento, atendem muito menos à atual exigência legal.

Além da legislação de Uso e Ocupação do Solo Urbano de Belo Horizonte, ainda está em vigor o Código de Obras - Decreto Lei nº 84 de 21-12-40 (Anexo 5) que regulamenta as construções na cidade. Em seu Capítulo XI, que aborda as construções para fins especiais, e no Item 13 - Artigo 226, que aborda exclusivamente as construções para garagens comerciais, apresenta exigências em relação à paredes, pisos, coberturas, pé direito mínimo, além de outras que não se aplicam na adoção dos Sistemas de Estacionamento Modular Automatizado (*Modular Automated Parking Systems - MAPS*).

3 CAPÍTULO III - Garagens com rampas

3.1 Introdução

As garagens com vários pavimentos podem ser classificadas em duas categorias: garagens com rampas ou garagens mecânicas.

Nas garagens com rampas, os veículos se dirigem à vaga de estacionamento por meio de seu próprio movimento, dispondo de planos inclinados (rampas) para o acesso entre os vários pavimentos.

Nas garagens mecânicas, os veículos são levados às suas vagas por meio de equipamentos mecânicos, tais como elevadores e *dolly*²⁷, plataformas, páletes etc. Neste tipo de garagem normalmente o motorista não tem acesso ao seu interior, já que todo o procedimento de guarda e retirada do veículo é realizado por estes dispositivos mecânicos.

3.2 Procedimento de acesso e estacionamento em garagens com rampas

Em garagens com rampas, o veículo pode ser estacionado pelo próprio motorista ou por meio de um manobrista. O estacionamento executado por manobristas permite uma economia de espaços, pois os veículos podem ser posicionados mais próximos, entretanto as zonas de entrada e saída requerem uma maior área de reserva (faixa de acumulação²⁸). Nestas áreas os carros são enfileirados até que sejam removidos pelos manobristas. Normalmente as faixas de acumulação são determinadas por legislação municipal. Seu dimensionamento

²⁷ *Dolly* (do inglês: pequena locomotiva de bitola estreita) é um dispositivo de transporte horizontal que trabalha em conjunto com o elevador, semelhante a um pequeno pálete com roda e sobre trilhos que se movimenta sob o veículo. Através de motores elétricos este permite elevar o veículo pelas rodas e então transferindo-o para dentro do elevador.

²⁸ Em Belo Horizonte - MG, a faixa de acumulação de veículos é determinada pela Lei de Uso e Ocupação do Solo Urbano de Belo Horizonte (Lei nº 7166 de 27-08-1996), no Art. 62 e também em seu Anexo IX que aborda este tema (vid. Anexo 1 ao Anexo 4).

deve ser previsto de acordo com a área do estacionamento ou pela capacidade de veículos.

A capacidade da utilização das garagens com manobristas é menor se comparada às garagens em que o motorista estaciona o seu próprio veículo, onde o motorista não terá que esperar a recepção do manobrista.

A experiência mostrou que a eficiência econômica máxima é conseguida, não pela utilização máxima do espaço, mas por uma rotatividade de veículos mais elevada (Klose, 1965, p33).

O procedimento de acesso e saída da garagem deve ter o seu tempo minimizado. Segundo Klose (1965, p28) calcula-se que em um estacionamento de grande rotatividade, dois terços de sua capacidade deverá ser capaz de deixar o local em uma hora. Na prática, os valores são mais elevados, sendo de até 100% a rotatividade total em uma hora.

O procedimento de controle de entrada e saída totalmente automatizado é freqüentemente encontrado em *shopping centers*, sendo como se segue: o motorista passa por uma cabine de controle onde um sistema computadorizado imprime e entrega um bilhete de estacionamento com o horário de seu acesso, e em alguns casos, o nível e a localização da vaga a que deve se dirigir. Na saída, antes de pegar o seu veículo, o motorista deve-se efetuar o pagamento correspondente ao tempo em que o veículo ficou estacionado. O pagamento é efetuado em quiosques de cobrança localizados nas proximidades das áreas de estacionamento. De posse do bilhete quitado, o motorista dirige seu veículo a uma das saídas do estacionamento, inserindo o bilhete nas mesmas máquinas de controle. Estas identificam o bilhete, verificando em banco de dados do computador, se o mesmo está quitado, procedendo, então, a abertura da cancela de saída e permitindo a saída do veículo.

3.3 Classificação das garagens com rampas

Existem dois tipos básicos de garagens com rampas: as com rampas retas e as com rampas helicoidais, sendo que para assegurar uma operação mais segura no acesso dos veículos, as rampas devem ser separadas. Se houver apenas uma

rampa para ambos os sentidos, será necessário um divisor de pista nas rampas a fim de evitar acidentes.

As várias possibilidades de arranjo e projetos de garagens com rampas podem ser organizadas em quatro grupos:

1. Garagens com rampas retas entre dois pisos:

Normalmente as rampas situam-se no perímetro da garagem. As rampas estão situadas entre dois pavimentos, vencendo um lance completo de piso. Esta solução está representada no item 3.4.

2. Garagens com rampas retas entre meio-pisos alternados:

Neste tipo de solução, as rampas vencem apenas meio-piso. A solução arquitetônica encontrada para este tipo de garagem é construir a metade da garagem meio-piso abaixo da outra metade. A rampa que ligará as duas metades terá então que vencer apenas meio andar. Desenvolvida por d'Humy²⁹ na década de 20 esta é uma solução mais econômica e está representada no item 3.5.

3. Garagens com rampas helicoidais entre dois pisos:

Neste tipo de garagem, as rampas são construídas de forma helicoidal, podendo estar situadas dentro ou nas extremidades do piso da garagem. Existem soluções que utilizam duas rampas helicoidais, uma para subir e outra para descer da garagem. Esta solução está representada no item 3.6.

4. Garagens com pisos rampados:

Esta solução utiliza o próprio piso como rampa para o acesso entre os diversos níveis da garagem. Esta solução é interessante para grandes espaços de estacionamento, sendo que neste caso a inclinação do piso não provocará um grande incômodo aos motoristas. Esta solução está representada no item 3.7.

²⁹ Fonte: ARBED – Car Parks in Structural Steel - Catalogue – Disponível <<http://www.tradearbed.com>> Acesso: 25 mar. 2004

3.4 Garagens com rampas retas entre dois pisos

As garagens com rampas que aparentam ser muito íngreme, pouco iluminadas, ou mal orientadas dentro de uma garagem, tendem a provocar uma sensação de insegurança ao motorista que será obrigado a locomover-se mais lentamente. Além dos aspectos psicológicos, existem as características técnicas que definem a inclinação das rampas. As rampas muito íngremes não representam problemas para os carros modernos. Neufert, Ernest *et al.* (2001, p135) recomenda que a declividade máxima da rampa deverá ser de 15% e, para garagens pequenas não deve ultrapassar 20%. Ainda recomenda que as rampas retas com apenas uma mão tenham livre uma largura de 3,00 m, com 0,25 m de cada lado para proteção, totalizando 3,50 m. As rampas de mão dupla obedecem ao mesmo princípio, tendo, portando, uma largura total de 7,00 m.

A construção de garagens com rampas retas é a solução mais comumente encontrada. Nesta tipologia, rampas retas entre pisos podem ser facilmente solucionadas. As rampas podem ser dispostas ao longo dos lados dos pisos da garagem permitindo uma melhor organização da garagem e uma circulação de veículos mais fácil (Figura 3.1). Uma solução de garagem que adote rampas independentes para entrada e saída de veículos permite um fluxo maior de veículos, sendo operada sem a necessidade de manobristas. Deve-se observar as larguras mínimas de rampas exigidas nas legislações locais e também a facilidade de manobras dos veículos.

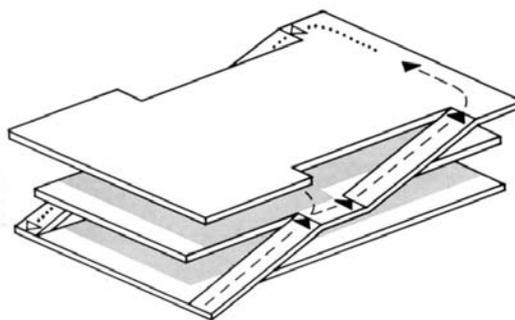


Figura 3.1 - Rampa reta de pista simples com subida e descida
KLOSE, Dietrich - Parkhäuser und Tiefgaragen, Deutsche, Stuttgart, Verlag Gerd Hatje, 1965, p30

3.5 Garagens com rampas retas entre meio-pisos alternados

Para a redução das rampas, pode-se adotar a redução da altura da estrutura e conseqüentemente a redução do pé direito do pavimento. Uma possível solução para evitar o uso de grandes rampas é o emprego de meio-pisos alternados (*split-level car park*). Esta solução mais econômica foi desenvolvida por d'Humy³⁰ na década de 20, consistindo na adoção de rampas curtas entre meio-pisos de garagens. É necessário que o piso da garagem seja dividido em duas partes dispostas em níveis de cotas diferentes (normalmente o desalinhamento vertical de cada piso é a metade da altura entre pisos). Com a mudança de localização das rampas dentro da garagem, é possível ter várias soluções de fluxo de tráfego, trazendo maior segurança para os motoristas (Figura 3.2 à Figura 3.4).

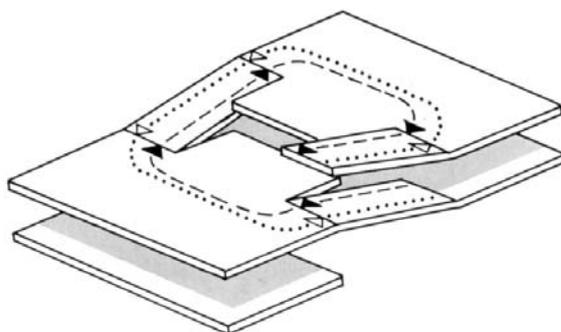


Figura 3.2 - Rampa reta entre meio-pisos
Movimento de subida e descida com faixas de rampas separadas para mão dupla de tráfego

KLOSE, Dietrich - Parkhäuser und Tiefgaragen, Deutsche, Stuttgart, Verlag Gerd Hatje, 1965, p30

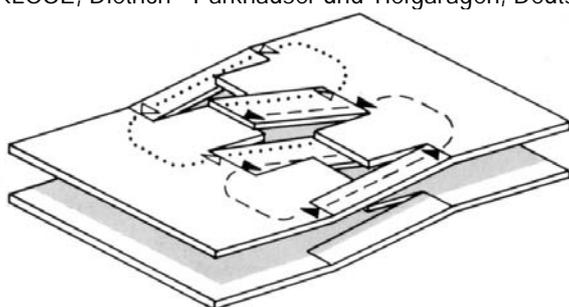


Figura 3.3 - Rampa reta entre meio-pisos
Movimento de subida e descida com parte das vias separadas em faixas de mão única e com parte das vias de mão dupla de tráfego

KLOSE, Dietrich - Parkhäuser und Tiefgaragen, Deutsche, Stuttgart, Verlag Gerd Hatje, 1965, p30

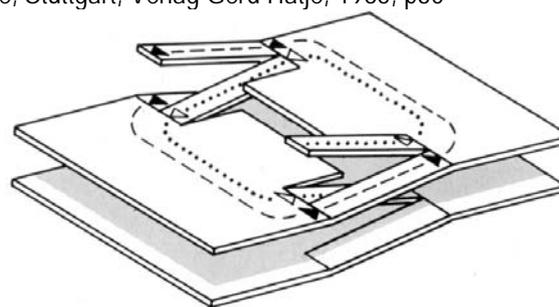


Figura 3.4 - Rampa reta entre meio-pisos
Movimentos de subida e descida separados em vias de mão única.

KLOSE, Dietrich - Parkhäuser und Tiefgaragen, Deutsche, Stuttgart, Verlag Gerd Hatje, 1965, p30

³⁰ Fonte: ARBED – Car Parks in Structural Steel - Catalogue – Disponível
<<http://www.tradearbed.com>> Acesso: 25 mar. 2004

Como os pisos são dispostos alternados, as rampas terão que vencer apenas meio nível, ocupando a metade do espaço que uma rampa ocuparia em uma solução convencional (Figura 3.5 à Figura 3.9). Esta solução exige que os carros sejam estacionados em ângulo reto (estacionamento à 90°), sendo que este tipo de configuração requer uma largura mínima de 31 m para ser implantada (Figura 3.5).

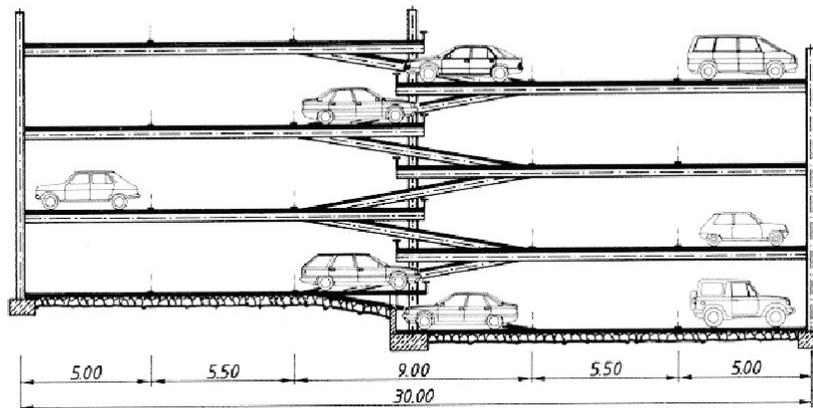


Figura 3.5 - Garagem d'Humy Seção mostrando os pisos alternados
ARBED - Car Parks in Structural Steel - Catalogue
Disponível: <<http://www.earbed.com>> Acesso: 27 jun. 2003

Se as rampas forem internas, a aparência externa do edifício será definida pela alternância dos pisos. Uma especial atenção deverá ser tomada em relação aos aspectos de visibilidade, pois este tipo de solução pode causar confusão no motorista. Em edifícios garagens com manobristas isto não será relevante. Também deve-se ter atenção em relação às alturas livres nas entradas e saídas das rampas, evitando que uma altura muito pequena danifique os veículos mais altos, como as vans e SUV.

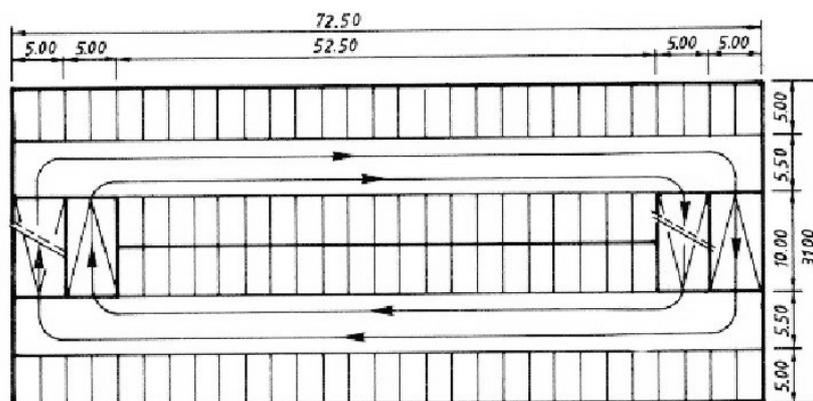


Figura 3.6 - Garagem d'Humy Pisos alternados e rampas separadas nas extremidades
ARBED - Car Parks in Structural Steel - Catalogue
Disponível <<http://www.earbed.com>> Acesso: 27 jun. 2003

A utilização de fluxo de trânsito separado é recomendada para evitar acidentes durante o percurso dentro da garagem. Nas Figura 3.7 e Figura 3.9 estão representadas estas soluções, onde apenas a relocação das rampas foi o suficiente para evitar a mão dupla de circulação em grande parte da garagem.

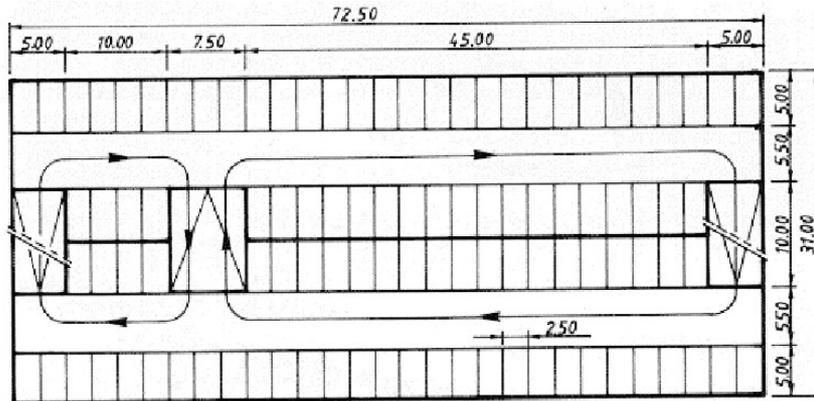


Figura 3.7 - Garagem d'Humy Com circulação separada e saída rápida
ARBED - Car Parks in Structural Steel - Catalogue
Disponível <<http://www.earbed.com>> Acesso: 27 jun. 2003

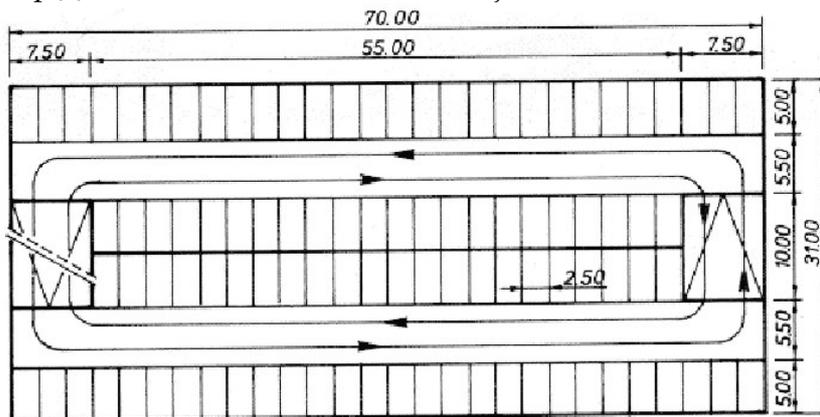


Figura 3.8 - Garagem d'Humy Com circulação com rampa dupla
ARBED - Car Parks in Structural Steel - Catalogue
Disponível <<http://www.earbed.com>> Acesso: 27 jun. 2003

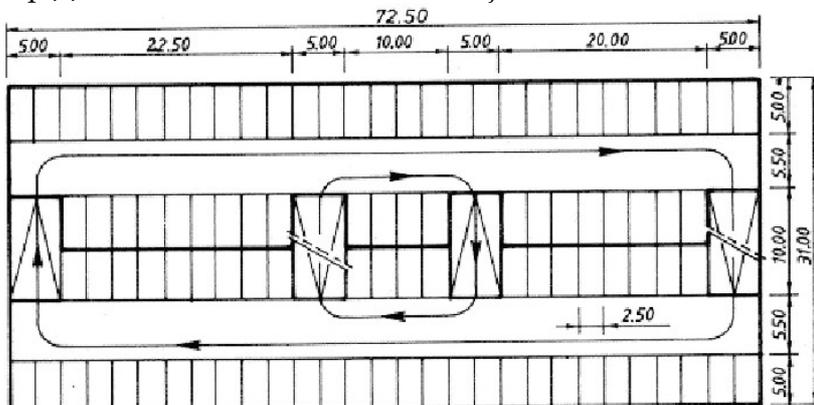


Figura 3.9 - Garagem d'Humy Com circulação mista e saída rápida
ARBED - Car Parks in Structural Steel - Catalogue
Disponível <<http://www.earbed.com>> Acesso: 27 jun. 2003

As Figura 3.6, Figura 3.7, Figura 3.8 e Figura 3.9 representam os vários tipos de solução de plantas com as propostas apresentadas por d'Humy, onde as necessidades de áreas de piso e de circulação são determinadas através do cálculo dos acessos de subida e de descida da garagem. Assumindo que esta garagem tem quatro níveis, pode-se verificar, na Tabela 3.1, a eficiência do melhor *layout* para a distribuição das rampas de acesso e das vagas.

Tabela 3.1 - Comparação das rotas de entrada e saídas de rampas

Layout	Área total do piso	Número de vagas por piso	Área por vaga	Comprimento da rota	
	m ²		m ²	Entrada	Saída
				m	m
Figura 3.6	2248	100	22,48	654	521
Figura 3.7	2248	102	22,03	514	271
Figura 3.8	2170	100	21,70	673	599
Figura 3.9	2248	100	22,48	654	271

Obs: Dados referentes aos layouts de rampas mostrados nas Figura 3.6 à Figura 3.9 (considerando a garagem com 4 níveis distribuídos em 8 meio-pisos alternados)

Fonte: ARBED - Car Parks in Structural Steel - Catalogue

Disponível: <<http://www.tradearbed.com>> Acesso: 25 mar. 2004

Em uma análise inicial dos dados da Tabela 3.1 poder-se-ia concluir que a solução de *layout* representada na Figura 3.8 é ideal, já que apresenta uma relação de área/vagas de 21,70 m². Mas deve-se levar em consideração que este *layout*, aparentemente eficiente, cria grandes circulações com mão dupla de trânsito, indesejável em qualquer tipo de garagem, principalmente nas rampas que são pontos mais vulneráveis à ocorrência de acidentes.

3.6 Garagens com rampas helicoidais entre pisos

Soluções de acesso aos vários níveis de uma garagem utilizando rampas helicoidais podem gerar edificações confortáveis e seguras para o motorista, desde que sejam respeitadas algumas regras em seu projeto.

Para as garagens com rampas helicoidais (Figura 3.10 e Figura 3.11), o ideal seria que a construção das rampas em curva tivesse sempre um raio mais extenso. Segundo Klose (1965), o raio mínimo para rampas helicoidais, medidos a partir da

borda externa da rampa, não deve ser inferior a 9,50m³¹. Para aumentar a segurança nas garagens, deve-se manter o fluxo de tráfego no sentido anti-horário nas rampas, pois as curvas feitas neste sentido são mais visíveis para os motoristas.

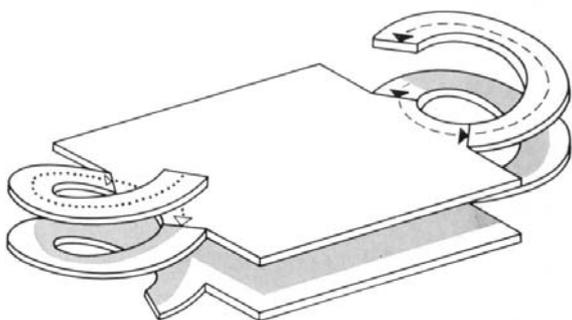


Figura 3.10 - Rampa helicoidais
De mão única independente para subida e descida, dispostas nas extremidades opostas da garagem, com arcos de 360°
KLOSE, Dietrich - Parkhäuser und Tiefgaragen, Deutsche, Stuttgart, Verlag Gerd Hatje, 1965, p31

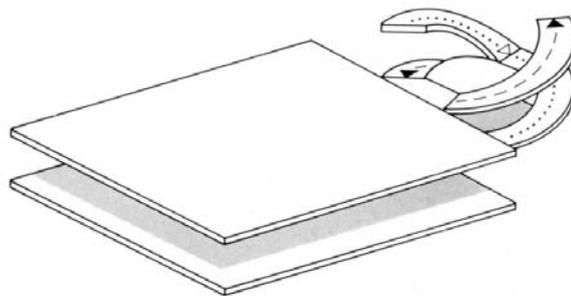


Figura 3.11 - Rampa helicoidais
De mão única independente para subida e descida com arcos de 180°
KLOSE, Dietrich - Parkhäuser und Tiefgaragen, Deutsche, Stuttgart, Verlag Gerd Hatje, 1965, p31

A Construtora ENCOL³² utilizava em seus edifícios residenciais dois tipos de rampas em curva, sendo o primeiro com a largura de 3,00 m, quando esta rampa era utilizada apenas para a descida. Recomendava-se também utilizar um raio mínimo de 6,00 m, medidos no eixo da rampa, mas reforçava que o valor ideal era de 7,00 m.

Quando a rampa era de mão dupla, a largura deveria variar de 5,50 a 6,00 m e seu raio de construção variava de 6,00 à 7,00 m medidos em seu eixo. A empresa não recomendava a utilização de rampas em curva nesta situação, pois qualquer pequeno descuido do motorista poderia provocar acidentes.

Também o número de pisos em uma garagem com rampas deve ser naturalmente limitado, para evitar longos percursos entre os acesso e as vagas. O edifício "Downtown Center" em São Francisco nos EUA (Figura 3.12), com dez

³¹ KLOSE, 1965.p36.

³² ENCOL, 1990.p92.

níveis, talvez represente o limite de número de pisos para uma garagem com rampas helicoidais. Como pode-se notar no diagrama da Figura 3.13, teve-se a preocupação de separar a mão de fluxo com a construção de duas rampas separadas, evitando assim que ocorra acidentes durante o percurso.

Em Belo Horizonte - MG, a garagem do Shopping Cidade com acesso pela Rua Goitacazes, nº 340 (Figura 3.14) é um exemplo deste limitante. Neste edifício foram utilizadas rampas sobrepostas para a entrada e a saída da garagem, semelhante ao diagrama apresentado na Figura 3.10. Entretanto, as rampas não são definidas por um círculo perfeito e sim dois arcos ligados por duas retas, assemelhando-se à forma de uma elipse. Esta solução tem o inconveniente de obrigar o motorista a corrigir a trajetória do veículo várias vezes durante o percurso sobre a rampa.



Figura 3.12 - Edifício "Downtown Center" em São Francisco

Fonte: Cahill Contractors - Disponível:
<http://www.cahill-sf.com/projects/details/proj_104.html>
Acesso: 19 abr. 2004

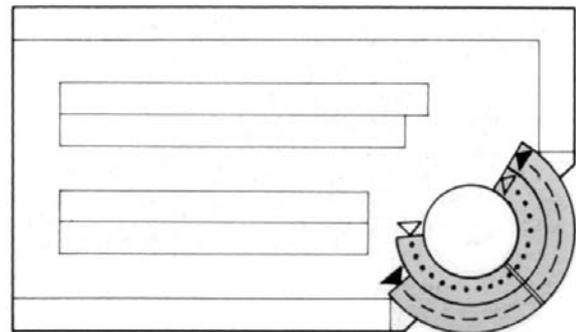


Figura 3.13 - Pavimento tipo do Edifício "Downtown Center"

KLOSE, Dietrich - Parkhäuser und Tiefgaragen, Deutsche, Stuttgart, Verlag Gerd Hatje, 1965, p36



Figura 3.14 - Garagem e rampa interna do Shopping Cidade (vistas externa e interna)

3.7 Garagens com pisos rampados

A busca de outras soluções para que o motorista estacione o seu veículo levou ao desenvolvimento de garagens com pisos rampados, onde o motorista pode utilizar as próprias rampas de acesso como áreas de estacionamento. Neste tipo de garagem, as inclinações destes pisos não devem exceder de 5 a 6% para não se gerar incomodo ao motorista.

Várias soluções de garagens com pisos rampados são apresentadas nas Figura 3.15 à Figura 3.20. Uma solução mais simplificada, como a apresentada na Figura 3.15, gera fluxos de mão dupla dentro da garagem, o que não é recomendado.

As soluções apresentadas nas Figura 3.16 e Figura 3.17 permitem que o tráfego seja organizado em duas espirais em sentido anti-horário, sendo uma espiral de subida, que constitui o próprio piso rampado onde os carros estacionarão, e a outra espiral de descida, permitindo a saída da garagem e a

mudança do piso do estacionamento. A vantagem deste tipo de garagem reside no fato de que os veículos que estão saindo não cruzam com aqueles que estão estacionando.

Várias outras soluções podem ser encontradas para este tipo de garagem, como a combinação feita com pisos rampados para acesso e rampas retas na saída, ou garagem com pisos rampados para acesso e rampas helicoidais na saída (Figura 3.18 à Figura 3.20).

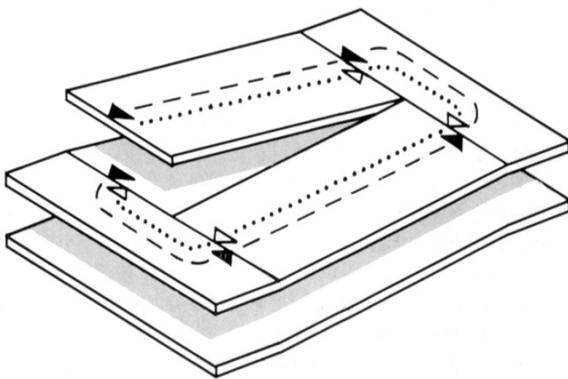


Figura 3.15 - Garagem de piso rampado
Com duas mãos de tráfego

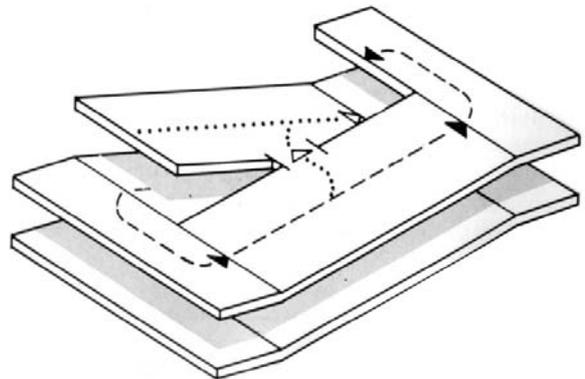


Figura 3.16 - Garagem de piso rampado
Pisos separados e com duas mãos de tráfego independente. Mudança de sentido pode ser feito pelo centro da rampa

KLOSE, Dietrich - Parkhäuser und Tiefgaragen, Deutsche, Stuttgart, Verlag Gerd Hatje, 1965, p31

KLOSE, Dietrich - Parkhäuser und Tiefgaragen, Deutsche, Stuttgart, Verlag Gerd Hatje, 1965, p31

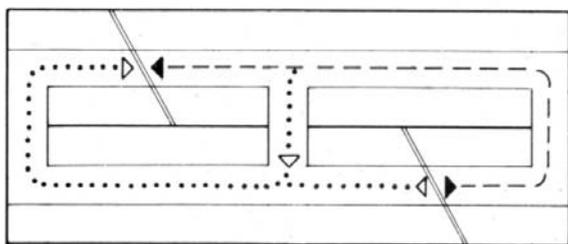


Figura 3.17 - Garagem de piso rampado
Com mão única de tráfego

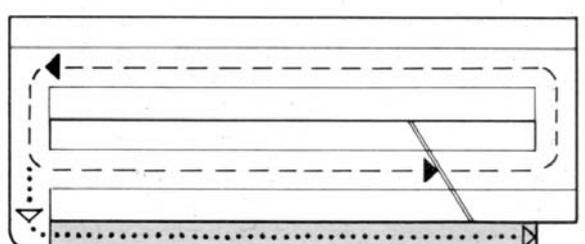


Figura 3.18 - Garagem de piso rampado
Com saída rápida por meio de uma rampa reta

KLOSE, Dietrich - Parkhäuser und Tiefgaragen, Deutsche, Stuttgart, Verlag Gerd Hatje, 1965, p37

KLOSE, Dietrich - Parkhäuser und Tiefgaragen, Deutsche, Stuttgart, Verlag Gerd Hatje, 1965, p37

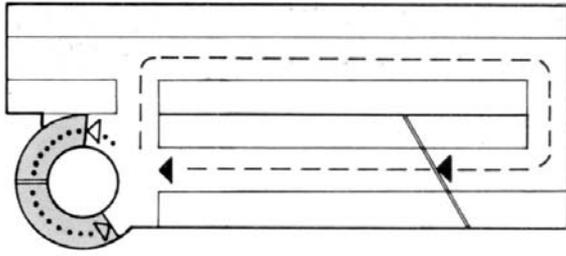


Figura 3.19 - Garagem de piso rampado
Com saída rápida por meio de uma rampa
helicoidal

KLOSE, Dietrich - Parkhäuser und
Tiefgaragen, Deutsche, Stuttgart, Verlag
Gerd Hatje, 1965, p37

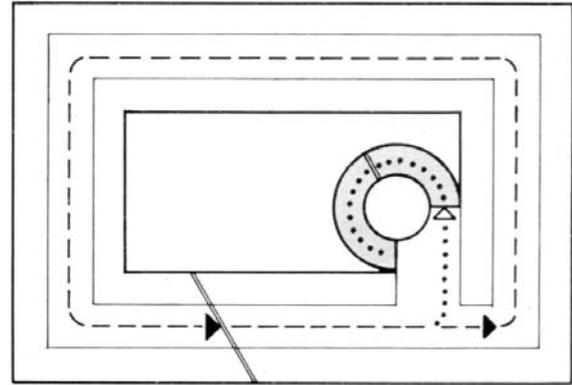


Figura 3.20 - Garagem de piso rampado
Com saída rápida por meio de uma rampa
helicoidal

KLOSE, Dietrich - Parkhäuser und
Tiefgaragen, Deutsche, Stuttgart, Verlag
Gerd Hatje, 1965, p37

4 CAPÍTULO IV - Sistemas mecânicos de pequeno porte

4.1 Sistemas pantográficos de estacionamento

Este tipo de sistema de garagem é recomendado somente para residências ou quando a exigência seja apenas o acréscimo de uma ou duas novas vagas de estacionamento.

Estas instalações são baseadas em dispositivos com braços pantográficos elétrico-hidráulicos que acionam as plataformas, permitindo que os veículos sejam recolhidos a um fosso no subsolo e disponibilizando a área acima da garagem para outras atividades ou mesmo para mais um veículo.



Figura 4.1 - Sistema pantográfico Modelo Duo-Box A/3 - MBM Box Car Systems - Itália
Fonte: MBM - Box Car System

Disponível: <http://www.mbmbox.com/eng_prodotti_1.htm>

Acesso: 19 abr. 2004

Os sistemas pantográficos fornecidos pela empresa MBM - Box Car Systems³³ são bons exemplos deste tipo de garagem mecânica, sendo

³³ MBM - Box Car Systems - www.mbmbox.com (02/07/2003) Via Oratorio 6, 46040 - Rebecco di Guidizzolo - MN - Italy - Tel. 0376.840420 - Fax: 0376.819300

recomendados para pequenas instalações ou residências. No modelo Duo-Box "Cover", um sistema pantográfico acionado por mecanismos elétrico-hidráulicos é o responsável pela elevação dos veículos. A empresa fornece dois modelos que comportam dois (Duo-Box "Cover" A/2) ou três veículos (Duo-Box "Cover" A/3) (Figura 4.1).

O modelo Duo-Box "Cover" A/3 é composto de três plataformas elétrico-hidráulicas acionadas por um dispositivo elevador, formado por dois braços pantográficos acionados por pistões hidráulicos. Tem capacidade para acomodar até dois veículos independentemente e um terceiro na última plataforma, exposto ao tempo.

Este modelo tem a capacidade de trabalhar com até 5000 kg. A plataforma dos veículos apresenta dimensões de 5,36 x 2,50 m, sendo que a distância livre entre duas plataformas é de 1,74 m. O percurso dos braços pantográficos varia de 3,60 a 5,0 m.

4.2 Sistemas elétrico-hidráulicos

A grande vantagem deste tipo de sistema é a duplicação do espaço de vagas com o mínimo de modificações no edifício existente, permitindo acomodar dois veículos no espaço que anteriormente só estacionava um veículo.

Este sistema é indicado para pequenos espaços de estacionamento, principalmente em edifícios ou residências que possuem garagens com um razoável pé direito entre os pisos, permitindo assim a instalação do equipamento. Pode ser utilizado em reestruturação (*retrofit*) de garagens ou estacionamentos, com a grande vantagem de não ser necessário quase nenhuma alteração no edifício para sua instalação.

O modelo Duo-Box Cuneo e Duo-Box Paralelo, da MBM Box Car Systems – Itália, é um bom exemplo (Figura 4.2). O sistema permite a acomodação de dois veículos. É composto por uma plataforma móvel acionada por dois pistões hidráulicos, que pode ser inclinada para ajustar o espaço disponível ao veículo a ser acomodado. A desvantagem deste tipo de solução é que para retirar o veículo

situado na plataforma superior, faz-se necessário remover o veículo de baixo para acionar o mecanismo.



Figura 4.2 - Sistema pantográfico
Modelos Duo-Box Cuneo e Duo-Box Paralelo - MBM Box Car Systems - Itália
Fonte: MBM - Box Car System - Disponível:
<http://www.mbmbox.com/eng_prodotti_5.htm> Acesso: 19 abr. 2004

Este modelo de equipamento permite a elevação de um veículo de até 2200 kg. Vários itens de segurança foram adicionados ao equipamento, tais como: operação em baixa voltagem (24V), dispositivo contra falhas do circuito hidráulico, controle acionado pelo operador, dispositivo de parada do veículo, chave de controle removível, luz de advertência de operação e pinos de segurança no limite de parada de elevação.

4.3 Sistemas com colunas

Outro tipo de sistema mecânico é o de colunas com acionamento eletro-hidráulico, também indicado para solução de pequenos espaços de estacionamento.

Este sistema só pode ser instalado no pavimento inferior de garagem, sendo necessário criar um fosso que permita que o veículo seja abaixado, liberando, assim, o veículo situado na plataforma superior. A vantagem destes dispositivos é que os veículos podem ser retirados de qualquer plataforma sem a necessidade de manobra de outro veículo, como ocorre no sistema apresentado anteriormente.

Neste sistema, os veículos são elevados por equipamentos elétrico-hidráulicos ou por sistemas com engrenagens e correntes dispostos nas colunas que compõem a estrutura das plataformas.

O modelo P2042-155 fornecido pela empresa Klaus Autoparke-systeme, com representante no Brasil (Klaus do Brasil)³⁴, é indicado em reestruturação (*retrofit*) de garagens com pé direito livre de pelo menos 2,95 m e, ainda, que permitam a escavação de parte do subsolo, criando um fosso de 1,55 m de profundidade. Tal sistema permite que se comporte mais um veículo acima de cada vaga. Devido ao pequeno pé direito disponível nesta solução, as plataformas quando acionadas, ficarão em forma de rampas com a inclinação de 7,5°, permitindo o acesso dos veículos (Figura 4.3).

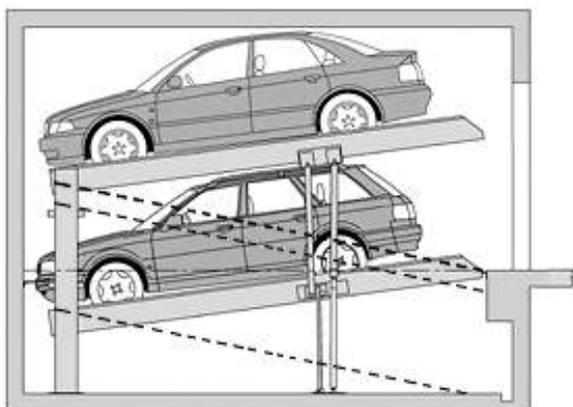


Figura 4.3 - Sistema com coluna
Modelo P2042-155 - Klaus do Brasil
Fonte: Klaus do Brasil - Disponível:
<http://www.klausautopark.com.br/inh4_2.htm>
Acesso: 19 abr. 2004

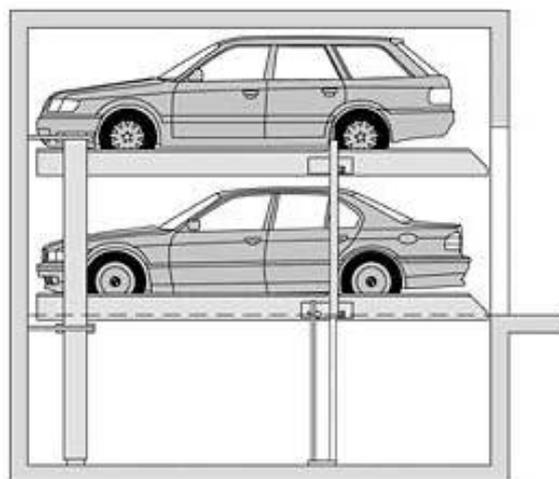


Figura 4.4 - Sistema com coluna
Modelo 2062 - Klaus do Brasil
Fonte: Klaus do Brasil - Disponível:
<http://www.klausautopark.com.br/inh4_2.htm>
Acesso: 19 abr. 2004

A segunda solução (modelo 2062) é indicada para garagens que tem um pé direito um pouco mais elevado, com espaço livre a partir de 3,25 m. O fosso pode variar de 1,70 m a 1,95 m dependendo do modelo escolhido (Figura 4.4).

³⁴ Klaus do Brasil - Rua Terencio Costa Dias N° 393 - Jd. Monte Hey, Sorocaba - SP - Tel: (15) 222-6253 - Disponível: <<http://www.klausautopark.com.br>> Acesso: 02 jul 2003.

A vantagem deste modelo reside ao fato de o acesso dos veículos ser feito com as plataformas sempre na posição horizontal, facilitando a manobra para o motorista.

Um terceiro sistema mais complexo (modelo G63) permite comportar até seis veículos. O sistema é formado por uma estrutura composta por uma ou duas plataformas em cada nível, com total de três níveis. Para a instalação deste sistema é necessário um pé direito livre de 4,80 m e a construção de um fosso de 3,30 m de profundidade. (Figura 4.5).

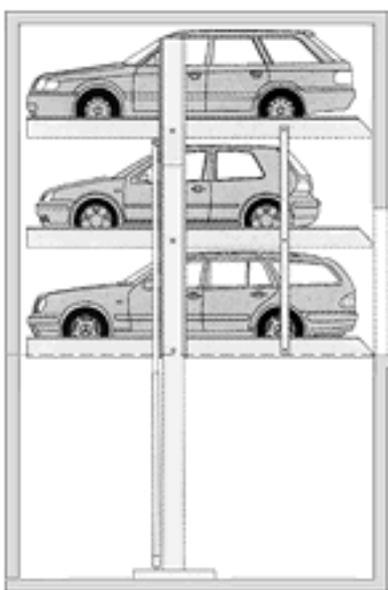


Figura 4.5 - Sistema com páletes

Modelo G63 - Klaus do Brasil

Fonte: Klaus do Brasil

Disponível: <http://www.klausautopark.com.br/inh4_2.htm>

Acesso: 19 abr. 2004

Em todos os três sistemas apresentados, as plataformas têm dimensões que podem variar de 2,30 x 5,30 m até 7,50 m x 5,50 m.

No Rio de Janeiro - RJ, a empresa Easy Parking³⁵ tem desenvolvido e instalado sistemas semelhantes, com tecnologia 100% nacional. Este sistema tem sido utilizado para ampliar o número de vagas de uma garagem em prédios

³⁵ Easy Parking - Rua do Rosário, 171 - 3º andar - Centro - Rio de Janeiro - RJ, Tel: 21-2224-4032 - disponível em: <<http://www.easyp.com.br>> Acesso: 13 nov 2003.

comerciais e residenciais da cidade. Utilizando um equipamento semelhante aos elevadores de oficinas mecânicas, o Easy Parking coloca os carros uns sobre os outros, até o limite máximo de sete automóveis. Com isso, prédios que ofereciam somente uma vaga por apartamento podem acomodar vários no mesmo espaço.

Rogério Zylbersztajn, da construtora RJZ (*apud* Veja-Rio, 2002)³⁶, utilizou o equipamento num prédio de alto luxo do Leblon afirmando que "é uma solução que facilita a vida de muita gente e alivia as ruas". Este edifício foi construído com cinco apartamentos, um por andar, mas só dispunha de 95 m² de área para a garagem, suficiente para apenas seis veículos. Como todos os compradores tinham dois veículos, precisavam de um total de dez vagas. A solução seria parar na rua ou criar um andar subterrâneo. "Construir no subsolo era caríssimo e o sistema foi uma solução maravilhosa", atesta a moradora Danielle Kremnitzer.

Neste sistema não é necessária a existência de um fosso no piso, apenas a exclusão de uma vaga no térreo. Os veículos do primeiro nível ficam estacionados sobre páletes que possuem a capacidade de movimento lateral, liberando assim a vaga para que o veículo de cima seja retirado. O engenheiro Roberto Kreimer (*apud* Veja-Rio, 2002), que em 1998 começou a construir o Easy Parking em parceria com o Laboratório de Acústica e Vibrações da COPPE e várias empresas juniores da UFRJ e da PUC, informa que para remover o carro de cima, basta empurrar o veículo de baixo para a vaga ao lado. Semelhante a um quebra-cabeça, "qualquer carro consegue sair sem que seja preciso manobrar o outro".

4.4 Sistema semi-automático com páletes

Os sistemas que utilizam páletes têm como característica principal a supressão das áreas necessárias às manobras para entrada e saída de vagas, reduzindo as áreas para a circulação interna.

Nestes sistemas, cada vaga possui um pálete que se desloca transversalmente sobre guias instaladas sobre o piso existente. O deslocamento

³⁶ Veja-Rio, 2002.

transversal é feito manualmente ou por meio de motores elétricos. No sistema manual, o esforço braçal é reduzido, sendo normalmente inferior a 5 kgf ³⁷.

Comparando uma garagem convencional com uma que utiliza o sistema de páletes, pode-se verificar o extraordinário aumento no número de vagas disponíveis que este proporciona. Segundo Ramalho (1980) ³⁸, considerando o fato de que os automóveis sobre as páletes podem estacionar lateralmente e longitudinalmente, distantes apenas 5 cm, há um ganho real de uma vaga para cada grupo de quatro carros estacionados lateralmente, o que representa 25% de ganho de vagas. E o ganho de uma vaga para cada grupo de seis carros estacionados longitudinalmente, o que representa 16,66% de vagas a mais.

Somando-se estes dois valores parciais tem-se 41,66% de novas vagas. Acrescente-se, também, que este sistema permite colocar vagas livres nas ruas internas dos estacionamentos e, em alguns casos, em locais inacessíveis convencionalmente, o que resultaria em um aumento final de vagas muito maior.

A empresa Klaus do Brasil também fornece um sistema de estacionamento semi-automático, com a utilização de páletes para estacionar. Como exemplo é apresentado abaixo o modelo PQ Pallets, juntamente com um diagrama em planta mostrando o seu funcionamento (Figura 4.6).

³⁷ RAMALHO, 1980. p11.

³⁸ Ibidem, p17.



Figura 4.6 - Sistema com páletes Modelo PQ Pallets - Klaus do Brasil

Fonte: Klaus do Brasil

Disponível: < http://www.klausautopark.com.br/inh4_4.htm>

Acesso: 19 abr. 2004

Neste sistema, com o acionamento de apenas um botão, um motor elétrico muda de posição as páletes longitudinalmente ou transversalmente, liberando o espaço desejado. Este sistema permite a criação de locais de estacionamento em áreas antes utilizadas como circulação de veículos.

4.5 Sistema semi-automático com páletes e colunas

Este tipo de sistema permite uma otimização ainda maior dos usos dos espaços, combinando o sistema de estacionamento com colunas com o sistema de páletes, permitindo que os movimentos verticais fornecidos pelas colunas sejam associados aos movimentos longitudinais e transversais fornecidos pelas páletes. Também pode ser utilizado em reestruturação (*retrofit*) de garagens ou estacionamentos. Dois exemplos do sistema podem ser ilustrados pelos modelos P110 e P210 fornecidos pela - Klaus do Brasil (Figura 4.7 e Figura 4.8).

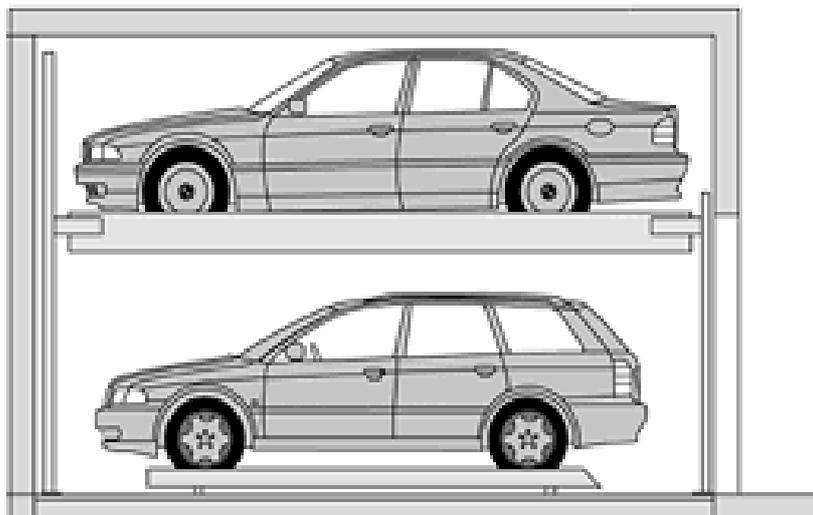


Figura 4.7 - Sistema com páletes e colunas Modelo P110 - Klaus do Brasil
Fonte: Klaus do Brasil
Disponível: <http://www.klausautopark.com.br/inh4_3.htm>
Acesso: 19 abr. 2004

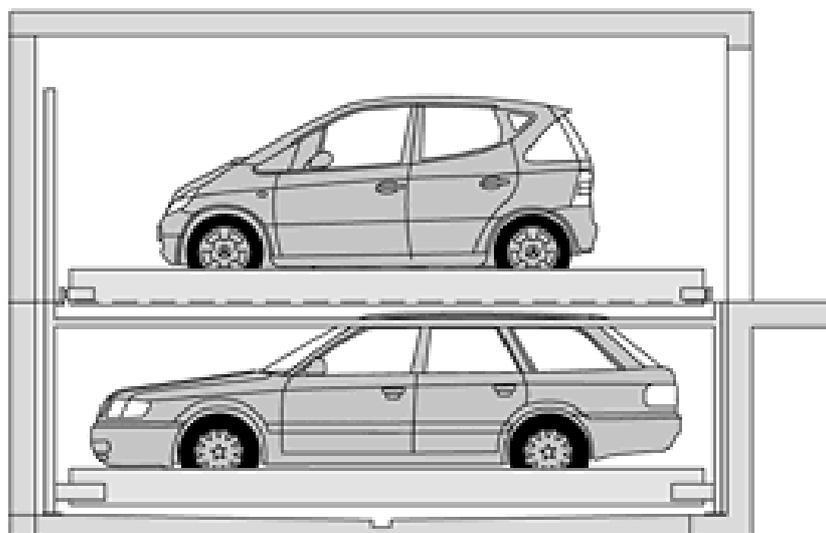


Figura 4.8 - Sistema com páletes e colunas Modelo P210 - Klaus do Brasil
Fonte: Klaus do Brasil - Disponível: <http://www.klausautopark.com.br/inh4_3.htm>
Acesso: 19 abr. 2004

5 CAPÍTULO V - Sistemas mecânicos de estacionamento de grande porte

Os Sistemas de Estacionamento Modular Automatizado (*Modular Automated Parking Systems - MAPS*) oferecem muito mais conforto ao usuário e proteção contra roubos e vandalismo. Todo o espaço destinado ao estacionamento de veículos normalmente só é acessível por uma única entrada, e todo o sistema ainda pode ser implantado como um edifício subterrâneo ou mesmo como um edifício convencional. No início do procedimento de estacionamento, sensores eletrônicos verificam a dimensão do veículo, certificando se cada tipo de veículo poderá ser condicionado dentro das células padrão com segurança. Quando o motorista deixa o veículo na plataforma de recepção, o sistema move automaticamente o veículo para uma vaga disponível no interior do edifício, sendo todo este processo controlado e monitorado por sistemas eletrônicos e computadorizados.

Neste tipo de sistema, os carros podem ser dirigidos às vagas pelas suas próprias rodas, conduzidos pelos motoristas ou manobristas, ou, ainda, podem ser levados por dispositivos mecânicos. Entre os diversos tipos de instalações mecânicas existentes, pode ser feita uma distinção entre tipos de sistemas utilizados atualmente, sendo:

- a) Sistemas com um único dispositivo com movimentos horizontal e vertical;
- b) Sistemas com movimentos horizontal e vertical, utilizando dispositivos de transportes independentes;
- c) Sistemas de transporte circular;
- d) Sistemas com elevadores rotatórios.

Grandes sistemas de estacionamentos podem ser construídos para abrigar dezenas, centenas ou milhares de veículos, como as propostas apresentadas pela

empresa americana American Custom Lifts³⁹, que desenvolve garagens automatizadas para comportar até 5000 veículos (Figura 5.1). A empresa fornece sistemas que podem ser instalados sobre o solo, ou no subterrâneo, dentro de um edifício, no topo, no subsolo ou, mesmo, ao lado de um edifício existente.

Estes Sistemas de Estacionamento Modular Automatizado são projetados de modo a oferecerem a integração de sistemas computadorizados com elevadores mecânicos, páletes e empilhadeiras para estacionar e recuperar os veículos em edifícios garagens com vários pavimentos, com grande segurança e rapidez. Estes sistemas são projetados sob encomenda, adaptando-se às necessidades de projetos impostos pelas legislações urbanas locais e pelas condicionantes dos locais onde serão implantados.



Figura 5.1 - Edifícios Garagem American Custom Lifts

Modelos RPS 100, RPS 20W, RPS 20L

Fonte: American Custom Lifts

Disponível: <<http://aclifts.com/CarParks/default.asp>>

Acesso: 19 abr. 2004

Uma das grandes vantagens dos MAPS é solucionar um grande número de problemas tipicamente associados aos sistemas de estacionamentos convencionais. Com a crescente escassez dos terrenos urbanos e conseqüentes elevações de seus custos, este sistema de estacionamento se apresenta como um grande benefício

³⁹ Fonte: American Custom Lifts - EUA - Disponível: <<http://aclifts.com>> Acesso: 27 jun 2003

quando implantado em pequenos espaços urbanos, podendo atingir até 20 níveis, permitindo uma grande flexibilidade de soluções arquitetônicas. Segundo a empresa American Custom Lifts, os MAPS podem custar até 30% menos que os sistemas de garagem convencionas ⁴⁰. Os equipamentos, fabricados em módulos e etapas, são enviados aos canteiros de obra. Após a instalação inicial, os sistemas podem ser modificados, expandidos ou relocados, de modo que as necessidades de ampliações futuras não sejam impedidas por restrições orçamentárias atuais.

Dentro de uma perspectiva conservadora, as instalações MAPS são mais eficientes, de fácil uso e mais seguras que as garagens convencionais: o processo completo de estacionar e recuperar o veículo é completado em minutos, enquanto que nos sistemas convencionais, os espaços devem ser bem iluminados e seguros.

Segundo a NPA Parking Consultants Council ⁴¹, as vantagens da utilização dos Sistemas de Estacionamento Modular Automatizado (*Modular Automated Parking Systems - MAPS*) são:

- a) Não necessitam de ventilação mecânica: já que os veículos são transportados por equipamentos automatizados, e com os seus motores desligados, não é necessário ventilação mecânica para remover os gases dos veículos;
- b) Não necessitam de ambientes condicionados: como o interior do edifício não é acessível ao público, não é necessário nenhum tipo de ventilação, aquecimento ou condicionamento de ar;
- c) Reduzem o espaço entre os veículos: já que os veículos são estacionados por máquinas, não são necessários espaços para abrir as porta ou para manobras. Pode-se acomodar até quatro veículos em um espaço que acomodava até três veículos em um estacionamento convencional;

⁴⁰ Fonte: American Custom Lifts - EUA - Disponível:
<<http://aclifts.com/CarParks/advantages.asp>> Acesso: 27 jun 2003.

⁴¹ NPA Parking Consultants Council - Guide to the Design & Operation of Automated Parking Facilities - USA, 2003.

- d) Redução na altura: como não existe a circulação de pedestres no interior do edifício, o pé-direito pode ser muito baixo. Aproximadamente a altura de três níveis de um estacionamento automatizado poderia ocupar a altura de dois níveis de uma garagem convencional;
- e) Otimização do espaço: como os veículos são transportados por máquinas, sobre páletes, e sem a necessidade da presença do motorista, o sistema pode posicionar os veículos muito próximos uns dos outros.
- f) Permitem duplicar o número de vagas (ou requerem apenas a metade do espaço) para acomodar o mesmo número de carros quando comparado com as garagens convencionais. Pode-se instalar um sistema de estacionamento em uma pequena área a partir de 6,0 x 9,0 metros. A altura ou a profundidade deste tipo de instalação é aproximadamente 50% menor que a de uma instalação convencional
- g) Não necessitam de escadas ou elevadores: já que as vagas dos veículos não são acessíveis ao público, não é necessária a instalação de elevadores para pessoas ou escadas. Somente escadas de marinho ou de incêndio serão necessárias. Na falta de energia elétrica, geradores elétricos se encarregam de manter todo o sistema em funcionamento.
- h) Redução de custos com manutenção dos sistemas: nos sistemas automatizados, as exigências em iluminação e ventilação dos espaços destinados à guarda dos veículos são mínimas, conseqüentemente os gastos com a manutenção destas áreas serão mínimos. Também não terá nenhum custo com o reparo de piso, já que não existem pisos para manutenção.
- i) Não há nenhuma possibilidade de ocorrer danos causados pelos equipamentos que estacionam e retiram os veículos, já que todo o procedimento é executado por equipamentos automatizados. Sendo todo o sistema composto por páletes protegidos, impede-se que se caia óleo, sal ou sujeira sobre os veículos quando estacionados ou durante seu transporte.

- j) Redução de custos com pessoal: como não há necessidade de manobristas, o número de funcionários para operar todo o edifício poderá ser reduzido.
- k) Redução de custos com seguro: com este tipo de sistema, o risco de acidentes com os veículos ou mesmo pessoal será extremamente baixo, diminuindo conseqüentemente os custos das apólices de seguros.
- l) Maior tranqüilidade para os proprietários dos edifícios garagens: considerando-se que os motoristas e o público em geral não têm acesso as áreas de estacionamento, eliminam-se as chances de vandalismo e roubo dos veículos sob a guarda dos administradores de tais garagens.

5.1 Sistemas com um único dispositivo com movimentos horizontal e vertical

Os Sistemas de Estacionamento Modular Automatizado (*Modular Automated Parking Systems - MAPS*) equipados com dispositivos de transporte com capacidade de movimentos horizontal e vertical, são os tipos de sistemas mais comumente encontrados.

Normalmente o acesso do veículo é feito no pavimento térreo, sendo posteriormente transportado para o interior do edifício. Depois de feito o procedimento de entrada, o veículo é elevado a um dos pavimentos do edifício garagem pelos dispositivos transportadores, constituídos de elevador e *dolly*. Finalmente o próprio equipamento se encarrega de posicionar o veículo em uma das células de estacionamento disponível.

Diversas empresas desenvolveram tecnologias com procedimentos para a recepção e entrega do veículo muito semelhantes, tais como a Klaus Autoparkesysteme ⁴², MP Systems ⁴³, Wöhr Parksysteme ⁴⁴, MBM Box Car Systems ⁴⁵, e outras (Figura 5.2, Figura 5.3 e Figura 5.4).

⁴² Klaus do Brasil - Rua Terencio Costa Dias N° 393 - Jd. Monte Hey, Sorocaba - SP - Tel: (15) 222-6253 - Disponível: <<http://www.klausautopark.com.br>> Acesso: 02 jul 2003.



Figura 5.2 - Wöhr Multiparker-Duisburg-Alemanha

Fonte: Wöhr Parksysteme

Disponível: <<http://www.woehr.de/engl/projekte/projekt07.htm>>

Acesso: 19 abr. 2004



Figura 5.3 - Sistema Parkmatic-O.M.E.R. Spa-Itália

Fonte: OMER S.p.a.

Disponível: <<http://www.omerlift.com/index.html>>

Acesso: 19 abr. 2004

⁴³ MP System CO. LTD. - 6F, Woosuk Bldg, 1007-39 Sadang-1 dong - Dong Jak-gu, Seoul - Korea - Disponível: <<http://www.mp-parking.com>> Acesso: 07 jul 2003

⁴⁴ Wöhr Auto Parksysteme - Postfach 1151 D-71288 Frilzheim - Germany - Disponível: <<http://www.woehr.de>> Acesso: 07 abr 2003

⁴⁵ MBM-Box Car Systems - Via Oratorio 6, 46040 Rebecco di Guidizzolo - MN - Italy - Disponível: <<http://www.mbmbox.com>> Acesso: 07 jul 2003

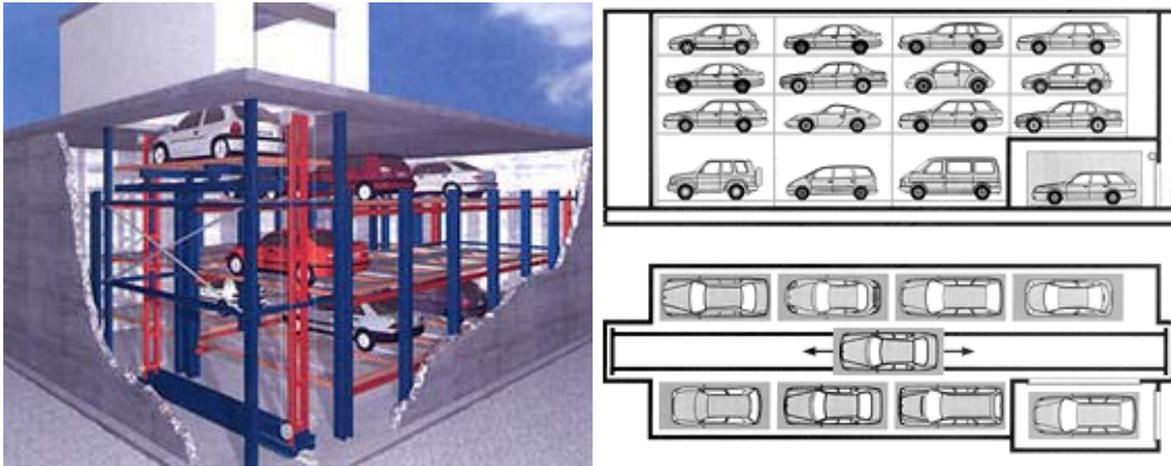


Figura 5.4 - Sistema com páletes
 Modelo KLAUS series AP-R3, AP-F3 - MBM Box Car Systems - Itália
 Fonte: MBM Car Parking Systems
 Disponível:< http://www.mbmbox.com/eng_prodotti_4.htm>
 Acesso: 19 abr 2004

Praticamente em todos estes sistemas, o veículo é dirigido à recepção pelo motorista. Através de dispositivos de movimento horizontal (*dolly*), este é levado à plataforma do elevador e, deste, até a vaga de estacionamento. O elevador de transporte pode servir a diversas fileiras verticais de vagas de estacionamento, caso possua a capacidade de realizar movimentos horizontais.

Em sistemas mais antigos ou menos automatizados, o carro pode ser conduzido ao elevador por um manobrista ou por meios de dispositivos mecânicos controlados por um funcionário que viaja na própria plataforma do elevador. Este tipo de sistema foi adotado no edifício garagem Auto Copa Park em Copacabana na cidade do Rio de Janeiro - RJ, Brasil, que possui um operador de elevador para posicionar os veículos nas vagas. Semelhante, o sistema adotado na nova expansão da garagem do edifício "Shopping Rio Sul" na mesma cidade, também tem a necessidade de um operador de elevador para posicionar e recolher os veículos. A vantagem desta solução é a redução dos custos operacionais e de execução do sistema, principalmente em relação aos dispositivos de automação, tais como sensores, computadores e programas específicos.

No edifício “Shopping Rio Sul” (Figura 5.5), a empresa Kreimer Engenharia⁴⁶ encontrou a solução para a reestruturação (*retrofit*) da garagem existente com a implantação de um sistema modular de garagem fornecido pela empresa Easy Parking⁴⁷, acrescentando 450 vagas à garagem existente. Como solução, foi construído, no último pavimento de garagem do edifício, um sistema semi-automático de garagem modulada, permitindo multiplicar as vagas existentes, dando lugar a um sistema de estantes modulares em estrutura metálica. Com a utilização de plataformas elevadoras, permite-se o posicionamento automático do carro numa vaga disponível com segurança e, em uma rápida operação, permite-se entregá-lo ao motorista. Neste sistema, as plataformas elevadoras são controladas por funcionários do estacionamento que viajam junto à base da plataforma do elevador.



Figura 5.5 - Edifício Garagem - Shopping Rio Sul

Av. Lauro Müller 116 - Botafogo - RJ - Brasil - F: 21 -2545-7256 - 2545-7257

⁴⁶ Kreimer Engenharia - General Contractor - Rua do Rosário, 171 - 3º andar - Centro - Rio de Janeiro - RJ, F: 21-2507-2200 Fax: 21-2232-4198 - Disponível: <<http://www.kreimer.com.br>> Acesso: 13 nov 2003.

⁴⁷ Easy Parking - Rua do Rosário, 171 - 3º andar - Centro - Rio de Janeiro - RJ, Tel: 21-2224-4032 - disponível em: <<http://www.easyp.com.br>> Acesso: 13 nov 2003.

Esta garagem é formada por um conjunto de três edifícios justapostos com capacidade para abrigar até 150 veículos cada, totalizando 450 vagas. Cada edifício possui uma entrada e uma plataforma elevadora independente.

Todo o sistema é modulado, sendo que cada módulo é constituído por uma célula que permite comportar dois veículos estacionados. No primeiro nível, onde ocorre o acesso dos veículos, foram retirados alguns dos módulos para permitir o embarque e desembarque.

O usuário deixa e recebe o seu veículo em áreas próprias destinadas ao embarque e ao desembarque. Ao entregar o veículo, recebe um bilhete informatizado, constando de um código eletrônico de localização de sua vaga, deixando o estacionamento sem esperar que o equipamento estacione o seu veículo.

O pagamento e a retirada do veículo também são automáticos. De posse do bilhete quitado, o usuário dirige-se ao estacionamento e o funcionário que opera a plataforma elevadora inicia o procedimento de retirada do veículo. Dependendo da localização do veículo, isto ocorre entre um minuto e um minuto e meio. Todo o procedimento é rápido, seguro, sem congestionamento ou filas, evitando manobras ou buscas para localizar a vaga.

Do ponto de vista de um empresário incorporador, este tipo de sistema pode aumentar a sua rentabilidade, pois economiza espaços e custos com rampas, circulação, elevadores, escadas, saídas de emergência, dentre outros. Também dispensa sistemas de segurança, ventilação e iluminação. Oferece maior segurança para os usuários e seus veículos. Toda a construção é rápida, desmontável e relocável, permitindo a sua expansão.

O conjunto de garagem fornecido pela empresa Easy Parking, pode ter de 4 a 7 pavimentos, com a altura da torre da plataforma elevadora variando de 9,85m até 15,85m respectivamente.

Na Figura 5.6 e Figura 5.7 estão representadas algumas variações deste sistema, caracterizadas pelo movimento da caixa do elevador verticalmente pela extensão do edifício. Nestes, os veículos podem ser levados às suas vagas frontalmente ou paralelamente.

Caixa do elevador movendo verticalmente pela extensão do edifício
(gravuras com elevações lateral e frontal):

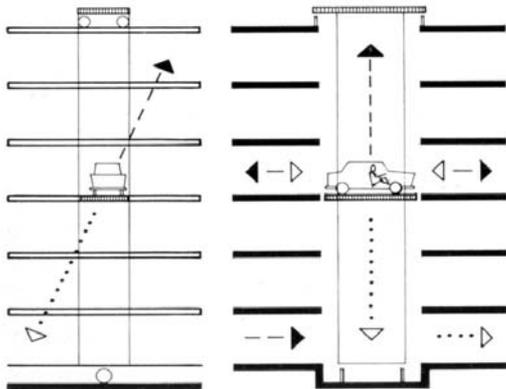


Figura 5.6 - O carro é colocado em ângulo reto ao elevador
KLOSE, Dietrich, Parkhäuser und Tiefgaragen, Deutsche, Stuttgart, Verlag Gerd Hatje, 1965, p28

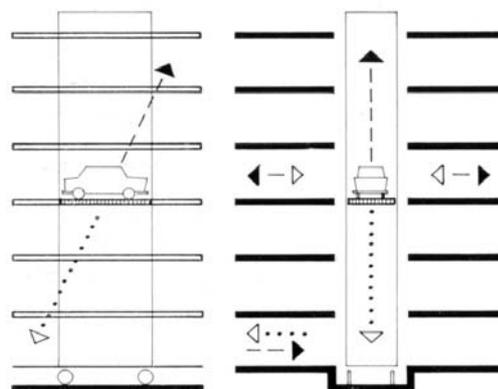


Figura 5.7 - O carro é colocado paralelamente ao elevador
KLOSE, Dietrich, Parkhäuser und Tiefgaragen, Deutsche, Stuttgart, Verlag Gerd Hatje, 1965, p28

5.2 Sistemas com movimentos horizontal e vertical, utilizando dispositivos de transportes independentes

Semelhante ao sistema anterior, este Sistema de Estacionamento Modular Automatizado (*Modular Automated Parking Systems - MAPS*) apresenta equipamentos de transporte com capacidade de movimentos horizontal e vertical, sendo que os dispositivos de transportes são independentes.

A diferença deste sistema em relação ao anterior, é que o elevador só pode servir a uma fileira vertical de vagas de estacionamento, situada de um ou do outro lado do equipamento. Para cada fileira vertical de vagas será necessário um elevador para atendê-la (Figura 5.8 e Figura 5.9).

Neste caso, também o acesso do veículo é feito normalmente pelo pavimento térreo, e posteriormente transportado para o interior do edifício através de dois ou mais dispositivos independentes. Normalmente um equipamento transportador (*dolly*) move o veículo para o interior do edifício colocando-o sobre uma plataforma de elevador e esta o posicionará na vaga disponível. Outro dispositivo que viaja junto à plataforma do elevador, fará a transferência do veículo para a vaga.

Elevador com caixa fixa instalada em fosso vertical:
(gravuras com elevações lateral e frontal):

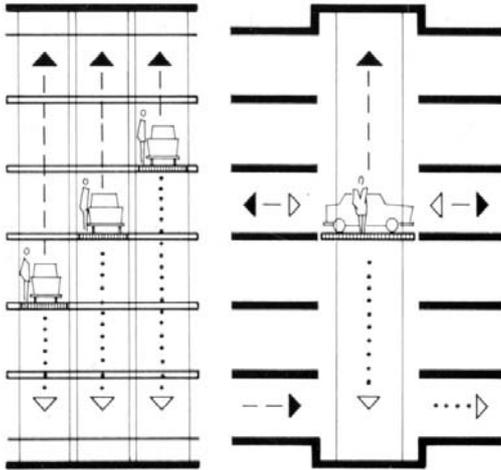


Figura 5.8 - O carro é colocado em ângulo reto ao fosso
KLOSE, Dietrich, Parkhäuser und Tiefgaragen, Deutsche, Stuttgart, Verlag Gerd Hatje, 1965, p28

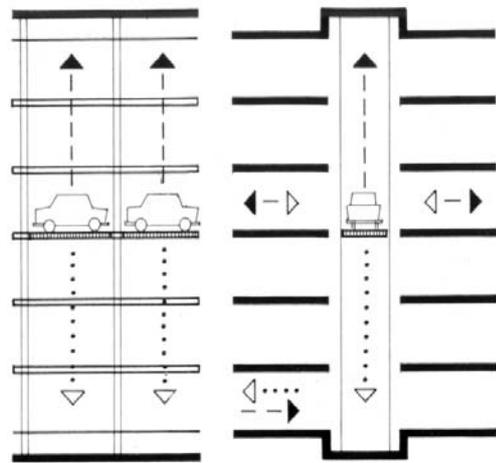


Figura 5.9 - O carro é colocado paralelamente ao fosso
KLOSE, Dietrich, Parkhäuser und Tiefgaragen, Deutsche, Stuttgart, Verlag Gerd Hatje, 1965, p29

5.3 Sistemas com elevador e plataforma giratória

Neste tipo de Sistema de Estacionamento Modular Automatizado (*Modular Automated Parking Systems - MAPS*) o elevador não possui a capacidade de movimento horizontal, sendo substituído por uma plataforma giratória que posiciona os veículos por meio de páletes em uma das faces do edifício (Figura 5.10).



Figura 5.10 - SAAB-Centre Krefeld
Wöhr Car Display Tower - Berlim - Alemanha
Fonte: Wöhr Parksysteme - Disponível:
<http://www.woehr.de/engl/download/pdf_files/distower/displaytower.pdf>
Acesso: 19 abr. 2004

Uma utilização interessante para este tipo de sistema foi desenvolvida pela empresa alemã Wöhr Parksysteme para expositores de veículos. Esta empresa desenvolveu três tipos de soluções que permitem a exposição de quatro a quinze veículos por pavimento, podendo chegar ao máximo de vinte pavimentos.

Sistemas semelhantes também têm sido desenvolvidos pela MP Systems da Coreia, Trevipark da Itália⁴⁸ e pela Palis Parking Technologies GmbH⁴⁹ da Alemanha.

⁴⁸ Trevipark Ltd.- 14 Berkeley Mews - London - W1H 7AX - United Kingdom - Disponível:
<<http://www.trevipark.co.uk>>. Acesso: 16jun 2003

⁴⁹ Palis Parking Technologies GmbH - Senefelderstraße 23 - D-86368 Gersthofen - Germany - Disponível: <<http://www.palis.de>> Acesso: 07 abr 2003

Em Berlim, em uma revenda de automóveis da SAAB, um edifício expositor com oito pavimentos foi totalmente envidraçado para permitir a visualização dos veículos em seu interior como numa grande vitrine(Figura 5.11).



Figura 5.11 - SAAB-Centre Krefeld
Wöhr Car Display Tower - Berlim - Alemanha
Fonte: Wöhr Parksysteme - Disponível:
<http://www.woehr.de/engl/download/pdf_files/distower/displaytower.pdf>
Acesso: 19 abr. 2004

Uma outra possibilidade para a mesma tecnologia é fazer o edifício subterrâneo. Um bom exemplo é o sistema de estacionamento automatizado em Cesena, na Itália ⁵⁰. O sistema fornecido pela empresa Trevipark foi desenvolvido como alternativa a um sistema de estacionamento ideal para o uso em uma área

⁵⁰ Fonte: Road Traffic Technology – Disponível: <<http://www.roadtraffic-technology.com/projects/index.html>> Acesso: 18 mar 2004

urbana. O sistema foi adotado por solucionar muitos dos problemas tradicionais associados ao estacionamento urbano: congestionamento, poluição, espaço, segurança. Foi implantado através da instalação de um silo circular compacto e subterrâneo otimizando o espaço, de fácil construção e completamente automatizado.

As autoridades locais encontraram neste tipo de sistema de estacionamento uma solução que minimizava a interferência no entorno urbano. A escolha do sistema automatizado Trevipark foi baseada em um grande número de características fornecido pelo sistema, entre as quais, o sistema totalmente automatizado, não sendo necessário um manobrista; estacionamento por elevador com plataforma giratória de 360°, posicionando os veículos diretamente nas vagas; a média de tempo de estacionamento e retirada o veículo, sendo de 50 segundos e com alto nível de segurança. Esta garagem ocupa uma área de 965 m² e um volume de 4335 m³, distribuídos em 12 vagas por pavimento, totalizando a capacidade de 108 veículos, com uma relação de área de vagas por veículo de 13,40 m² (Figura 5.12, Figura 5.13 e Figura 5.14).



Figura 5.12 - Sistema subterrâneo Trevipark em Cesena - Itália

Fonte: Road Traffic Technology

Disponível: <<http://www.roadtraffic-technology.com/projects/cesena/index.html>>

Acesso: 19 abr. 2004



Figura 5.13 - Sistema subterrâneo Trevipark em Cesena - Itália

Fonte: Road Traffic Technology

Disponível: <<http://www.roadtraffic-technology.com/projects/cesena/index.html>>

Acesso: 19 abr. 2004



Figura 5.14 - Sistema subterrâneo Trevipark em Cesena - Itália

Fonte: Road Traffic Technology

Disponível: <<http://www.roadtraffic-technology.com/projects/cesena/index.html>>

Acesso: 19 abr. 2004

5.4 Sistemas com elevadores rotatórios

Nos sistemas com elevadores rotatórios não é o carro que é movido para vaga de estacionamento, mas, ao contrário, a vaga é movida para a posição do carro. Neste sistema, o veículo geralmente é dirigido até a vaga pelo motorista. Até agora este tipo de instalação de estacionamento foi construída somente para poucos carros. Em instalações maiores, o processo de estacionar e recuperar o automóvel levaria um tempo razoavelmente longo.

Estes sistemas de estacionamento rotativo também são conhecidos como sistemas "Paternoster", sendo mais empregados nos países asiáticos, carentes de terrenos urbanos de grandes dimensões. A razão desta preferência é a facilidade de sua implantação em pequenos terrenos, pois a projeção vertical de todo o sistema é muito compacta. O sistema utiliza uma estrutura vertical rotativa para acomodar os veículos, conforme pode ser verificado no diagrama da Figura 5.15, Figura 5.16 e Figura 5.17.

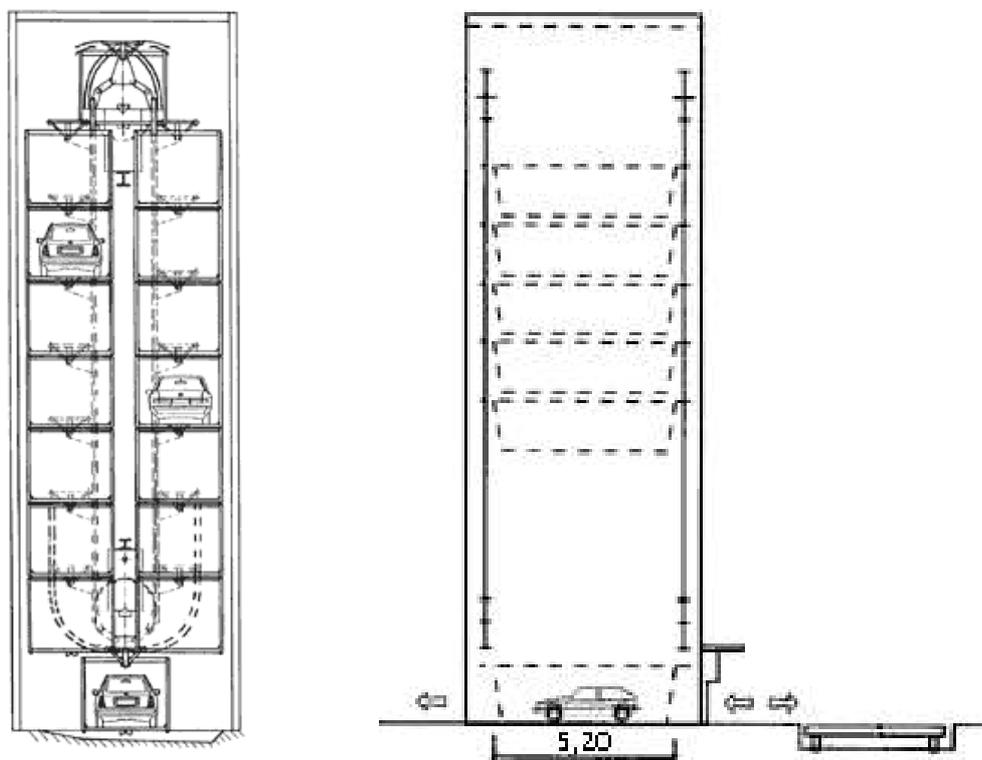


Figura 5.15 - Sistema rotativo vertical - Thyssen Palis

Fonte: Palis Parking Technologies GmbH

Senefelderstraße 23 - D-86368 Gersthofen - Germany

Disponível: <<http://www.palis.de>> Acesso: 07 abr 2003

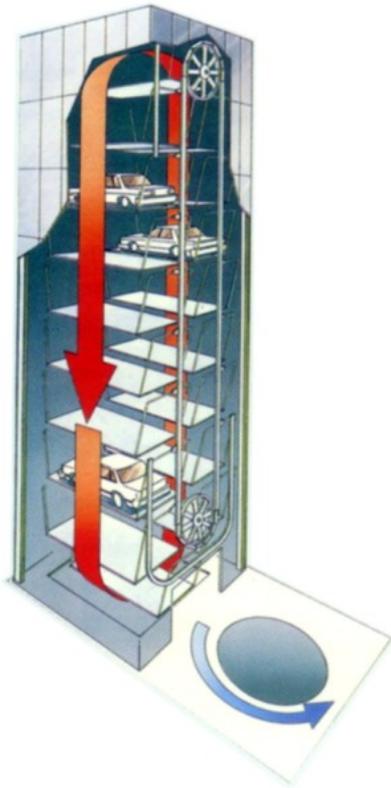


Figura 5.16 - Sistema rotativo vertical
Parking Book 92' - Japão - p.47



Figura 5.17 - IHI Parking Systems - Japão
Parking Book 92' - Japão - p.84

Para iniciar o procedimento de acesso à garagem, o veículo é posicionado sobre uma plataforma giratória de recepção e então é conduzido para o interior da edificação automaticamente por meio de páletes. Através de polias controladas por correntes, sendo uma polia na parte inferior e outra na parte superior da edificação, este sistema mecânico permite a elevação dos veículos para a vaga desejada. Para proceder ao estacionamento e à retirada de um veículo, o sistema deverá movimentar todos os veículos em seu interior, com um sistema muito semelhante a uma roda gigante. Finalmente quando o veículo desejado estiver na parte inferior da edificação, este poderá então ser retirado.

5.5 Outros sistemas

Uma grande variedade de outras soluções existe para as garagens automatizadas e, por não serem muito empregadas, não são abordadas no escopo deste trabalho. Alguns destes sistemas, como o sistema Krupp apresentado na Figura 5.18, utiliza como solução a combinação do movimento de uma pálete sob o veículo e correias de transporte, permitindo acesso à vaga disponível. Este sistema

e o sistema Mobile Parking apresentado na Figura 5.19, que utiliza como princípio uma correia transportadora, são ideais para locais com pequenas distâncias entre pisos, já que a sua utilização será em espaços que tenham maiores distâncias horizontais do que verticais.

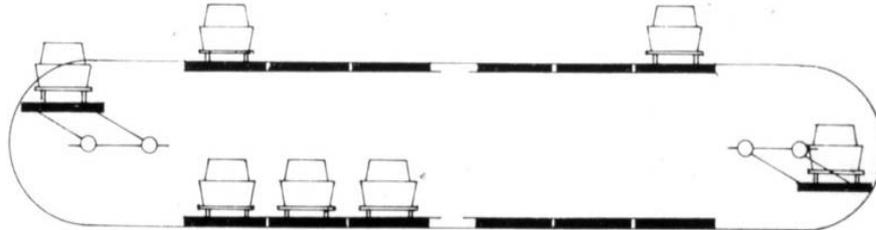


Figura 5.18 - Sistema Krupp
KLOSE, Dietrich - Parkhäuser und Tiefgaragen, Deutsche, Stuttgart, Verlag Gerd Hatje, 1965, p29

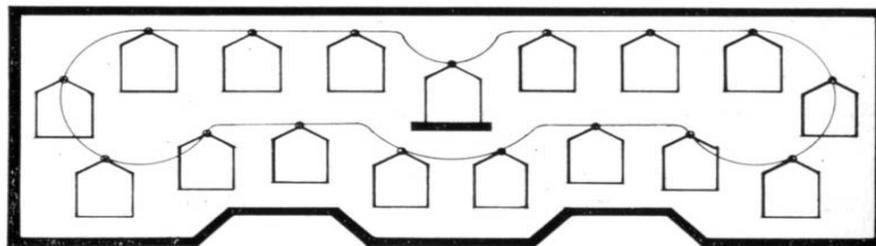


Figura 5.19 - Sistema Mobile Parking
KLOSE, Dietrich - Parkhäuser und Tiefgaragen, Deutsche, Stuttgart, Verlag Gerd Hatje, 1965, p29

Com possibilidade de variação do sistema anterior, pode-se apresentar uma solução conforme a representada na Figura 5.20, que utiliza um princípio de uma roda gigante.

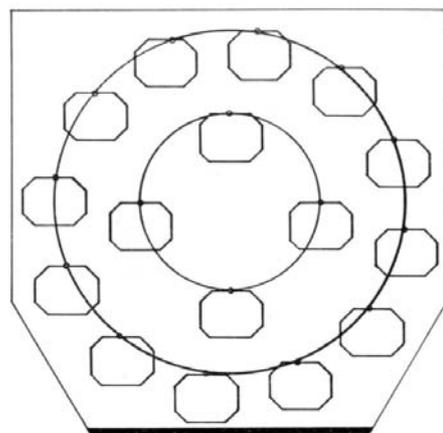


Figura 5.20 - Sistema "Roda Gigante"
KLOSE, Dietrich - Parkhäuser und Tiefgaragen, Deutsche, Stuttgart, Verlag Gerd Hatje, 1965, p29

5.6 Instalações mecânicas no futuro

Tem-se pensado em vários tipos de soluções para a implantação de edifícios garagens, nos mais variados moldes. Algumas soluções ficam apenas no papel, não passando da mente de seus idealizadores, com algumas propostas apresentadas por arquitetos japoneses. Algumas realmente são possíveis de serem realizadas, outras por terem custos elevadíssimos de implantação, provavelmente nunca serão construídas, como as propostas de gigantescos sistemas de estacionamento sob vias públicas ou mesmo sob rios, como os apresentados nas Figura 5.21 e Figura 5.22.

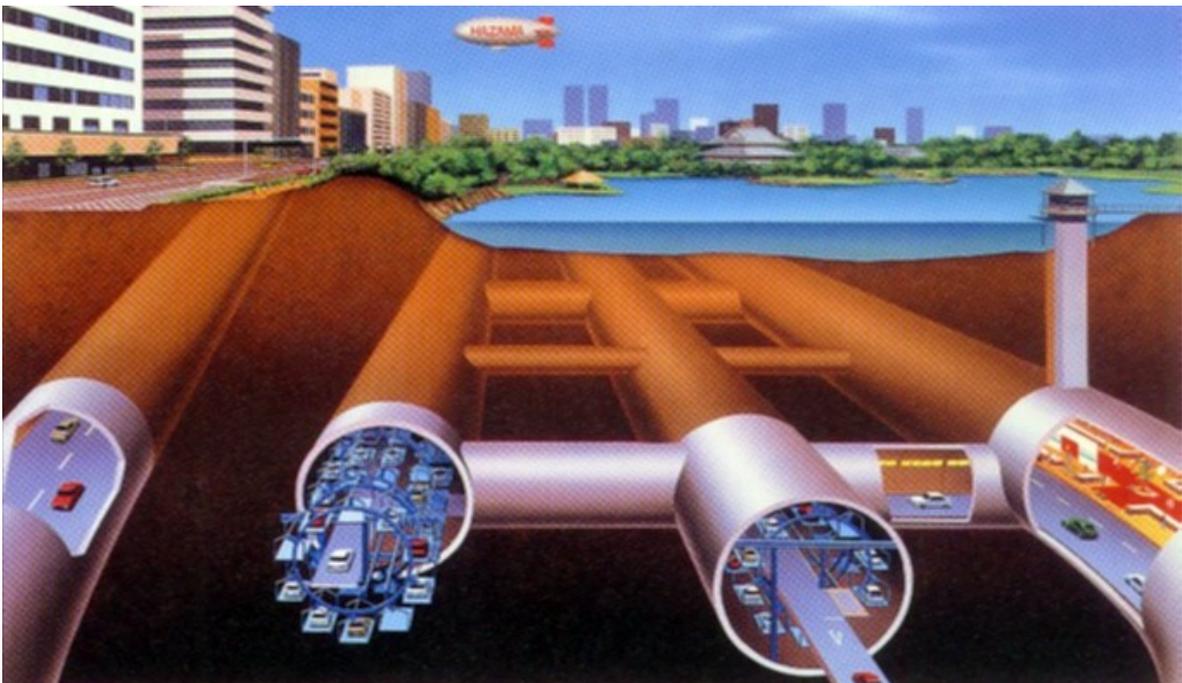


Figura 5.21 - Estacionamento sob rios
Parking Book 92' - Japão - p.23

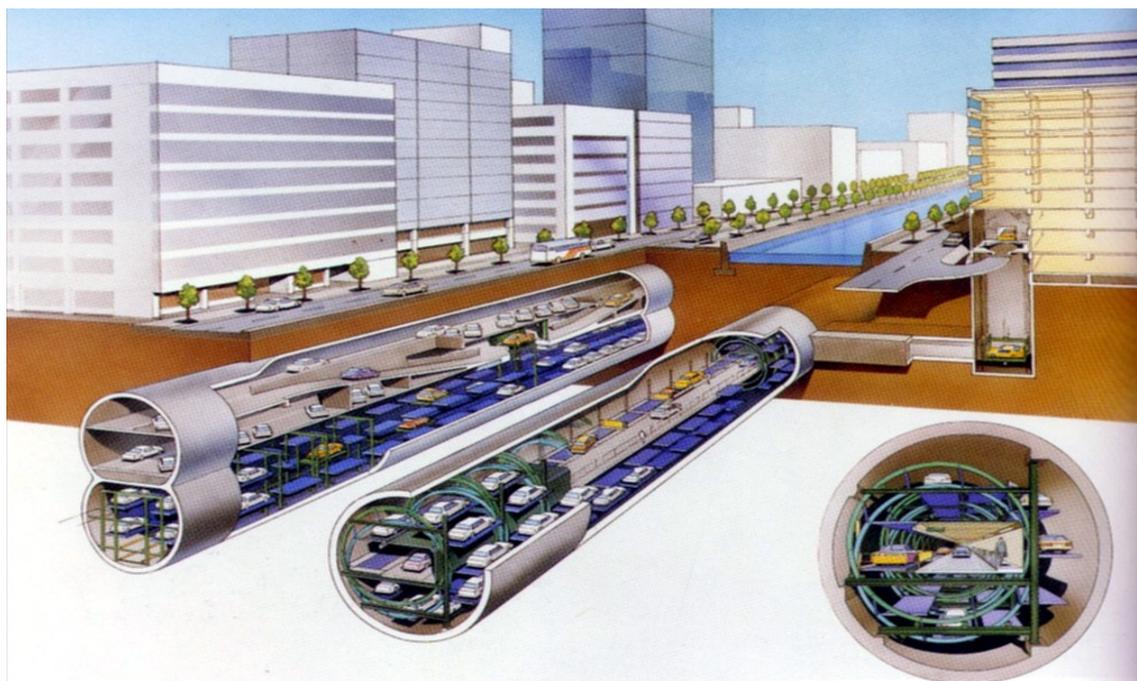


Figura 5.22 - Estacionamento sob vias
Parking Book 92' - Japão - p.168

No Brasil existem poucas soluções para os problemas de estacionamento de veículos utilizando os sistemas automatizados. Os produtos fornecidos por empresas como a Kreimer Engenharia - General Contractor ou pela empresa alemã Klaus que tem representante no Brasil, são soluções que abrem novas opções de mercados para a construção civil.

Outras empresas têm apresentado algumas alternativas para resolver o problema do acesso às vagas e às rampas com soluções menos significativas, como o Grupo Bianchi de Belo Horizonte com o seu sistema Auto Beliche que são sistemas de garagens com rampas móveis em estrutura metálica correndo sobre trilhos.

A automatização de vagas não ocorre apenas para os automóveis, mas também em outras áreas onde existe a necessidade de guardar grandes objetos, como é o caso dos grandes armazéns atacadistas e das marinas. Segundo SAMBRANA ⁵¹, no Brasil várias marinas estão se adequando à esta nova

⁵¹ SAMBRANA, Carlos - Revista Dinheiro, N° 329, p.86

realidade, como é o caso das novas instalações da Bahia Marina em Salvador com a capacidade de 450 vagas para barcos; Marina Pirata's com 550 vagas (Figura 5.23); Marina Verolme com 370 vagas, ambas em Angra dos Reis, no Rio de Janeiro; e Porto Marina Astúrias com a capacidade de 600 vagas, no Guarujá, em São Paulo. Estas marinas são investimentos milionários, onde grupos empresariais ergueram complexos que se assemelham a pequenas cidades. Estes novos portos têm hotéis, shopping centers, lojas, restaurantes e estaleiros. Para estacionar nestas marinas apenas um barco de 50 pés, paga-se R\$150,00 em média, por dia, sendo que os serviços são cobrados à parte.



Figura 5.23 - Marina Pirata's - RJ e travel lift da Marina Verolme - RJ
Fonte: Revista Dinheiro, N° 329, p.87 - 17 dez 2003

A Bahia Marina foi construída em 1999 com um investimento de R\$ 23 milhões e a previsão de mais R\$ 35 milhões em novos projetos. Além dos serviços básicos como oferecer eletricidade, oficinas mecânicas, hidráulicas, estação de rádio e outros aparatos, esta marina tem funcionários bilíngües e um centro de lojas dos principais estaleiros do Brasil.

A marina Verolme tem um *travel lift*, que é um dispositivo que retira o barco da água, com a capacidade para suportar embarcações de 70 toneladas e até 100 pés. A área de abrigo dos barcos é composta de oito galpões em estrutura metálica de 1.800 m².

6 CAPÍTULO VI - Desenvolvimento dos módulos

6.1 Dados Gerais

Os módulos aqui apresentados resultam de estudos e levantamentos de várias tipologias de mecanismos automatizados para garagens. Para a definição desta pesquisa, limitou-se o trabalho ao desenvolvimento de quatro módulos que representam algumas das principais soluções para Sistemas de Estacionamento Modular Automatizado (*Modular Automated Parking Systems - MAPS*).

Os módulos propostos podem ser combinados de modo a definir uma certa variedade de soluções para garagens automatizadas. Estes módulos apresentam dimensões que podem acomodar a maioria dos automóveis existentes no Brasil. Como no Brasil não existe uma catalogação sistemática dos veículos fabricados no país, foi necessário fazer um levantamento para determinar as medidas e pesos de um certo número representativo de veículos nacionais.

Para o levantamento das medidas e pesos e para a escolha destes automóveis, foram selecionadas seis grandes montadoras de veículos de acordo com a classificação de vendas de veículos fornecida pela ANFAVEA - Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores, segundo documento "Vendas Internas no Atacado de Nacionais - ano de 2003".

As dimensões de veículos apresentadas nesta pesquisa foram levantadas a partir dos endereços na Internet das maiores montadoras de veículos do Brasil e ainda foram confrontadas com as informações fornecidas para os veículos americanos que são apresentadas no livro "*Guide to the Design & Operation of Automation Parking Facilities*" da *National Parking Assotiation* para verificar se existia alguma discrepância nas medidas levantadas para os veículos nacionais.

A partir da definição destas seis grandes montadoras de veículos, foram escolhidos quatro veículos de cada montadora, sendo um veículo pequeno, um

médio, um grande e ainda um SUV⁵² ou utilitário, totalizando 24 veículos pesquisados, conforme a Tabela 6.1.

Tabela 6.1 - Relação de montadoras de veículos pesquisada

FIAT Automóveis S.A. Disponível: <www.fiat.com.br> Acesso: 01 abr 2004	Volkswagen do Brasil Ltda. Disponível: <www.volkswagen.com.br> Acesso: 01 abr 2004
Pequeno: Uno Mille Médio: Siena Grande: Marea Utilitário: Doblo Adventure	Pequeno: Fox Médio: Polo Sedan Grande: Passat Utilitário: Kombi
General Motors do Brasil Ltda Disponível: <www.gm.com.br> Acesso: 01 abr 2004	Honda Automóveis do Brasil Ltda. Disponível: <www.honda.com.br> Acesso: 01 abr 2004
Pequeno: Celta Médio: Corsa Sedan Grande: Omega Utilitário: Blazer 2.4	Pequeno: Fit Médio: Civic Grande: Acord SUV: CR-V
Ford Motor Company Brasil Ltda. Disponível: <www.ford.com.br> Acesso: 01 abr 2004	Renault do Brasil S.A. Disponível: <www.renault.com.br> Acesso: 01 abr 2004
Pequeno: Ka Médio: Focus Sedan Grande: Mondeo SUV: EcoSport	Pequeno: Clio Médio: Mégane Grande: Laguna Utilitário: Kangoo

Os valores disponíveis de dimensões e pesos foram lançados em uma planilha eletrônica de modo a ter uma média dos valores encontrados. Para cada veículo pesquisado, quando disponível, foram registrados os valores de dimensões para comprimento, largura, altura, distância entre eixos, bitola dianteira, altura mínima do solo e, ainda, peso do veículo e capacidade de carga. Com estes valores, pode-se definir as diretrizes para o desenvolvimento dos módulos aqui apresentados (Tabela 6.2).

⁵² SUV-Sport Utility Vehicle - Veículo Utilitário Esportivo

Tabela 6.2 - Dimensões e pesos dos principais automóveis brasileiros

Fabricante	Modelo	Comprimento	Largura	Altura	Distância entre eixos	Bitola Dianteira	Altura mínima do solo	Peso do veículo	Capacidade de carga
FIAT Automóveis S.A. Disponível: <www.fiat.com.br> Acesso: 01 abr 2004	Uno Mille	3692	1548	1445	2361	1337	122	825	400
	Siena	4135	1634	1437	2373	1418	155	1080	400
	Marea	4393	1741	1450	2540			1370	480
	Doblo Adventure	4554	1763	1957	2583		223	1400	490
General Motors do Brasil Ltda Disponível: <www.gm.com.br> Acesso: 01 abr 2004	Celta	3748	1766	1342	2443			834	450
	Corsa Sedan	4170	1954	1432	2491			1080	460
	Omega	4964	2010	1425	2788			1637	408
	Blazer 2.4	4709	2044	1678	2718			1740	725
Ford Motor Company Brasil Ltda. Disponível: <www.ford.com.br> Acesso: 01 abr 2004	Ka	3677	1631		2448			910	
	Focus Sedan	4382	1998	1491	2615	1494	200	1179	490
	Mondeo	4631	1812		2754			1390	475
	EcoSport	4228	1734	1679	2490	1484	200	1220	400
Volkswagen do Brasil Ltda. Disponível: <www.volkswagen.com.br > Acesso: 01 abr 2004	Fox	3804	1640	1544	2464			962	440
	Polo Sedan	4179	1650	1484	2464			1147	503
	Passat	4703	1746	1481	2702			1476	554
	Kombi	4505	1720	2003	2400			1250	1000
Honda Automóveis do Brasil Ltda. Disponível: <www.honda.com.br> Acesso: 01 abr 2004	Fit	3830	1675	1525	2450	1460		1080	
	Civic	4455	1715	1455	2620	1463		1146	
	Acord	4813	1820	1466	2738	1551		1445	
	CR-V	4535	1780	1675	2620	1535	205	1510	680
Renault do Brasil S.A. Disponível: <www.renault.com.br > Acesso: 01 abr 2004	Clio	3773	1940	1417	2472		187	865	520
	Mégane	4164	1999	1435	2580		135	1140	410
	Laguna	4576	2060	1429	2748		120	1445	550
	Kangoo	3995	2030	1860	2600		205	1024	470
Valores Médios		4276	1809	1550	2561	1468	175	1215	515
Obs:									
<ul style="list-style-type: none"> ▫ Dados coletados nas páginas na Internet dos fabricantes de veículos no dia 01 abr. 2004. ▫ Os valores estão em mm (milímetros) para dimensões e em kg (quilogramas) para pesos. ▫ Os valores médios correspondem à média dos números encontrados em cada coluna. ▫ De cada montadora fora selecionados quatro veículos, sendo um modelo compacto, um médio, um grande e ainda um SUV ou um outro veículo utilitário. 									

Deve-se notar que a escolha de um veículo SUV ou um utilitário médio de cada fabricante, justifica-se em função dos problemas que estes representam para as garagens automatizadas devido às suas grandes dimensões e pesos. No Brasil não tem ocorrido a importação em grande escala de veículos especiais como o SUV Hummer⁵³, fornecido aqui pela montadora GM. Este automóvel, originalmente um veículo militar, foi adaptado para o uso civil. Dependendo do modelo, este veículo pode chegar a 5,18 m de comprimento, por 2,07 m de largura sem os espelhos, 2,06 m de altura e, carregado, pode chegar a 3040 kg de peso. Fica fácil perceber que com estas dimensões e pesos, este veículo não será facilmente acomodado em garagens convencionais ou, até mesmo, em garagens com sistemas modulados. Esta limitação ocorre também nos sistemas de garagens automatizadas existentes fora do Brasil.

6.1.1 Dimensões dos veículos

Nos Estados Unidos, as dimensões dos equipamentos de transporte e espaços de estacionamento são baseadas em uma coletânea histórica de dados oriundos da sua frota de veículos. Estas informações são publicadas anualmente pelo *Automotive News Annual Market Data Book*. A organização *The Parking Consultants Council (PCC)*, da *National Parking Association*, tem analisado todos os comprimentos e larguras dos veículos desde 1983 e publicado as informações no *Recommended Parking Geometric Guidelines*. Adicionalmente, tem analisado os dados referentes à altura e ao peso dos veículos em *Automotive News* de 1996 a 2001. Estes dados incluem veículos de passageiros, utilitários leves, SUVs e minivans.

6.1.1.1 Comprimento

Depois da crise de petróleo entre 1973 e 1976, o governo americano aprovou uma legislação determinando um padrão para a eficiência de economia de combustível para os automóveis com prazos predeterminados para

⁵³ Fonte: Official site of HUMMER vehicles – Disponível: <<http://www.hummer.com>> - Acesso: 13 abr. 2004

implementação. Como resultados, a porcentagem de veículos compactos (veículos menores que 4,57 m de comprimento) vendidos nos EUA aumentou drasticamente de 15% em 1979 para 53% em 1981, e compreensivelmente, tem reduzido significativamente a fabricação dos carros grandes. Em 2001, 98% da frota americana de veículos de passageiros tem seu comprimento menor que 5,48 m, incluindo utilitários, minivans e SUVs. Aproximadamente 85% da frota de veículos é menor que 5,02 m de comprimento. Por isto, é comum adotar-se nos EUA um valor de 5,80 m para grandes vagas de estacionamento e para equipamento de transporte em instalações de garagens automatizadas, o que acomodaria necessariamente 100% da frota de veículos de passageiros, com a possível exceção de alguns utilitários de cabines estendidas.

Na Tabela 6.2 foi apresentada uma relação de medidas para alguns veículos nacionais, sendo que o comprimento médio destes é de 4,27 m. Deve-se verificar que o maior valor apresentado na tabela é de 4,96 m, para o automóvel Omega da General Motors (GM). Portanto, os valores utilizados para os EUA não serão necessariamente os mesmos utilizados no Brasil, já que aqui, pela própria cultura e condições financeiras da população, ocorre uma preferência pelos veículos de tamanhos médio e pequeno. Também ocorre uma grande preferência pelos pequenos veículos de 1000 cc⁵⁴, conhecidos como carros populares, já que atualmente estes representam a maioria dos veículos da frota nacional.

6.1.1.2 Largura

Nos EUA, a largura dos veículos não sofreu mudanças significativas. A largura máxima dos veículos de passageiros naquele país é de 2,08 m, com exceção do veículo Hummer citado anteriormente. Aproximadamente 85% da frota de veículos de passageiros tem a largura inferior a 1,98 m. Os veículos compactos são normalmente 30 cm mais estreitos que os veículos médios. O espaço destinado a vagas em instalações de garagens automatizadas para veículos médios é de 2,13 m

⁵⁴ cc - Centímetro cúbico - Unidade de volume. 1000 cc equivale a um litro.

e para carros compactos de 1,82 m de largura. Estes valores não incluem os espelhos retrovisores e nem a fixação de acessórios nas laterais do veículo.

Na Tabela 6.2, verifica-se que as dimensões dos veículos nacionais são um pouco inferiores às correspondentes nos EUA. O valor médio encontrado foi de 1,81 m de largura, sendo que o veículo mais largo apresentado nesta tabela é o Laguna fabricado pela Renault, que atinge um valor de 2,06 m.

6.1.1.3 Altura

A análise dos dados dos veículos americanos vendidos desde 1996 indica que aproximadamente 53% destes veículos têm a altura abaixo de 1,52 m e aproximadamente 83% têm a altura inferior a 1,82 m. É claro que estas dimensões não incluem bagageiros, SUVs com suportes para bicicletas ou esqui etc. Em instalações de garagens automatizadas, é comum destinar de 25% a 40% das vagas aos SUVs, com uma altura de pé direito em 2,13 m e o restante dos espaços com dimensões compatíveis com os veículos de passageiros típicos, ou seja com uma altura de 1,52 a 1,82 m. As vagas destinadas aos veículos cujos proprietários são portadores de deficiência requerem uma altura de 2,43 m.

No Brasil, a altura dos veículos não é muito diferente da dos veículos americanos, como se pode verificar na Tabela 6.2. A altura média dos veículos pesquisados foi de 1,55 m, sendo que o veículo mais alto é a Kombi fabricada pela Volkswagen, que tem 2,00 m.

6.1.1.4 Peso

A análise dos dados de peso dos veículos é um pouco mais complexa, já que muitos fabricantes apresentam o peso líquido do veículo sem nenhum carregamento, isto é, sem as informações de capacidade de carga. O peso bruto total (*Gross vehicle weight* - GVW ou peso bruto total -PBT) deve incluir o carregamento. Nos EUA, para utilitários leves e SUVs o peso líquido é inferior a 2608 kg, entretanto o peso total pode ser superior a 5170 kg. Por outro lado, o peso líquido de 69% dos veículos é inferior a 1814 kg. Como provavelmente o carregamento dos utilitários leves ou SUVs não é constante em uma instalação de

garagem automatizada, a *National Parking Association* e a *Parking Consultants Council* recomenda que o peso máximo dos veículos seja de 2608 kg.

O peso dos veículos brasileiros não é muito diferente dos veículos americanos, como se pode verificar na Tabela 6.2. O peso médio dos veículos pesquisados foi de 1218 kg, sendo que o veículo mais pesado foi o utilitário Blazer 2.4, fabricado pela GM, com 1740 kg e que tem uma capacidade de carga de 725 kg.

A perua Kombi fabricada pela Volkswagen tem seu peso de 1250 kg e uma espantosa capacidade de carga de 1000 kg, sendo o único veículo pesquisado que tem como característica uma capacidade de carga quase igual ao seu peso líquido. Deve-se notar que este tipo de veículo é único no mercado brasileiro com estas características, sendo o modelo de veículo mais antigo fabricado no mundo. A Kombi entrou em produção na fábrica de Wolfsburg na Alemanha em 1950 e, no Brasil, em 1957 e se manteve até hoje com pouquíssimas alterações. Atualmente a Kombi só é fabricada no Brasil. Por suas características robustas associadas a um motor refrigerado a ar, fabricado pela Volkswagen, com baixíssimo custo de manutenção, tornou-se o veículo preferido pelos perueiros e carreteiros. O número de veículos Kombi vendidas no Brasil já ultrapassou a marca de dois milhões de unidades, sendo esse um dado relevante para a ocupação das garagens.

6.1.1.5 Altura mínima do solo

A altura mínima do veículo em relação ao solo deve ser considerada, pois muitas das instalações de garagens automatizadas, particularmente as que utilizam sistemas combinados (itens 5.1, 5.2 e 5.3), utilizam dispositivos de transporte horizontal que se movimentam sob os veículos para movê-los para os compartimentos de transporte, e, também, para armazená-los e retirá-los dos espaços de vagas de estacionamento. Nos EUA, dados publicados pelos fabricantes de automóveis indicam que o valor mínimo da altura em relação ao solo para os veículos de passageiros é de aproximadamente de 15,24 cm. Para as instalações de garagens automatizadas, usualmente considera-se um valor de 12,7 cm para a altura mínima do solo.

Para os veículos brasileiros, a altura mínima do solo é de 17,2 cm. Este é um valor muito alto devido às características dos veículos aqui produzidos. Muitos fabricantes modificam o sistema de suspensão de seus automóveis com o objetivo de evitar danos na sua parte inferior, já que muitas rodovias e estradas estão em péssimas condições de tráfego e também devido à existência de quebra-molas com dimensões irregulares. Para estas modificações, os fabricantes dão o nome de “climatização” dos veículos, ou seja, fazem adaptações para que os veículos vendidos em outros países, possam ser vendidos também aqui no Brasil. A Tabela 6.2 apresenta os valores encontrados de altura mínima do solo para os veículos pesquisados, sendo que o menor valor é o do automóvel Laguna, fabricado pela Renault, com um valor de 12,0 cm, seguido pelo Uno Mille da Fiat, com 12,2 cm.

Portanto qualquer dispositivo que seja introduzido sob os veículos, deverá ter uma altura máxima de 8 cm para evitar que toque no fundo do veículo, principalmente quando estes estiverem carregados ou com os pneus um pouco vazios.

6.2 Dimensões do módulo

Para a definição das dimensões ideais de um módulo de garagem que atenda aos veículos nacionais, foram considerados os dados apresentados no tópico 6.1.1, definindo assim as diretrizes construtivas.

Para o desenvolvimento destes módulos de garagens automatizadas, foi proposto inicialmente um módulo em estrutura metálica com as dimensões máximas em planta de 5,00 m x 4,50 m, cada um comportando dois pavimentos. Dependendo da solução adotada, estes módulos poderão abrigar um ou dois veículos por pavimento.

Este módulo pode ser arranjado de várias formas, podendo vencer até 12 pavimentos, ou seja, um arranjo de seis módulos sobrepostos.

A partir deste estudo inicial, decidiu-se que quatro tipos de arranjos poderiam atender a um determinado número de possibilidades de sistemas automatizados de acordo com a realidade brasileira, sendo chamados de:

- a) Sistema Módulo Lateral - 2,
- b) Sistema Módulo Duplo - 4,
- c) Sistema Módulo Circular - 4,
- d) Sistema Módulo Circular - 12.

6.2.1 Compartimento de transferência de veículos

Além do módulo, foi considerado o compartimento de transferência de veículos, que é o ponto de transição entre o motorista e o veículo e conseqüentemente requer uma especial atenção.

Duas possibilidades para o compartimento de transferência de veículos podem ser definidas em projeto.

A primeira, mais simples, define que o veículo seja posicionado já sob a estrutura da garagem. Logo em seguida o motorista deve se retirar do compartimento para que se inicie o procedimento de guarda do veículo. Uma atenção especial deverá ser dada neste caso para se evitar que ocorram acidentes durante a guarda e a retirada do veículo, pois o equipamento automatizado de transporte terá acesso à esta área.

A segunda, um pouco mais complexa e onerosa para a execução, define que o compartimento de transferência de veículos seja completamente separado do edifício garagem. O motorista posiciona o seu veículo sobre uma plataforma que fará a transferência do veículo para dentro do edifício. Este cômodo deve ser bem iluminado e dotado de portas automáticas que somente serão acionadas quando o veículo for recolhido ou retirado da garagem.

O projeto do compartimento de transferência deve facilitar o posicionamento dos veículos, desligamento, remoção de qualquer objeto do interior destes, para, então, permitir a ativação do sistema automático. A área em volta do veículo deve ser livre de obstáculos e segura contra danos. As instalações de garagens automatizadas devem ter sensores que impeçam a ativação dos dispositivos de transporte, quando qualquer pessoa ou animal estiverem presentes dentro do compartimento de transferência. Através de outros sensores, devem

ainda, indicar se os veículos se encontram em condições de comprimento, largura, altura e peso requeridos pelos espaços das vagas e pelos dispositivos de transporte. Estes dispositivos de transporte não se ativarão caso o veículo não atenda a todas estas exigências.

6.2.2 Outros espaços necessários

Deve-se prever nos sistemas automatizados espaços para o acesso dos veículos, permitindo que o motorista manobre até o compartimento de transferência. Dependendo da tipologia do sistema, isto não representará nenhum problema, mas, em determinadas situações, será necessária a previsão destes acessos à edificação. Em muitas situações, o acesso ao edifício é feito frontalmente, e, para facilitar a manobra, são colocadas plataformas giratórias no piso (Figura 5.16).

Em um sistema automatizado é necessário o constante fornecimento de energia elétrica para o funcionamento dos motores elétricos que operam os equipamentos. Portanto, será necessária a previsão de um gerador elétrico para o caso de falta de energia elétrica.

Outras instalações poderão existir dependendo da necessidade do empreendimento, como escritório de administração ou sanitários para funcionários.

6.3 Sistema Módulo Lateral – 2

O desenvolvimento do **Sistema Módulo Lateral - 2** partiu de um módulo que comporta dois veículos por pavimento, sendo o tipo de solução ideal para fachadas cegas de edifícios existentes (Figura 6.1). Poder-se-ia utilizar este tipo de solução em recuos dos edifícios, por exemplo, para o *retrofit* de dois prédios existentes, utilizando o afastamento entre eles. Deste modo, sem grandes intervenções, criar-se-ia novos espaços de estacionamentos. Com uma avaliação

prévia, poder-se-ia utilizar a própria estrutura do edifício existente para a estabilização horizontal para a nova estrutura de garagem.

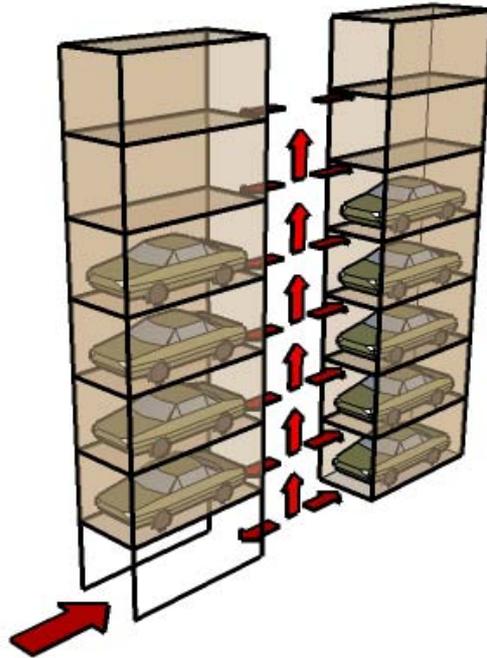


Figura 6.1 - Sistema Módulo Lateral - 2

Em Belo Horizonte - MG, esta solução esbarra nas imposições legais da atual legislação de Uso e Ocupação do Solo Urbano que exige que a edificação tenha um determinado afastamento. A antiga legislação de Uso e Ocupação do Solo Urbano, anterior à 1976, exigia que os afastamentos laterais e de fundo das edificações fossem de 1,50 m. Muitos prédios construídos dentro das exigências desta lei têm recuo de 1,50 m, portanto, existem situações em que o espaço existente entre dois edifícios é de 3,00 m o que poderia facilmente comportar tal sistema, beneficiando-os mutuamente.

Um questionamento deve ser feito, já que existem situações onde é possível melhorar as disponibilidades de vagas destes antigos edifícios:

- Em benefício da cidade e mesmo dos proprietários destes edifícios, poder-se-ia utilizar estes afastamentos para uso de garagens?
- Como evitar que tais sistemas também não sejam utilizados para usos especulativos do solo urbano?

As respostas a estas questões transcendem o escopo deste trabalho, mas se desejar que estas novas possibilidades se concretizem, uma nova postura legal deverá ser elaborada para contemplar e disciplinar estas novas possibilidades construtivas.

Naturalmente, estas novas instalações só poderão ser construídas quando todas as condicionantes de projeto forem satisfeitas, tais como: a existência de fachadas ou paredes cegas, sem aberturas; possibilidades de acessos no nível da rua ou mesmo a partir do último pavimento de uma garagem existente; e, mesmo, condições técnicas adequadas para a instalação dos sistemas de garagens.

Pequenas variações do sistema também são possíveis, permitindo que espaços de 5,00 m de largura possam receber até quatro veículos por pavimento (Figura 6.2).

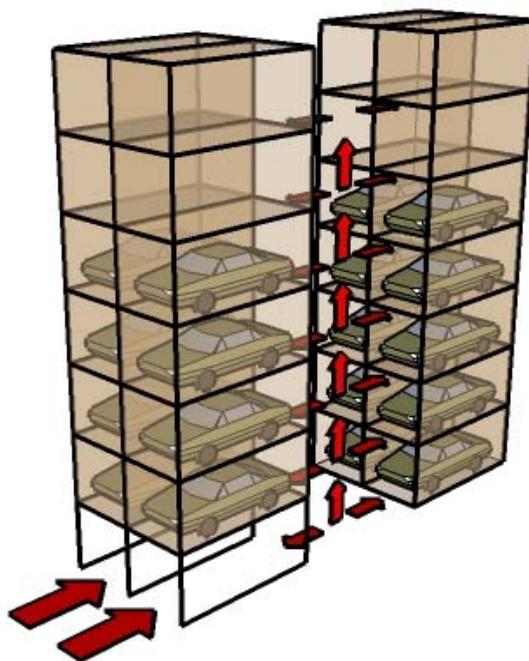


Figura 6.2 - Sistema Módulo Lateral - 2 (variação)

A tecnologia dos elevadores será semelhante às adotadas nos elevadores convencionas, sendo que em sua plataforma deverá existir um dispositivo de transporte horizontal (*dolly*) que permita retirar o veículo do compartimento de transferência, colocá-lo sobre a plataforma do elevador e finalmente transferi-lo

para uma vaga livre. Dos quatros sistemas apresentados neste capítulo, este é o que possui a solução do dispositivo de transporte mais simples.

O sistema de automação poderá ser extremamente simples, semelhante aos utilizados em armazéns atacadistas, com um nível de complexidade muito menor, já que não é necessário cadastrar a entrada, saída ou estoque de produto. Naturalmente vários sensores deverão ser dispostos por toda a estrutura para garantir que os dispositivos de transporte posicionem os veículos de maneira correta. O computador que gerenciará todo o sistema poderá ficar instalado junto ao painel de controle que o usuário tem acesso para guardar ou retirar o seu veículo.

Em um espaço de apenas 2,50 m x 15,00 m já seria possível a implantação deste sistema, acomodando dois veículos por pavimento. Em uma situação hipotética, poder-se-ia construir uma estrutura de 10 pavimentos para comportar até 19 veículos, já que se perde uma vaga no nível da rua, para permitir o acesso dos veículos ao elevador. A Tabela 6.3 apresenta um resumo desta tipologia de estacionamento automatizado, chegando a um rendimento de 12,89 m²/vaga.

Tabela 6.3 - Proposta de estrutura com **Sistema Módulo Lateral - 2**

itens		
1	Número de módulos por pavimento	1
2	Número de pavimentos	10
3	Área mínima para implantação do módulo	36,75 m ²
4	Área líquida do módulo	24,5 m ²
5	Área total da estrutura (item 1 x item 2 x item 4)	245 m ²
6	Número de vagas por módulo	2
7	Número de vagas por pavimento (item 1 x item 6)	2
8	Número de vagas total (item 1 x item 2 x item 6 - 1)	20 (-1) = 19
9	Relação de área /vagas (item 5 / item 8)	12,89 m ² /vaga

Ao final deste trabalho, é apresentado, no Anexo 6, o projeto arquitetônico do Sistema Módulo Lateral-2.

Dispondo de um terreno mais profundo, algo em torno de 30 metros, e considerando a mesma situação poder-se-ia acomodar até 37 veículos, perdendo somente três vagas no nível da rua para permitir o acesso à garagem.

Fazendo um paralelo desta solução com uma garagem convencional em concreto armado e com rampas, verifica-se que é impossível a implantação da garagem convencional nestas mesmas condições, já que não existem espaços para a colocação de rampas e áreas de circulação dos veículos.

6.4 Sistema Módulo Duplo – 4

No desenvolvimento do **Sistema Módulo Duplo - 4** foi definido que cada módulo poderia comportar dois veículos de cada lado da estrutura, totalizando, então, quatro veículos por conjunto de módulo. O espaço entre os módulos seria destinado para o deslocamento do equipamento transportador, que teria movimentos horizontais e verticais, semelhantes aos apresentados no item 5.1 - Sistemas com um único dispositivo com movimentos horizontal e vertical. Esta solução está representada na Figura 6.3.

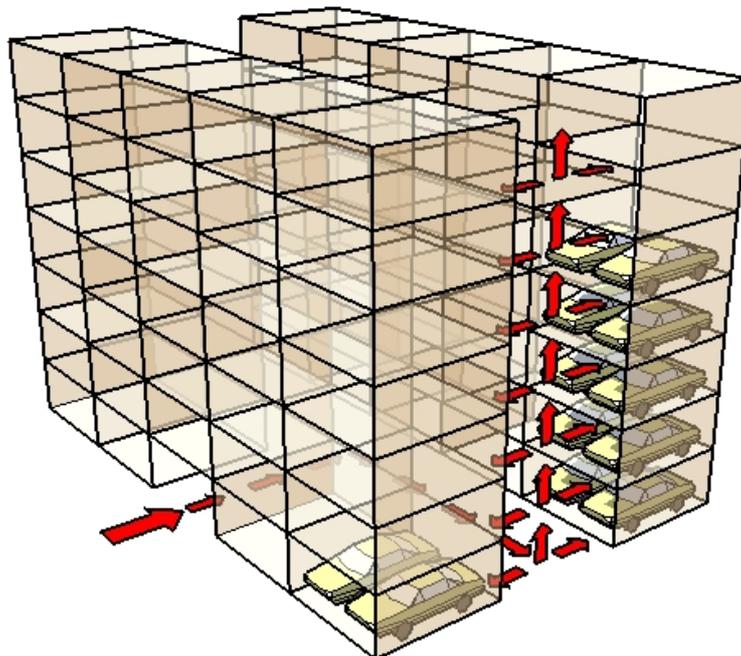


Figura 6.3 - Sistema Módulo Lateral - 2

Para dotar o elevador de movimento horizontal, este deverá ter uma coluna vertical que se desloque sobre trilhos dispostos no piso do primeiro pavimento. Guias secundárias dispostas horizontalmente em alguns dos

pavimentos acima poderão dar maior estabilidade à estrutura da torre do elevador. Para o movimento vertical do elevador, este utilizará as mesmas tecnologias dos elevadores convencionais. Além da plataforma, o elevador deverá comportar um dispositivo de transporte horizontal (*dolly*) junto à plataforma do elevador, permitindo a retirada do veículo do compartimento de transferência, para transferi-lo a uma vaga livre.

Para a implantação de cada módulo com quatro veículos por pavimento é necessário um espaço de 4,50 m x 15,00 m, sendo que uma área livre no centro da estrutura de 4,50 m x 5,00 m deve ser destinada ao elevador. Esta estrutura pode ter uma grande repetição destes módulos, tanto na horizontal quanto na vertical. O limite na repetição horizontal se dá nas limitações dos terrenos disponíveis. Um terreno de 60 metros de comprimento, por exemplo, comporta uma repetição de até 12 módulos com afastamento frontal de seis metros, podendo acomodar até 48 veículos por pavimento. Em uma estrutura com 10 pavimentos, isto representa uma capacidade de quase 480 veículos para esta estrutura, já que algumas vagas do nível pavimento térreo devem ser liberadas para permitir o acesso dos veículos ao interior da garagem.

Na Tabela 6.4 pode-se verificar o aproveitamento desta estrutura em uma relação de área construída, chegando a um valor de 11,25 m²/vaga.

Tabela 6.4 - Proposta de estrutura com **Sistema Módulo Duplo - 4**

itens		
1	Número de módulos por pavimento	12
2	Número de pavimentos	10
3	Área mínima para implantação do módulo	67,50 m ²
4	Área líquida do módulo	45 m ²
5	Área total da estrutura (item 1 x item 2 x item 4)	5400 m ²
6	Número de vagas por módulo	4
7	Número de vagas por pavimento (item 1 x item 6)	48
8	Número de vagas total (item 1 x item 2 x item 6 - 1)	480 (-1) = 479
9	Relação de área / vagas (item 5 / item 8)	11,27 m ² /vaga

Ao final deste trabalho é apresentado, no Anexo 7, o projeto arquitetônico do Sistema Módulo Duplo - 4, inclusive a possibilidade de associação de dois edifícios para obter maior número de vagas.

Fazendo um paralelo desta solução com uma garagem convencional em concreto armado e com rampas, semelhante às apresentadas no CAPÍTULO III, principalmente a do item 3.5 que aborda garagens com entre meio-pisos alternados, esta solução representa uma relação de quase o dobro do número de vagas, já que a solução convencional mais econômica, apresentada na Tabela 3.1, apresenta 21,70 m²/vaga contra 11,27 m²/vaga fornecido pelo sistema automatizado proposto.

A maior limitação deste sistema será a sua agilidade no tempo de guardar e retirar os veículos, pois um grande número de vagas atendidas por um único dispositivo de transporte fará com que o tempo de espera para que o usuário tenha seu veículo devolvido seja tolerável. Pelas experiências de sistemas desenvolvidos em outros países, este limite é de no máximo dois minutos. Para reduzir este tempo, a solução é a utilização de equipamentos de transporte mais velozes ou então aumentar o número de equipamentos, o que representa a perda de duas vagas por cada equipamento transportador.

6.5 Sistema Módulo Circular – 4

Para o Sistema Módulo Circular - 4 pode-se adotar como solução as mesmas configurações do módulo apresentado no item 6.4, só que estes serão dispostos em forma radial, totalizando quatro módulos por pavimento, tendo um aspecto final como o representado na Figura 6.4.

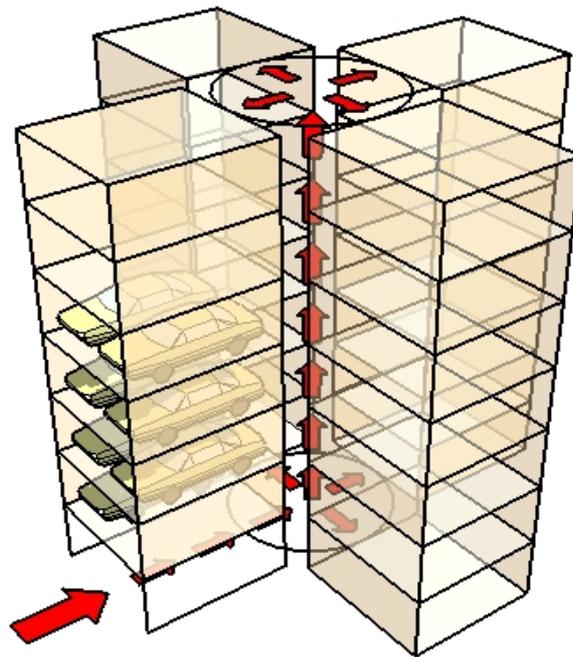


Figura 6.4 - Sistema Módulo Circular - 4

Para o seu funcionamento, além do elevador, este sistema deve ter um dispositivo de transferência (*dolly*) que transporte o veículo da área externa da garagem para a plataforma do elevador. A partir desta, o veículo é posicionado nas vagas por um outro dispositivo. Sistema semelhante é apresentado no item 5.3 - Sistemas com elevador e plataforma giratória.

Neste tipo de sistema, o elevador não tem a capacidade de movimento horizontal, mas apenas movimento vertical e capacidade de rotação da plataforma dos veículos. Este giro permite que o dispositivo de transferência dos veículos fique em posição adequada em relação à vaga.

Na Tabela 6.5 verifica-se o aproveitamento desta estrutura para uma relação de área construída, apresentando um valor de 11,53 m²/vaga.

Tabela 6.5 - Proposta de estrutura com **Sistema Módulo Circular - 4**

itens		
1	Número de módulos por pavimento	4
2	Número de pavimentos	10
3	Área mínima para implantação do módulo	126,21 m ²
4	Área líquida do módulo	23,75 m ²
5	Área total da estrutura (item 1 x item 2 x item 4)	900 m ²
6	Número de vagas por módulo	2
7	Número de vagas por pavimento (item 1 x item 6)	8
8	Número de vagas total (item 1 x item 2 x item 6)	80 (-2) = 78
9	Relação de área /vagas (item 5 / item 8)	11,53 m ² /vaga

Ao final deste trabalho, é apresentado, no Anexo 8, o projeto arquitetônico do Sistema Módulo Circular - 4.

Fazendo um paralelo desta solução com uma garagem convencional em concreto armado e com rampas, semelhante às apresentadas no CAPÍTULO III, que aborda garagens com entre meio-pisos alternados (item 3.5), esta solução também apresenta uma relação de maximização das vagas em quase o dobro em relação a solução convencional mais econômica apresentada na Tabela 3.1. Ou seja, 21,70 m²/vaga contra 11,53 m²/vaga fornecida por este tipo de sistema automatizado.

6.6 Sistema Módulo Circular – 12

O **Sistema Módulo Circular - 12** apresenta solução semelhante ao anterior, mas a forma radial abriga até doze veículos por pavimento (Figura 6.5). Para a implantação desta solução serão necessários espaços muito maiores mas, em compensação, o número de vagas será muito maior.

Semelhante ao sistema anterior, um dispositivo de transferência transporta o veículo da área externa para a plataforma do elevador e finalmente posiciona-o em uma das vagas. Neste sistema o elevador não tem a capacidade de movimento horizontal, mas apenas movimento vertical e capacidade de rotação.

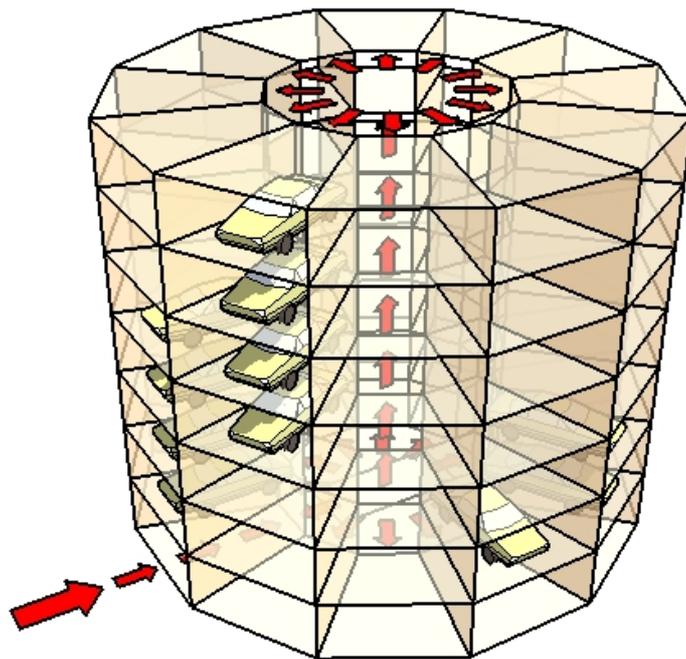


Figura 6.5 - Sistema Módulo Circular - 12

A ampliação desta solução pode ser alcançada com o aumento do número de módulos por pavimento, conseqüentemente atingindo uma maior otimização dos espaços.

Na Tabela 6.6 pode-se verificar o aproveitamento desta estrutura em uma relação de área construída, chegando a um valor de $17,20 \text{ m}^2/\text{vaga}$. Esta relação é superior às encontradas nas outras propostas justamente por se tratar de uma solução que simplifica o sistema de transporte, mas conseqüentemente aumenta a área construída. Em instalações maiores, com maior número de vagas por pavimento, será menor a relação área /vaga. É interessante notar que a área central destinada ao dispositivo de transporte ocupa apenas $49,50 \text{ m}^2$ que é um espaço bastante reduzido, considerando os outros tipos de soluções apresentadas. O diâmetro desta estrutura será de aproximadamente 18,50 m.

Tabela 6.6 - Proposta de estrutura com Sistema Módulo Circular - 12

itens		
1	Número de módulos por pavimento	12
2	Número de pavimentos	10
3	Área mínima para implantação do módulo	256,00 m ²
4	Área líquida do módulo	17,20 m ²
5	Área total da estrutura (item 1 x item 2 x item 4)	2064 m ²
6	Número de vagas por módulo	1
7	Número de vagas por pavimento (item 1 x item 6)	12
8	Número de vagas total (item 1 x item 2 x item 6)	120 (-1) = 119
9	Relação de área /vagas (item 5 / item 8)	17,34 m ² /vaga

Ao final deste trabalho, é apresentado, no Anexo 9, o projeto arquitetônico do Sistema Módulo Circular - 12, inclusive a possibilidade de associação de mais edifícios para obter maior número de vagas (no caso, a implantação de dois ou quatro edifícios, um ao lado do outro).

Em um paralelo desta solução com uma garagem convencional em concreto armado e com rampas, como as apresentadas no CAPÍTULO III, no item 3.5, que aborda garagens com entre meio-pisos alternados, esta solução apresenta uma maximização das vagas em mais de 25%, já que a solução convencional mais econômica apresentada na Tabela 3.1 é 21,70 m²/vaga contra 17,34 m²/vaga fornecida por este tipo de sistema automatizado.

Existem outras variações deste sistema, como o adotado para o edifício de estacionamento automatizado construído em Cesena na Itália (Figura 5.12 e Figura 5.14), onde foi empregada uma estrutura subterrânea em concreto, também com 12 vagas por pavimento. Neste edifício, cada módulo de vaga foi construído em concreto pré-moldado e posteriormente içado para dentro do fosso do edifício.

Confirmando as possibilidades de variações do sistema, uma outra proposta de arranjo é apresentada pela empresa Grandoparking System⁵⁵, utilizando até 24 vagas por pavimento e um dispositivo de transporte dos veículos em forma de cruz (Figura 6.6).

⁵⁵ Fonte: Grandoparking System - Disponível: <<http://www.grandopark.com>> - Acesso: 24 abr 2004

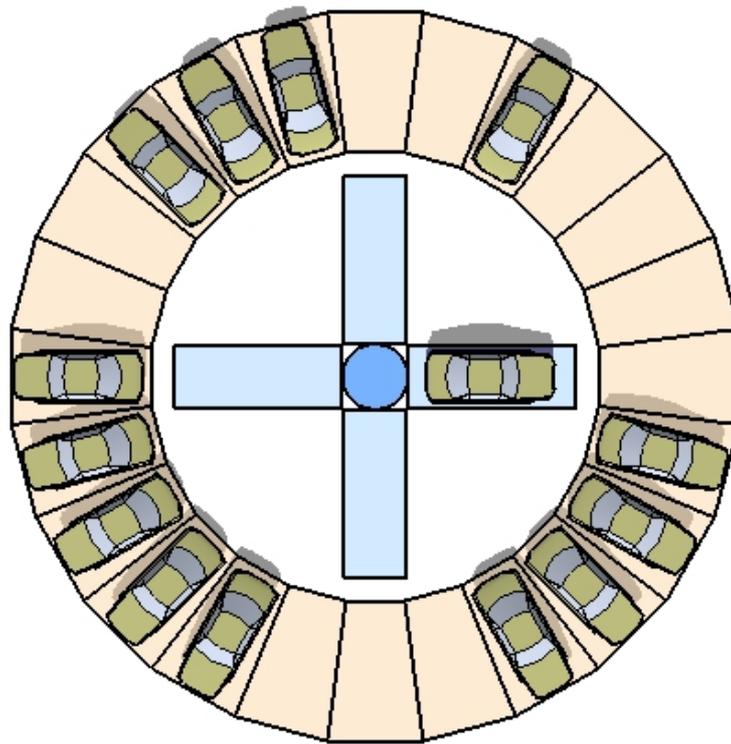


Figura 6.6 - Conveying Machinery - Tender de 4 módulos (cross-wise)

Fonte: Grandoparking System

Disponível: <<http://www.grandopark.com/convey.htm>>

Acesso: 24 abr 2004

Uma particularidade deste sistema é que o piso das vagas são construídos de forma helicoidal e o sistema de transporte giratório atende a estas vagas de modo diferente dos sistemas anteriormente apresentados, já que permite a transferência de até quatro veículos simultaneamente. O fabricante ainda apresenta outras soluções que permitem o emprego de seu sistema para o abrigo de ônibus e caminhões, com módulos de até 12,20 m de comprimento.

Fornecida pelo mesmo fabricante, uma outra solução apresenta um sistema com 24 veículos por pavimento, ocupando uma área total de 531,90 m². Com área central disponível para os dispositivos de transporte de 200,00 m² e diâmetro do sistema de 26,17 m, é possível implantá-lo em um espaço de 25,95 m. Naturalmente para a implantação deste sistema serão necessários terrenos cada vez maiores. Em uma situação hipotética, poderiam ser agrupados até quatro conjuntos em um terreno quadrado de 50 x 50 m.

7 CAPÍTULO VII – Estudos de casos

7.1 Introdução

Nesta etapa de trabalho é apresentado um estudo de caso, analisando a possibilidade de implantação de garagens moduladas em situações reais, na cidade de Belo Horizonte - MG. Busca-se através de um estudo comparativo destacar as diferenças obtidas em cada caso.

7.2 Estudo de caso - Praça Rui Barbosa (Praça da Estação)

Inicialmente, procurou-se eleger dentro da cidade de Belo Horizonte - MG uma área de grande movimentação de veículos, inserida em um contexto urbano de alto valor histórico. Esta área vem recebendo incentivos através de políticas de transformações de usos com o objetivo de melhorar a qualidade do espaço urbano.

Trata-se da Praça Rui Barbosa, também conhecida como Praça da Estação. Todo o seu espaço e o Edifício da Estação são tombados por instrumentos legais de preservação do patrimônio e quaisquer intervenções nesta área deverão passar pelo aval das instituições responsáveis, como o IPHAN - Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, IEPHA - Instituto Estadual de Patrimônio Histórico e Artístico e pela Secretaria Municipal da Coordenação de Política Urbana e Ambiental - SCOMURBE da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, respectivamente nos âmbitos federal, estadual e municipal.

Para uma intervenção nesta área foi lançado, em 1995, um concurso público de projetos que deveriam contemplar o espaço urbano à frente do Edifício da Estação Ferroviária (Figura 7.1). Ao lado das diretrizes que norteiam o citado projeto, o edital do concurso exigiu a construção de um abrigo subterrâneo para aproximadamente 1000 veículos.

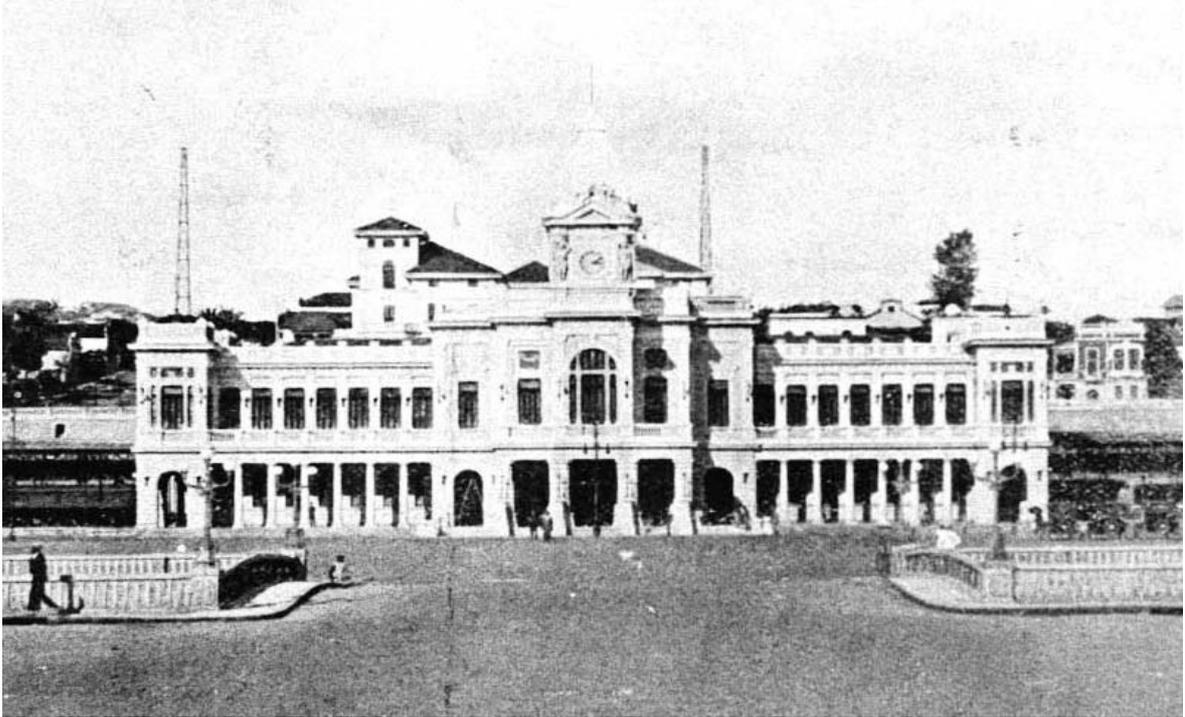


Figura 7.1 - Edifício da Estação - Início do Séc. XX
Fonte: Prefeitura Municipal de Belo Horizonte

O projeto vencedor do concurso foi elaborado pelo Escritório de Arquitetura BGL (Beggiato, Grillo e Leal) de Belo Horizonte. Este projeto atendeu a todas as exigências do edital do concurso, apresentando como solução, um edifício garagem implantado no subsolo, e com salas para áreas administrativas e de apoio técnico.

A proposta esteve estagnada até o ano de 2003, quando a Secretaria Municipal da Coordenação de Política Urbana e Ambiental - SCOMURBE da Prefeitura Municipal retomou, através do programa Centro Vivo, vários projetos urbanos abandonados, tais como este da Praça Rui Barbosa.

Para a Praça Rui Barbosa, devido a sérias restrições orçamentárias do contratante (Prefeitura Municipal de Belo Horizonte), o projeto proposto no concurso de 1995 foi definitivamente abandonado. Em seu lugar, está sendo realizada apenas uma revitalização da praça diante do Edifício da Estação, com a

construção de duas grandes fontes (Figura 7.2), segundo informações disponíveis no site da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte ⁵⁶:

As obras de requalificação da Esplanada da Praça Rui Barbosa, a popular Praça da Estação, foram iniciadas em setembro de 2003. O projeto prevê a adequação do espaço público, dotando-o de infra-estrutura adequada para manifestações culturais com grande aglomeração de pessoas. As obras visam também a melhorar as condições de acesso à Estação Central do Trem Metropolitano.

O projeto prevê implantação de piso em placas de concreto texturado colorido de tom avermelhado, com juntas em granito preto, em uma área de aproximadamente 12.000 m², formando um grande espaço destinado aos pedestres; instalação de dois conjuntos de fontes, no espaço de pedestres, sem formação de lagos; implantação de postes de iluminação, com aproximadamente 20 m de altura, nas laterais da praça, com iluminação especial, inclusive para eventos, delimitando e formando o espaço público desejado; implantação de projeto paisagístico e adequação de mobiliários urbanos.

O prazo previsto para a conclusão das obras é de sete meses. O custo será de R\$ 5.079.894,80.

⁵⁶ Fonte: Prefeitura Municipal de Belo Horizonte - Secretaria Municipal da Coordenação de Política Urbana e Ambiental - SCOMURBE - Disponível: <http://portal1.pbh.gov.br/pbh/index.html?id_conteudo=4340&id_nivel1=-1&ver_servico=N> - Acesso: 25 abr 2004



Figura 7.2 - Obras de requalificação da Esplanada da Praça Rui Barbosa – abr 2004

Se a proposta vencedora fosse executada, esta seguiria as soluções encontradas pelos arquitetos, com a implantação de um edifício garagem subterrâneo com sistema estrutural convencional em concreto armado. Com extensão de pouco mais de 550 m de comprimento, estendendo-se do viaduto Santa Tereza até o viaduto da Floresta, teria a capacidade de abrigar 963 veículos (Figura 7.3 e Figura 7.4). Este edifício, além do espaço destinado à garagem, comportaria vários espaços destinados às áreas administrativas e de manutenção. Para o acesso à garagem eram previstas duas rampas nas extremidades do edifício destinadas aos automóveis e, ainda, duas escadas destinadas ao público.

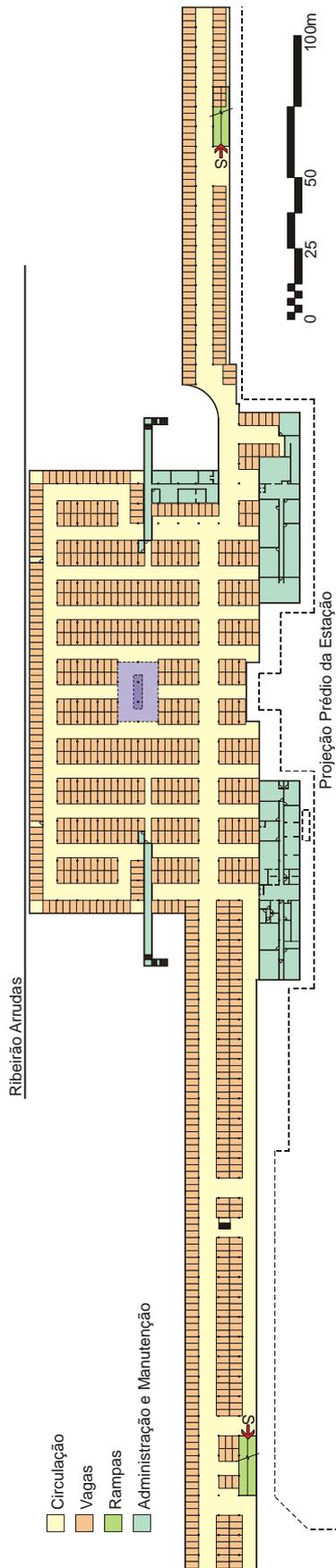


Figura 7.3 - Planta Garagem Subterrânea para a Praça da Estação

Fonte: Prefeitura Municipal de Belo Horizonte- Projeto: Escr. Arquitetura BGL-dez 1995



Figura 7.4 - Fotomontagem - Implantação Garagem Subterrânea para a Praça da Estação
Fonte da imagem: Navegando sobre o município de Belo Horizonte – Disponível:
<<http://www.belo Horizonte.com.br>> - Acesso: 26 abr 2004 - Fotomontagem do autor

Para a modulação entre os pilares foi adotado um valor de 7,00 (Figura 7.5). Isto representa uma solução com implantação de três vagas entre os pilares. Note que os pilares apresentados neste projeto seriam de aproximadamente 0,40 x 0,40 m, deixando um espaço livre entre faces de pilares de 6,60 m, ou seja, as vagas teriam uma largura de 2,20 m. No outro sentido da modulação também se utilizou o valor de 7,00 m entre pilares. Esta solução permite vagas com 4,50 m de comprimento e ruas de circulação com 5,00 m entre vagas. O recuo de 1,00 m dos pilares em relação às vagas é muito benéfico em garagens convencionais, pois permite ao motorista maiores facilidades de manobras.

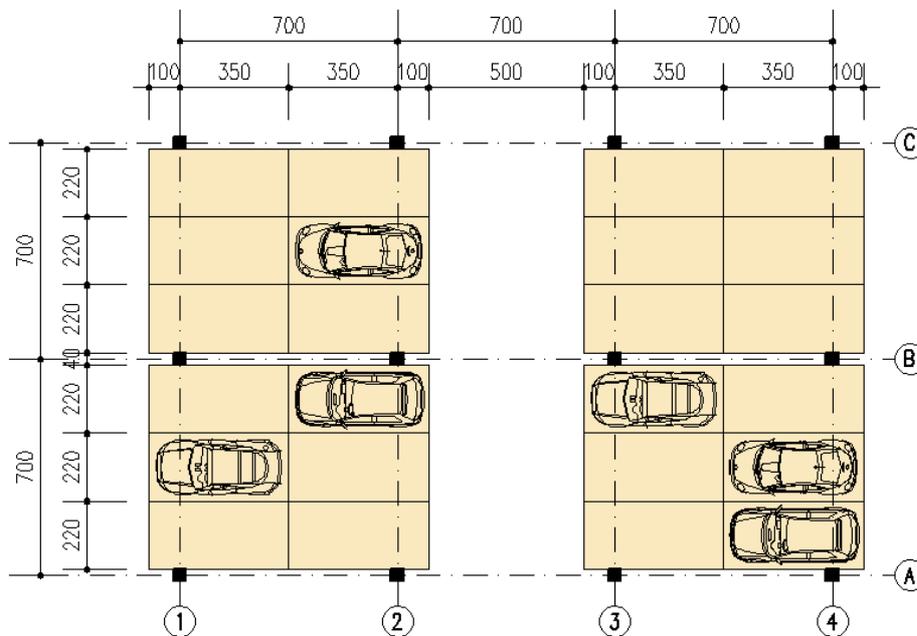


Figura 7.5 - Modulação dos pilares do projeto de garagem para a Praça Rui Barbosa
Fonte: Prefeitura Municipal de Belo Horizonte- Projeto: Escr. Arquitetura BGL-dez 1995

Uma consideração deve ser feita: as dimensões das vagas de 2,20 x 4,50 m adotadas neste projeto são inferiores aos valores exigidos atualmente pela Prefeitura, que é de 2,40 x 4,50 m de medidas livres entre pilares. Esta exigência legal deve-se aos constantes abusos de empreiteiros e construtores quando executam as áreas de estacionamento em edifícios residenciais ou comerciais, criando vagas de estacionamentos com valores muito menores que os recomendados, o que obriga a motorista fazer manobras complexas para posicionar o veículo em sua vaga. Atualmente as exigências do Departamento de

Aprovação de Projetos da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte (PBH) atribuem a responsabilidade sobre o dimensionamento das vagas ao arquiteto responsável técnico (RT) pelo projeto arquitetônico.

Nesta proposta foi previsto, para o edifício subterrâneo, um piso de garagem 4 m abaixo do nível da rua, ocupando uma área total de 22.867,77 m², dos quais 20.184,18 m² destinados exclusivamente para as vagas e circulação de veículos. Isto representa uma relação de 20,96 m²/vaga, um valor um pouco elevado. Entretanto deve-se considerar que esta é uma solução convencional com várias ruas de acesso às vagas (Figura 7.3).

Outro aspecto a considerar é o volume de terra envolvido na escavação do local para a implantação do edifício subterrâneo, que seria de 22.867,77 m² x 4,00 m, ou seja, um movimento de terra de 91.471 m³. Com o empolamento desta terra após a escavação, o volume final seria da ordem de 118.911 m³, sendo necessários 19.818 viagens de caminhões de 6m³ de capacidade para transportar a terra e, ainda, a identificação de um local adequado para liberação do bota-fora; sem dúvida uma operação complexa.

O consumo de concreto para este empreendimento pode ser facilmente estimado: considerando-se que o perímetro das paredes-cortinas seja de 1442,33 m para uma altura total de 4,00 m, com espessura de 0,40 m incluindo a drenagem, o arrimo e a impermeabilização, tem-se aproximadamente um volume inicial de 2307,73 m³ de concreto. Acrescentando-se ainda os 424 pilares de 0,40 x 0,40 x 6,00 m, e considerando-se que este comprimento incluía a sua fundação, obtém-se mais 407,04 m³ de concreto. Considerando-se que a modulação entre vigas e pilares seja de 7,00 m, tem-se um total de 6156 m lineares de vigas. Para estimar o volume de concreto de todas as vigas, considerando-se a seção desta em 0,20 m x 0,70 m, chegando-se ao volume de concreto de 862,00 m³. Considerando-se as duas lajes de piso e de teto com impermeabilização em 0,20 e 0,30 m de espessura respectivamente, multiplicando pela área da edificação, chega-se a um valor de 11.433,88 m³ de concreto somente para as lajes. Portanto, o total estimado de consumo de concreto é de 15.010,65 m³, como pode ser verificado no resumo apresentado na Tabela 7.1.

Tabela 7.1 - Estimativa de consumo de concreto

Item	Altura-m	Largura-m	Profund.-m	Quant.-un	Volume -m ³
Paredes cortinas	4,00	0,40	-	1.442,33 m (comprimento total)	2.307,73
Pilares	6,00	0,40	0,40	424 um (número total)	407,04
Vigas	0,70	0,20	-	6.157,14 m (comprimento total)	862,00
Piso	0,25	-	-	22.867,77m ² (área total)	5.716,94
Teto	0,25	-	-	22.867,77m ² (área total)	5.716,94
TOTAL					15.010,65 m³

Para a implantação dos Sistemas de Estacionamento Modular Automatizado (*Modular Automated Parking Systems - MAPS*), com relação ao dimensionamento das vagas, os valores são definidos previamente em projeto de modo a garantir o atendimento da maioria dos veículos nacionais. Utilizando-se o módulo anteriormente proposto, de 4,50 x 5,00 m entre eixos de pilares e com espaço livre entre pilares de 4,35 m, tem-se uma vaga muito estreita, com apenas 2,175 x 5,00 m. Mesmo assim isto não representa nenhum problema, já que os veículos são colocados nas vagas com as portas fechadas e por equipamentos transportadores e não pelo próprio motorista.

Adotando-se um sistema de garagem acima do solo, não se farão necessários a escavação do solo ou mesmo outros itens como o consumo de concreto, de armaduras de aço e formas, conforme pode-se verificar na última coluna do quadro comparativo apresentado na Tabela 7.2.

Para a implantação do edifício acima do solo, poder-se-ia utilizar uma área sub-aproveitada que já foi motivo de um concurso público em 1999 para a implantação do Museu de Arte de Belo Horizonte, projeto este que já foi abandonado (Figura 7.4).

Empregando um sistema semelhante como o apresentado no item 6.4 - Sistema Módulo Duplo - 4, com dois veículos por módulo, 12 módulos de cada lado do edifício e 10 pavimentos, esta solução poderá comportar até 480 veículos. Portanto, duas instalações deste tipo serão suficientes para atender às exigências

do edital do concurso de 1995, com um total de 960 vagas (Figura 7.6). Para otimizar o tempo de entrega e retirada dos veículos, pode-se acrescentar um ou dois elevadores a mais para cada conjunto de garagem, tendo um total de quatro ou seis elevadores para atender a toda a edificação. Com o emprego de seis elevadores, cada elevador atenderá a até 160 vagas, um número razoável para este tipo de empreendimento, minimizando assim o tempo de espera do usuário para receber o seu veículo.



Figura 7.6 - Estacionamento Modular Automatizado para a Praça Rui Barbosa
Vista aérea com a implantação no terreno à Av. dos Andradas e Av. do Contorno

Se fosse imperativo manter a exigência inicial do edital deste concurso, poder-se-ia implantar o mesmo sistema de garagem automatizada em um subsolo, sendo necessário para tal, duas áreas de 54,00 x 15,00 m ou, então, em apenas uma área de 54,00 x 30,00 m de projeção, já incluindo os espaços necessários para a instalação e movimento dos sistemas de transportes horizontais e verticais. Neste caso, uma escavação de 22,00 m de profundidade seria o suficiente para a implantação desta solução que teria 10 pavimentos abaixo do solo, condensada em uma área de 14,12 vezes menor que a apresentada no projeto do concurso. A comparação destas duas situações é apresentada na Figura 7.4.

Ainda neste caso, o consumo de concreto se daria apenas nas faces definidas por este volume, já que todo o seu interior seria constituído por um sistema em estrutura metálica. Considerando-se que fosse utilizada uma parede cortina semelhante à empregada no edifício originalmente proposto, com espessura de 0,40 m incluindo a impermeabilização, tem-se o volume de concreto de 1478,40 m³ (que é a multiplicação do perímetro das paredes pela profundidade de escavação e pela espessura: $168,00 \times 22,00 \times 0,40 = 1478,40 \text{ m}^3$). Incluindo-se um piso semelhante ao projeto do edifício originalmente proposto tem-se, para as duas lajes de piso e de teto com a impermeabilização em 0,20 e 0,30 m de espessura respectivamente, o volume de 810,00 m³ de concreto empregado. Portanto, a estimativa de consumo de concreto para este sistema subterrâneo será de 2288,40 m³, aproximadamente 6,6 vezes menor em relação ao edifício originalmente proposto, totalmente em concreto e de apenas um pavimento.

No entanto, não se deve esquecer que em projetos que envolvem subsolos profundos, a tecnologia envolvida na contenção do lençol freático não é tão simples, e, neste caso, o lençol freático do Ribeirão Arrudas passa a um pouco mais de 4,00 m abaixo do nível do piso da Praça. Esta condicionante também influenciou na proposição de apenas um nível de subsolo no projeto original. Também, como se pode verificar no projeto apresentado na Figura 7.3, um outro ponto a ser considerado é que a cortina de retenção da canalização do Ribeirão Arrudas passa aproximadamente a 1,50 m da parede da garagem proposta. Logo, qualquer tipo de obra que tenha uma escavação abaixo deste valor do lençol freático deverá ter uma especial atenção em relação à impermeabilização dos pisos e das paredes cortinas.

A economia não se dá apenas no volume de concreto, mas em outros itens importantes da obra, como formas de madeira, escoramentos e, principalmente, áreas impermeabilizadas. No edifício originalmente proposto somavam-se 51.504,86 m², contra apenas 6936,00 m² no sistema subterrâneo, o que representa uma redução nas áreas impermeabilizadas de quase oito vezes.

Todos estes valores anteriormente levantados podem ser verificados na Tabela 7.2 que apresenta as três possibilidades de implantação da garagem: uma

convencional subterrânea, uma modulada subterrânea e a última modulada acima do solo.

Tabela 7.2 - Quadro comparativo dos sistemas de garagem

Tipologia do edifício	convencional subterrâneo	modulado	
		subterrâneo	acima do solo
Procedimento de manobra	manual	automático	automático
Número de pavimentos	1	10	10
Número de vagas/pavimento	963	96	96
Número total de vagas	963	960	960
Profundidade do 1º subsolo	4 m	22 m	0
Área de projeção	22.867,77 m ²	1620 m ²	1.620 m ²
Área útil para vagas	20.184,18 m ²	10.800 m ²	10.800 m ²
Área total construída	22.867,77 m ²	10.800 m ²	10.800 m ²
Dimensões de cada vaga	2,20 x 4,50 m	2,175 x 5,00 m	2,175 x 5,00 m
Relação m ² /vaga	20,96 m ² /vaga	11,27 m ² /vaga	11,27 m ² /vaga
Impermeabilização	51.504,86 m ²	6.936,00 m ²	1.620 m ²
Movimento de terra	118.912 m ³	46.332 m ³	0
Consumo de concreto	15.010,57 m ³	2.288,40 m ³	486 m ³

Uma solução arquitetônica que contemple uma nova proposta de edifício garagem subterrâneo para esta região poderia ter os seu acessos semelhantes aos adotados em Cesena na Itália (Figura 5.12), onde os veículos param sobre um dispositivo que os recolhe para o interior do edifício. Esta solução privilegiando a estética, geraria um impacto menor no espaço urbano e arquitetônico da Praça Rui Barbosa. Naturalmente, outras soluções de acesso ao edifício podem ser encontradas, inclusive algumas que permitem controlar o acesso à garagem com o emprego de funcionários, para evitar vandalismo.

7.2.1 Edifício proposto

Para a proposta de um Sistema de Estacionamento Modular Automatizado (*Modular Automated Parking Systems - MAPS*) que atenda à Praça Rui Barbosa, considerou-se a implantação de dois blocos de edifícios idênticos, acoplados um ao lado do outro, construídos em estrutura metálica e acima do nível do solo.

Para uma melhor compreensão, na Figura 7.7 é apresentado o sistema construtivo proposto com as seguintes observações:

- 1-Um módulo com capacidade para acomodar até quatro veículos;
- 2-Disposição dos módulos na horizontal (para o caso deste edifício serão necessários 12 módulos);
- 3-Disposição dos módulos na vertical (no caso deste edifício proposto serão necessários 10 módulos ou 20 pavimentos);
- 4-Bloco de um edifício completo formado por 120 módulos, com capacidade para acomodar até 480 veículos;
- 5-Dois blocos de edifício idênticos e acoplados (B1 e B2), totalizando 240 módulos com capacidade para acomodar até 960 veículos.

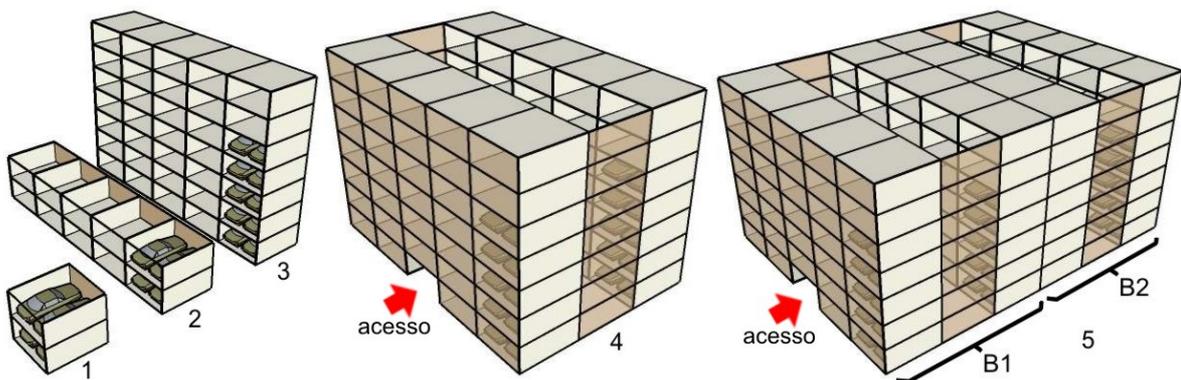


Figura 7.7 - Diagrama do sistema construtivo modular

Portanto, para atender ao valor de aproximadamente 1000 vagas, dois edifícios idênticos deverão ser construídos justapostos. Considerando-se que os edifícios sejam implantados acima do solo, algumas vagas no nível térreo deverão ser retiradas para permitir o acesso dos veículos ao edifício.

Na Figura 7.8 é representado o módulo construtivo de dois pavimentos, comportando dois veículos por pavimento, totalizando quatro veículos por módulo.

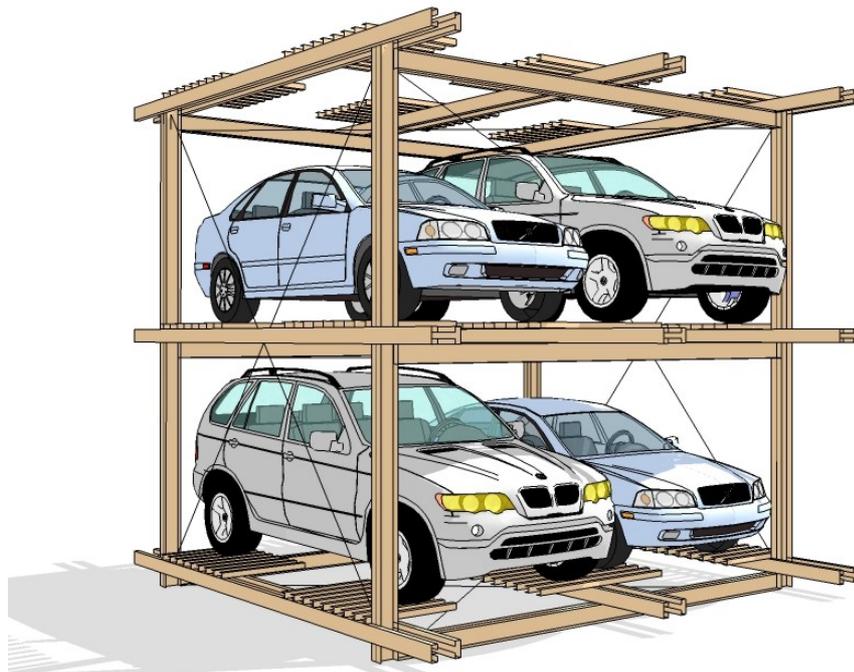


Figura 7.8 - Módulo construtivo

As Figura 7.9, Figura 7.10 e Figura 7.11 apresentam, em detalhe, um bloco da edificação, incluindo parte do sistema de fechamento vertical com comunicação visual, fechamento horizontal, dispositivo transportador (elevador e *dolly*) e rampa de acesso lateral ou frontal.

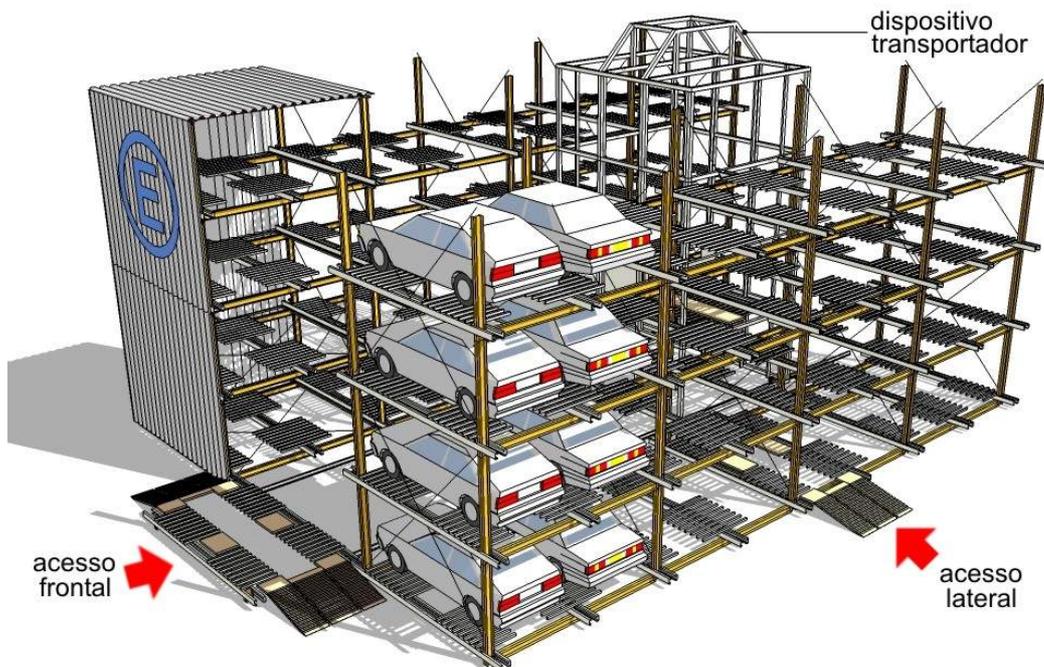


Figura 7.9 - Estacionamento Modular Automatizado para a Praça Rui Barbosa
Detalhe externo da estrutura com parte do fechamento vertical incluindo comunicação visual, rampa de acesso, e o dispositivo transportador

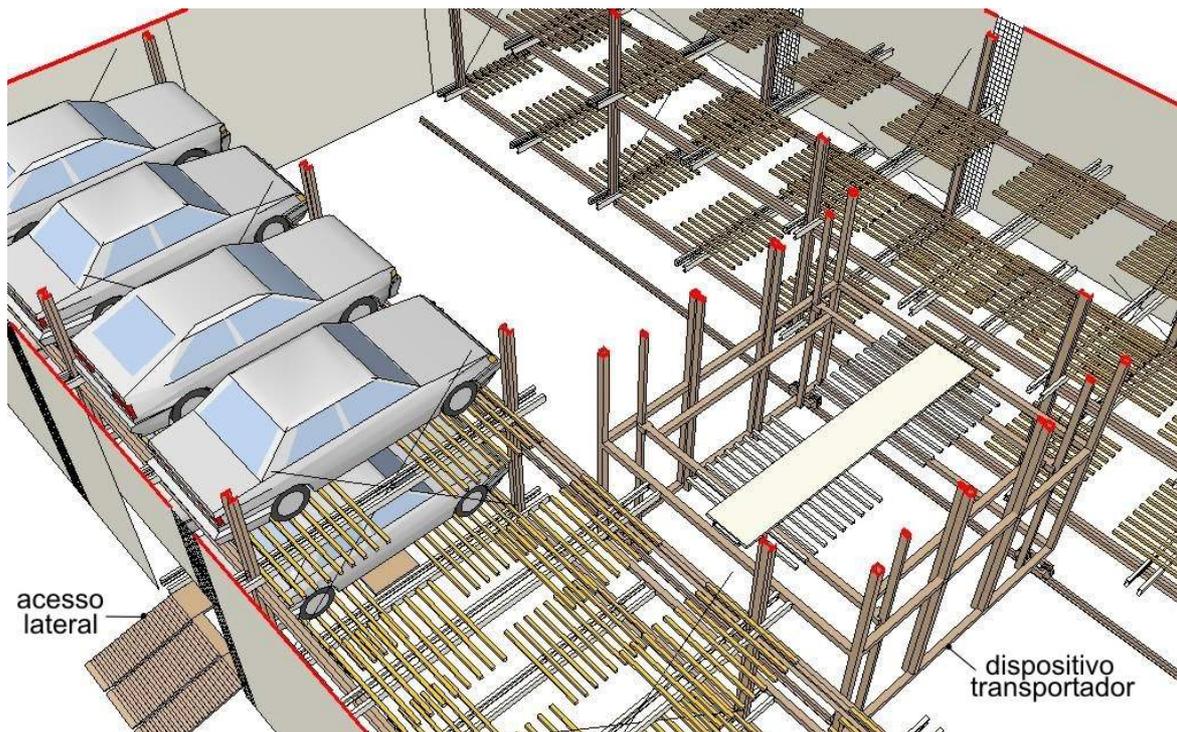


Figura 7.10 - Estacionamento Modular Automatizado para a Praça Rui Barbosa
 Detalhe interno da estrutura com rampa de acesso, e o dispositivo transportador

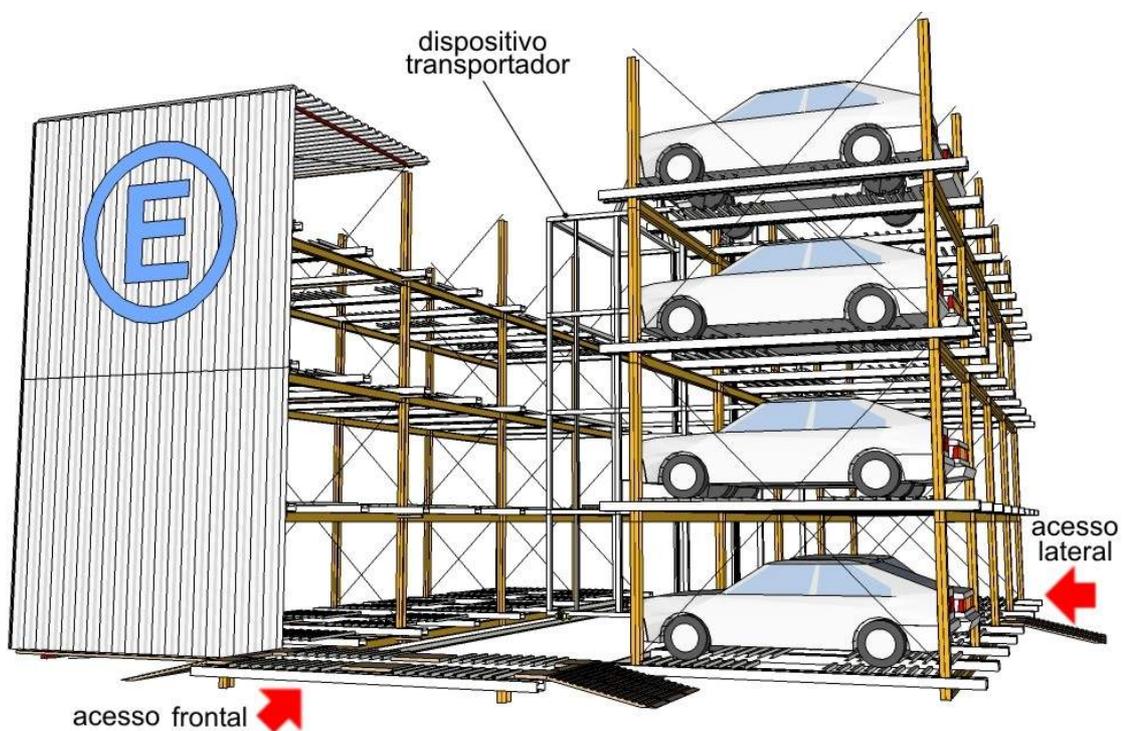


Figura 7.11 - Estacionamento Modular Automatizado para a Praça Rui Barbosa
 Detalhe externo da estrutura com parte do fechamento vertical incluindo comunicação visual, rampa de acesso, e o dispositivo transportador

A modulação vertical da estrutura foi definida adotando-se 2,20 m de piso a piso para cada vaga. Porém, descontando as vigas componentes da estrutura, haverá um espaço livre de 1,875 m para acomodar cada veículo. Descontando aproximadamente 0,15 m necessários para o manuseio do mecanismo de transporte, o pé-direito livre alcançará 1,725 m, correspondendo ao limite máximo de altura dos veículos que poderão ser acomodados. Considerando-se que a altura média dos veículos pesquisados seja de 1,555 m (Tabela 6.3), este pé-direito livre é suficiente para acomodar a maioria dos veículos. Alguns veículos mais altos, como utilitários, minivans e SUVs, também poderão ser acomodados nesta estrutura. Para atender aos veículos mais altos, o primeiro e o último pavimento do edifício garagem terão 2,675 m de altura entre pisos e 2,35 m de pé direito livre abaixo das vigas. Descontando 0,15 m do dispositivo de transporte, o pé-direito livre será de 2,20 m, o suficiente para atender a totalidade dos veículos disponíveis no mercado brasileiro (Figura 7.13).

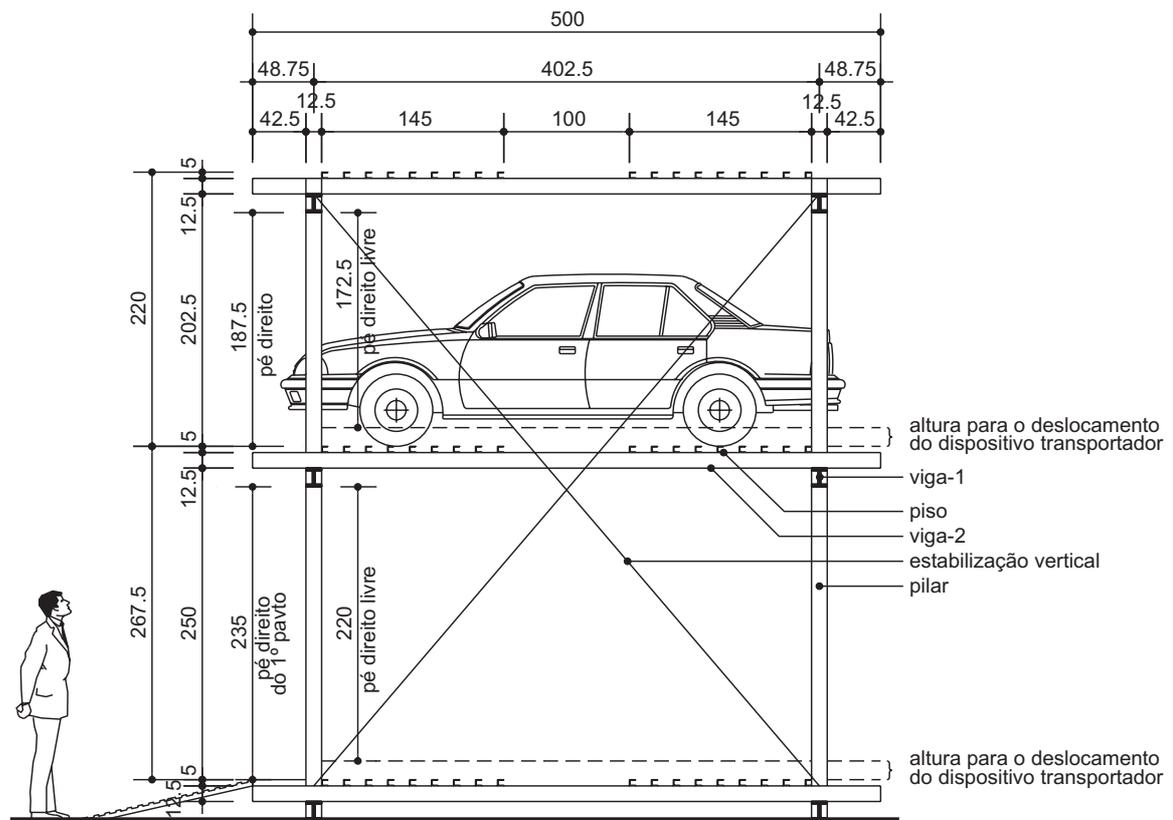


Figura 7.13 - Elevação do módulo construtivo

Por exemplo, considerando-se uma garagem com sistema modulado de dez pavimentos, sendo o primeiro e o último com pé direito mais alto, isto representa que 20% das vagas estarão destinadas aos veículos grandes, o suficiente para atender a toda a demanda destes tipos de veículos, que segundo o Anuário Estatístico da Indústria Automobilística Brasileira de 2004, fornecido pela ANFAVEA, é de 13,2% ⁵⁷.

Vale a pena ressaltar que neste sistema a altura total de um edifício modulado em estrutura metálica de 10 pavimentos corresponde a 23,00 m, sendo bem menor que a de um edifício convencional que poderá atingir até 30,00 m, significando uma economia de 7,00 m na construção (Figura 7.14).

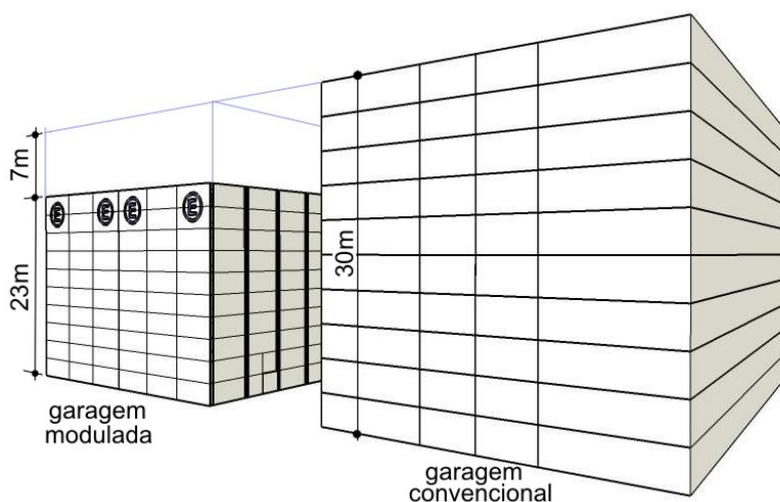


Figura 7.14 - Comparação de edifícios com dez pavimentos

7.2.2 Simulações de cálculo

7.2.2.1 Sobre o sistema construtivo

Para a modelagem deste módulo, adota-se uma estrutura de edifício que dispensa fechamentos em alvenaria, placas de concreto e lajes de piso. Para o

⁵⁷ ANFAVEA - Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores - Anuário Estatístico da Indústria Automobilística Brasileira - 2004 - Vendas internas no atacado Disponível: <<http://www.anfavea.com.br>> Acesso:16 jul 2003

fechamento adota-se, quando necessário, telhas trapezoidais em chapas de aço pintadas.

Para atender às exigências da legislação de segurança contra incêndio, o edifício também receberá, quando necessário, fechamento em tela metálica pintada em suas extremidades opostas, permitindo a ventilação cruzada o que dispensa a proteção da estrutura de aço. O fechamento é fixado por parafusos às longarinas que percorrem toda a estrutura da edificação e que estão fixadas ao sistema estrutural do edifício. O telhado segue a mesma solução, prevendo inclinação e calhas adequadas ao recolhimento de águas pluviais.

Dependendo da solução adotada, caso a estética da edificação não seja preponderante para a definição da volumetria final, a edificação poderá apresentar seu esqueleto estrutural exposto, exibindo assim todo o seu conteúdo, inclusive os automóveis, sem que seja necessário fazer os fechamentos laterais e, mesmo, a cobertura. Isto não representa nenhum problema, já que os automóveis são construídos para resistirem ao tempo e às chuvas.

Com a adoção destas medidas, permite-se, ainda, uma significativa redução nas cargas permanentes atuantes na estrutura.

Para os pilares, foram utilizados perfis “H” laminados da série americana. Para as vigas, utilizaram-se perfis “I” laminados da série americana ou dobrados para absorver as forças de compressão e os esforços de flexão. Todo o sistema de estabilização, tanto horizontal quanto vertical, é feito através da utilização de tirantes dispostos em forma de “X” que trabalham sobre forças de tração.

7.2.2.2 Sobre as cargas variáveis

A NBR-8800⁵⁸ define cargas variáveis do seguinte modo:

Cargas variáveis são aquelas que resultam do uso e ocupação do edifício ou estrutura, tais como: sobrecargas distribuídas em pisos devidas ao peso de pessoas, objetos e materiais estocados, cargas de equipamentos,

⁵⁸ NBR-8800 - Projeto e Execução de Estruturas de Aço de Edifícios- Anexo B, Brasil, ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1986

elevadores, centrais de ar condicionado, equipamento industriais, pontes rolantes, peso de paredes removíveis, sobrecarga em coberturas, etc; são também consideradas cargas variáveis os empuxos de terra, as pressões hidrostáticas, o vento, a variação de temperatura, os recalques de fundações, as deformações impostas etc.

Para esta pesquisa, considerou-se como fonte de cargas variáveis os automóveis, os elevadores, os equipamentos de transporte horizontais e a carga de vento.

Segundo ARBED⁵⁹ a norma alemã DIN-1055, item 2.6.3.1, considera, para pisos de garagens, uma carga uniformemente distribuída de 3,5 kN/m². Para uma área de estacionamento de 12,5 m², este carregamento corresponde a um total de 4,38 tf por veículo. Este valor é consideravelmente grande, se comparado ao peso médio de um veículo que varia entre uma e duas toneladas. As normas utilizadas nos Estados Unidos e na França utilizam um carregamento de 2,5 kN/m² para esta mesma condição, o que representa 3,23 tf por veículo.

No Brasil, segundo a NBR-6120/80, adota-se para pisos de garagens uma carga uniformemente distribuída de 3,0 kN/m². Considera-se que, para a edificação proposta, cujas vagas tem a dimensão de 5,00m x 2,25 m, a aplicação de um carregamento de 3,0 kN/m², resultaria a um total de 33,75 kN, ou seja, um peso de 3365 kg por veículo. Note-se que os dados apresentados na Tabela 6.3 indicam que o peso médio dos veículos nacionais é de 1215 kg, com uma capacidade de carga de 515 kg. Estes dois valores totalizam 1730 kg, representando apenas 51,41% do valor exigido em norma. Considerando-se estes valores, foi adotada como carga para as simulações um valor de 2000 kg ou aproximadamente 20 kN, representando o efeito de cada veículo na estrutura. Portanto, para cada veículo têm-se quatro cargas de 5 kN distribuídas em cada uma de suas rodas. Estas cargas foram aplicadas diretamente à estrutura (Figura 7.15).

⁵⁹ ARBED – Car Parks in Structural Steel - Catalogue, p.7 - Disponível: <<http://www.tradearbed.com>> Acesso: 25 mar. 2004

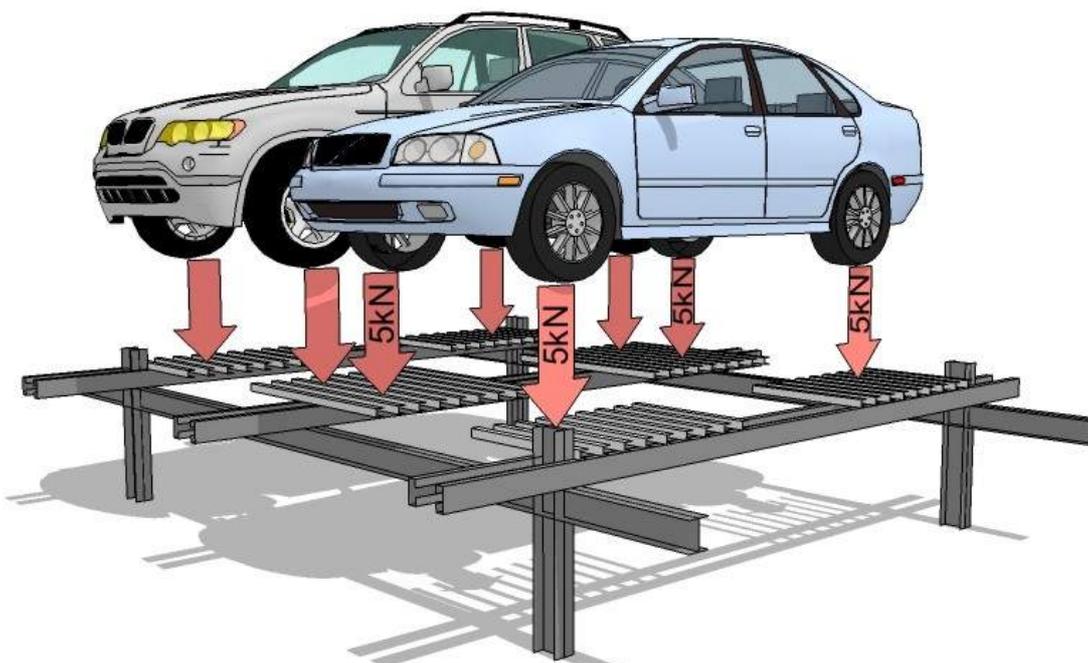


Figura 7.15 - Diagrama de Cargas

O valor exigido na NBR-6120/80 também é um pouco mais elevado que o adotado nos Estados Unidos, mas considerando-se o tipo de edificação aqui proposta, este poderia ser um pouco menor, já que os pesos levantados para os veículos nacionais não atingem o valor de 20 kN.

Note-se que não é considerada nenhuma carga permanente para lajes, pisos, paredes ou telhados, já que estes componentes estruturais não existem neste tipo de solução adotada.

Não foi considerado o possível excesso de cargas dentro dos veículos, já que o peso médio apurado na pesquisa feita foi de 1730 kg quando estiverem carregados, adotando-se para o cálculo, o valor de 2000 kg por veículo.

Também deve-se considerar que neste tipo de edifício não há movimentação de veículos, já que estes são colocados em determinados pontos por elevadores. As únicas cargas dinâmicas a serem consideradas são as provocadas pelo movimento dos elevadores.

7.2.2.3 Verificações no programa Cypecad Metálica 3D, versão 2002g

Para a verificação e dimensionamento da estrutura, foi utilizado o programa de cálculo estrutural Cypecad Metálica 3D, versão 2002g.

Para uma melhor compreensão da nomenclatura adotada para as barras do modelo estrutural lançado no programa, são apresentados nas Figura 7.16 e Figura 7.17, os nomes dados a cada barra que compõe o sistema modulado automatizado, sendo que as distâncias entre elas estão representadas nas Figura 7.12 e Figura 7.13 (mais informações sobre o sistema podem ser obtidas no Anexo 7 - Projeto arquitetônico Sistema Módulo Lateral-4).

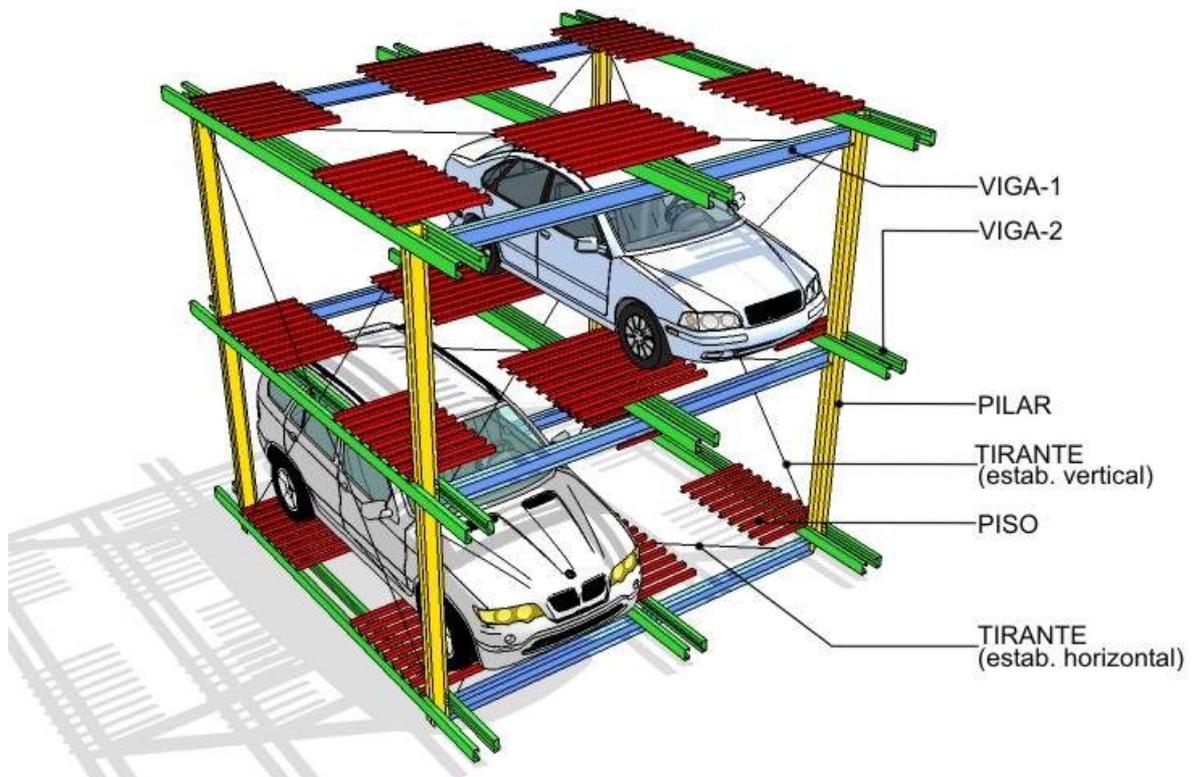


Figura 7.16 - Módulo construtivo completo com nomenclatura das barras

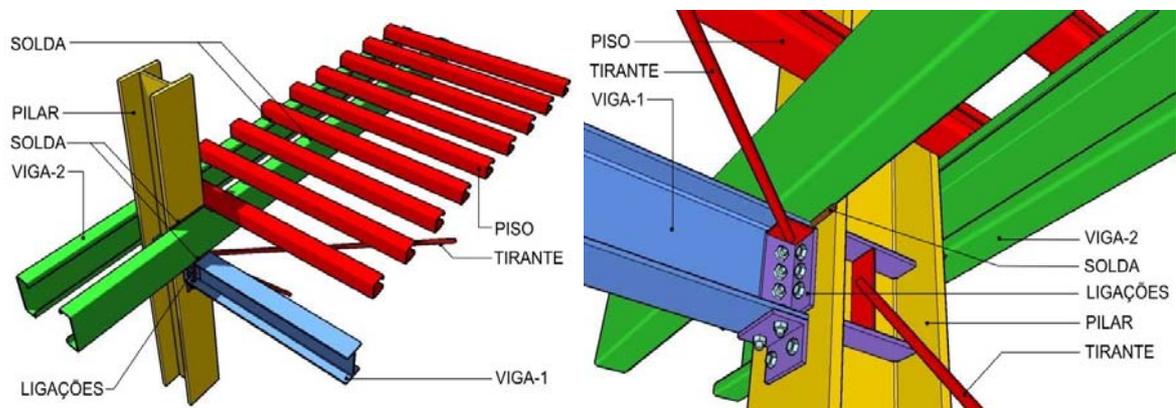


Figura 7.17 - Nomenclatura das barras

As configurações do sistema estrutural para o Sistema Modulado Lateral – 4 apresentam as seguintes características:

a) Pilares:

As barras que representam os PILARES foram lançadas a uma distância de 4,025 x 4,50 m entre eixos. Cada barra que forma o pilar tem o comprimento de 4,40 m, sendo que o primeiro (1º e 2º pavimentos) e o último módulo terão 5,20 m. Para os pilares, foram utilizados perfis laminados “H” da série americana (H-Am), fornecidos pela CSN; as ligações entre barras consecutivas de PILARES foram consideradas rígidas para efeito de cálculo.

b) Vigas:

Para as VIGAS-1, foram utilizados perfis laminados “I” da série americana (I-Am), fornecidos pela CSN, sendo que cada barra tem o comprimento de 4,35 m. As ligações entre as barras das VIGAS-1 e PILARES, foram consideradas rígidas para efeito de cálculo.

Para as VIGAS-2, foram utilizados perfis em caixa dupla, em chapa dobrada “U” com enrijecedores (CR) dispostos a 0,15 m de distância um do outro e ligados com presilhas dispostos a cada 0,175 m. Cada viga tem 5,00 m de comprimento. Cada conjunto de nove vigas forma uma estrutura de piso para as vagas; as ligações entre as barras das VIGAS-2 e PILARES foram consideradas rígidas para efeito de cálculo.

c) Estabilização:

Para a estabilização horizontal utilizaram-se TIRANTES formados por barras redondas fornecidas pela CSG, dispostos em forma de “X”, com comprimento de 5,90 m para cada barra. Para a estabilização vertical também foram utilizados os mesmos TIRANTES com comprimento de 6,10 m para cada barra. As ligações entre os cruzamentos em “X” das barras dos TIRANTES, e também com o restante da estrutura, foram consideradas rotuladas para efeito de cálculo.

d) Piso:

Para a composição da estrutura do PISO, foram utilizadas 18 barras de perfis conformados a frio "C" (CF), soldadas sobre as VIGAS-2. Para efeito de cálculo, as ligações foram consideradas rígidas.

e) Ligações:

Para uma maior facilidade de montagem, definiu-se que a maioria das ligações em canteiro de obra seriam executadas através de parafusos; e as ligações executadas em fábrica através de soldas.

f) Cargas de vento:

Para as cargas de vento foi considerado que o edifício estaria em uma região central de Belo Horizonte e teria a configuração apresentada na Tabela 7.3.

Tabela 7.3 - Edifício com 48 módulos e 192 vagas

Planta	Retangular (15,00x27,00 m) com 12 módulos por pavto.
Altura	4 módulos sobrepostos ou 8 pavimentos (de 2,20 m cada) → 17,60 m
Número de módulos	48 módulos
Número de vagas	192 vagas
Localização:	Belo Horizonte - MG
Vento dominante:	Leste → Oeste

Com estes dados, atendendo às exigências da NBR-6123/1988, definiram-se as cargas de vento a serem aplicadas na estrutura para fins de cálculo (Anexo 10 - Cálculo da carga de vento - NBR-6123/1988).

Os valores encontrados das cargas de vento que atuam na menor fachada da edificação são relativamente pequenos, por isto não foram considerados no cálculo.

Para a configuração do programa de cálculo estrutural foram consideradas as normas NB-1, para concreto; AISI, para aços dobrados; NBR8800 para aços laminados, e o sistema de unidades adotado é o M.K.S. (m.tf.s). O material utilizado para todas as barras é o aço A-36 com a tensão de escoamento de 250 MPa.

A partir destes dados, foi modelada no programa de cálculo estrutural **Cypecad Metálica 3D versão 2002g**, uma estrutura com 16 módulos, sendo quatro módulos na horizontal e quatro na vertical, totalizando oito pavimentos com a capacidade para até 64 veículos. As duas cargas de 5 kN que representam duas rodas dos veículos foram lançadas em cada barra da estrutura, conforme indicação da Figura 7.15, a uma distância de 0,81 m e 3,22 m em relação aos pilares, respectivamente ⁶⁰.

A fundação de cada módulo foi considerada de engastamento completo, isto é, com impedimento de movimentos em X, Y e Z.

7.2.2.3.1 Dados fornecidos pelo programa Cypecad Metálica 3D:

a) Reações de fundação:

Para efeito deste trabalho, foram identificados os pilares da estrutura em análise como pilares P1 a P10 (Figura 7.18).

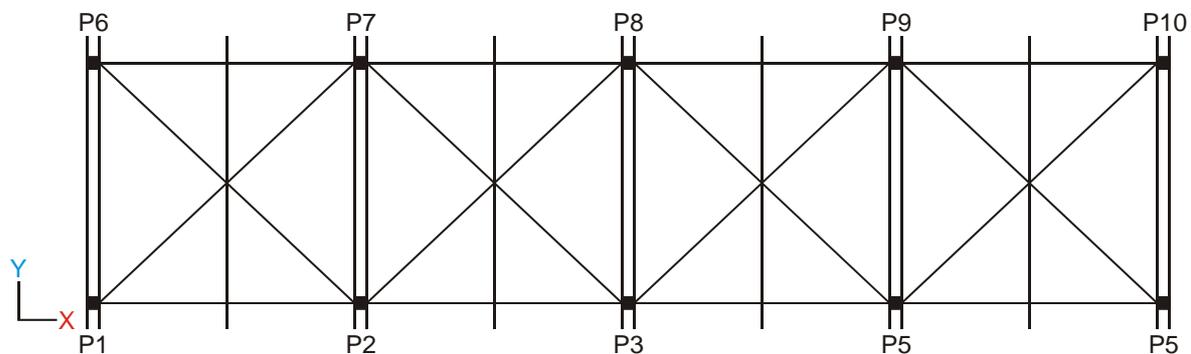


Figura 7.18 - Nomenclatura dos pilares

O programa Cypecad Metálica 3D forneceu as reações nos apoios para várias combinações selecionadas em hipóteses simples para peso próprio, sobrecarga e carga de vento. Estes valores estão apresentados na Tabela 7.4.

⁶⁰ Nota: O comprimento total da barra é de 5,00 m, mas para efeito de cálculo foi considerada a distância de 4,025 m entre os eixos dos pilares.

Tabela 7.4 - Reações dos pilares (em tf)

		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Peso próprio	RX	0,057	-0,003	0,038	-0,038	-0,056	0,056	-0,004	0,043	-0,039	-0,056
	RY	0,046	0,048	0,054	0,048	0,047	-0,046	-0,048	-0,054	-0,048	-0,046
	RZ	1,068	1,470	1,472	1,400	1,104	1,069	1,470	1,472	1,400	1,103
Sobrecarga	RX	0,871	-0,028	0,608	-0,595	-0,850	0,867	-0,040	0,640	-0,611	-0,862
	RY	0,923	0,943	0,946	0,955	1,191	-0,929	-0,943	-0,942	-0,934	-1,210
	RZ	9,160	13,571	13,577	12,473	10,260	9,154	13,571	13,594	12,504	11,837
Vento	RX	0,056	0,039	0,085	-0,113	-0,075	-0,075	-0,104	0,071	0,058	0,058
	RY	-0,989	-0,990	-0,988	-0,990	-0,987	-1,005	-1,007	-1,005	-1,007	-1,004
	RZ	-4,931	-4,916	-4,900	-4,923	-4,915	4,931	4,916	4,900	4,924	4,915

b) Verificação dos deslocamentos:

Foram identificados dez nós na estrutura analisada (numerados de D1 à D10) para verificar se os deslocamentos em determinados pontos da estrutura não excediam os limites estabelecidos pela norma NBR8800 (Figura 7.19 e Tabela 7.5).

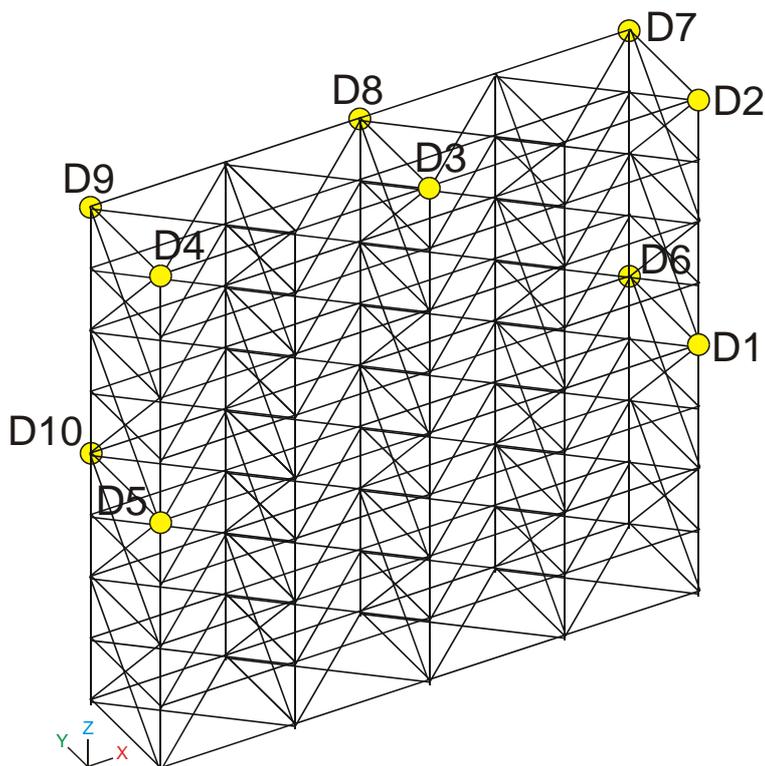


Figura 7.19 - Verificação dos deslocamentos

Tendo como referência a Figura 7.19, são apresentados, na Tabela 7.5, os dez nós estudados. Foi solicitado ao programa que apresentasse os valores de

deslocamento com base na envoltória dos esforços, isto é, a combinação de todos os esforços simultaneamente (peso próprio, sobrecargas e ações de vento).

Em cada nó escolhido, são apresentados os valores de deslocamentos em metros nos eixos X, Y e Z (nomeados de DX, DY e DZ respectivamente) e também a rotação em radianos (nomeados de GX, GY e GZ respectivamente).

Tabela 7.5 - Verificação dos deslocamentos (em metros)

		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10
Deslocam. (metros)	DX	-0,0036	-0,0071	-0,0070	-0,0070	-0,0036	-0,0036	-0,0072	-0,0070	-0,0070	-0,0036
	DY	-0,0000	0,0000	-0,0001	-0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	DZ	-0,0009	-0,0012	-0,0016	-0,0011	-0,0008	-0,0010	-0,0014	-0,0016	-0,0011	-0,0008
Rotação (radianos)	GX	-0,0006	-0,0014	-0,0009	-0,0009	-0,0005	0,0000	0,0001	0,0001	0,0001	0,0000
	GY	-0,0009	-0,0017	-0,0003	0,0000	0,0000	-0,0009	-0,0017	-0,0003	0,0000	0,0000
	GZ	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Após algumas variações nos tipos de engastamentos das barras e nos tipos de perfis a serem utilizados, chegou-se à conclusão final desta verificação, onde foi possível definir as dimensões dos perfis a serem utilizados no Sistema de Estacionamento Modular Automatizado (*Modular Automated Parking Systems – MAPS*). A Tabela 7.6 apresenta os tipos de perfis adotados.

Tabela 7.6 - Tipologia de barras utilizadas nos MAPS

	Pilares	Vigas 1	Vigas 2	Estab.	Piso
Tipo de perfil	H-Am 152x22.5	I-Am 127x14.9	CR 127x50x3.04	B-10.00	CF-60x2.0
<p>Legenda:</p> <p>H-Am = Perfil laminado H Americano I-Am = Perfil laminado I Americano CR = Perfil caixa dupla em chapa dobrada "U" com enrijecedores B = barras redondas - Ø = 10mm CF = Perfil conformados a frio "C"</p>					

De posse dos dados fornecidos pelo programa, é apresentado o consumo de aço para duas opções de edificações. A primeira opção representa a garagem do estudo de caso, sendo formada por 120 módulos distribuídos em 10 pavimentos, com a capacidade para abrigar 480 veículos.

A segunda opção é uma garagem com 48 módulos distribuídos em oito pavimentos com capacidade para abrigar 192 veículos. Esta opção representa uma solução para a maioria dos lotes vagos existentes nas regiões centrais da cidade de Belo Horizonte - MG.

7.2.2.3.2 Garagem para 480 vagas - Resumo de quantitativos de aço

Para o edifício proposto com 480 vagas (Anexo 7 - Projeto arquitetônico Sistema Módulo Lateral-4), teremos a seguinte configuração:

Edifício com 120 módulos e 480 vagas			
Número de módulos por pavimento:	24	Número total de módulos:	120
Número de pavimentos:	10	Número total de vagas:	480

Esta configuração está representada na Figura 7.20, onde o edifício é composto por sobreposição de cinco módulos (10 pavimentos) e por uma repetição horizontal de 12 módulos (24 vagas x 2), totalizando 120 módulos e 480 vagas.

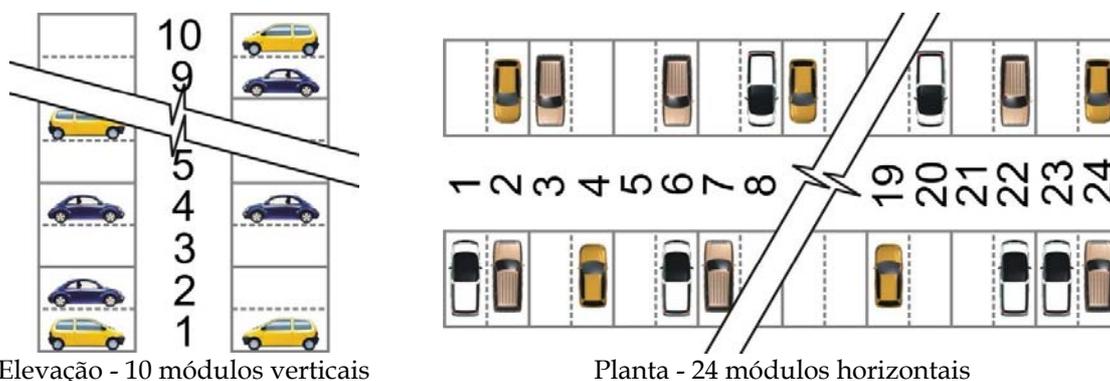


Figura 7.20 - Diagrama de edifício com 120 módulos e 480 vagas
 Nota: Número de vagas = $10 \times 24 \times 2 = 480$

Considerando-se um edifício com esta configuração, teremos um quantitativo de barras conforme apresentado na Tabela 7.7.

Tabela 7.7 - Edifício com 120 módulos e 480 vagas

	Pilares	Vigas 1	Vigas 2	Estab.	Piso
Tipo de perfil	H-Am 152x22.5	I-Am 127x14.9	CR 127x50x3.04	B-10.00	CF-60x2.0
Série	Perfil H série americana	Perfil I série americana	Perfil CR	Barra Trefilada	Conformados C
Peso por m - kgf/m	22,50	14,90	11,87	0,62	2,50
Comprimento de cada perfil - m	4,55	4,35	5,00	5,90	1,45
Peso de cada perfil	102,38	64,79	59,35	3,63	3,63
Número de perfis	260	528	1048	500	8640
Peso Parcial - kgf	26617,50	34206,59	62198,80	1817,25	31357,24
Peso total da estrutura - kgf					156256,72
Área edificada-m ²					5400,00
Relação de kg/m ²					28,94

Portanto para atender ao total de 960 vagas, serão necessários dois edifícios totalizando 312.513 kg em aço. Isto equivale a um consumo de 28,94 kg/m², que é um valor razoável para edificações em aço, considerando-se que esta edificação não necessita de outros componentes estruturais ou mesmo de vedação, exceto os painéis externos em chapas metálicas pintadas, quando necessários.

7.2.2.3.3 Garagem para 192 vagas - Resumo de quantitativos de aço

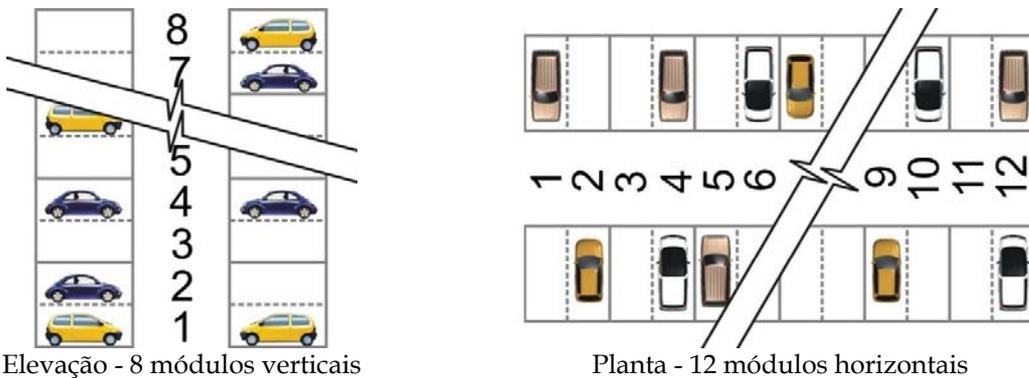
Esta mesma tipologia de edificação poderia ser implantada em pequenos lotes vagos que são utilizados atualmente como áreas de estacionamentos pagos. Em Belo Horizonte - MG, ainda existe um grande número de lotes com 10,00, 12,00 e 15,00m de frente, e com uma profundidade variando de 30,00 a 50,00m.

Os lotes com as dimensões de 15,00 x 30,00m são os mais indicados para receber esta tipologia de edificação, sendo que num sistema de estacionamento convencional e com um único pavimento, estes terrenos comportam aproximadamente 20 veículos estacionados em suas vagas. Implantando uma edificação com oito pavimentos (com quatro módulos sobrepostos) e com a mesma tipologia apresentada no Anexo 7 - Projeto arquitetônico Sistema Módulo Lateral-4, esta poderá abrigar até 192 veículos. Isto representa um aumento de

960% no número total de vagas e de 480% na área edificada. Deve-se notar que as proporções de vagas/área edificadas não crescem linearmente, já que o número de vagas por pavimento aumentou para 24 veículos. Isto é possível devido ao processo de armazenamento destes nas vagas, muito próximos uns dos outros. Para esta situação, o edifício apresentará as seguintes características:

Edifício com 48 módulos e 192 vagas			
Número de módulos por pavimento:	12	Número total de módulos:	48
Número de pavimentos:	8	Número total de vagas:	192

Esta configuração está representada na Figura 7.21, onde o edifício é composto por sobreposição de quatro módulos (8 pavimentos) e por uma repetição horizontal de 6 módulos (12 vagas x 2), totalizando 48 módulos e 192 vagas.



Elevação - 8 módulos verticais
 Planta - 12 módulos horizontais
 Figura 7.21 - Diagrama de edifício com 48 módulos e 192 vagas
 Nota: Número de vagas = $8 \times 12 \times 2 = 192$

Considerando-se um edifício com esta configuração, teremos o quantitativo de barras apresentado na Tabela 7.8.

Tabela 7.8 - Edifício com 48 módulos e 192 vagas

	Pilares	Vigas 1	Vigas 2	Estab.	Piso
Tipo de perfil	H-Am 152x22.5	I-Am 127x14.9	CR 127x50x3.04	B-10.00	CF-60x2.0
Série	Perfil H série americana	Perfil I série americana	Perfil CR	Barra Trefilada	Conformados C
Peso por m - kgf/m	22,50	14,90	11,87	0,62	2,50
Comprimento de cada perfil - m	4,55	4,35	5,00	5,90	1,45
Peso de cada perfil	102,38	64,79	59,35	3,63	3,63
Número de perfis	112	216	440	208	3456
Peso Parcial - kgf	11466,00	13993,60	26114,00	755,98	12542,90
Peso total da estrutura - kgf					64931,82
Área edificada-m ²					2160,00
Relação de kg/m ²					30,06

Este edifício poderia atender a um total de 192 vagas distribuídas em uma estrutura de oito pavimentos (quatro módulos dispostos na vertical), consumindo 64.931 kg em aço. Isto equivale a um consumo de 30,0 kg/m². O aumento do consumo de aço neste caso, deve-se ao menor agrupamento de módulos que no exemplo anterior.

7.3 Implantação de garagens em lotes urbanos

A possibilidade de implantação deste tipo de edificação em uma área urbana depende exclusivamente da disponibilidade de terrenos com dimensões mínimas que atendam às exigências do projeto arquitetônico.

Para esta pesquisa foi escolhida, na região da Savassi⁶¹ em Belo Horizonte - MG, uma área de 64 quarteirões, delimitados pela Avenida do Contorno, Rua

⁶¹ Quando a praça Diogo de Vasconcelos foi inaugurada, nos primeiros anos da nova capital mineira, era difícil prever que a região se transformaria em um dos pontos mais badalados de Belo Horizonte. Porém, foi com o sobrenome dos Savassi, dado a uma padaria pertencente a uma família de imigrantes italianos que o lugar ficou famoso. Inaugurada em 1939, a Padaria Savassi veio juntar-se a outros estabelecimentos, como os bares de Espanhol e do Português, o armazém Colombo, o Açogue Vila Rica e a Pensão Magnífica.

Fonte: Site Savassi - Disponível: <http://www.savassi.com.br/hist_f3.htm> Acesso: 19 jul 2004

Ceará, Avenida Afonso Pena, Avenida Brasil, Praça da Liberdade e Rua da Bahia. Esta área foi escolhida por ser uma das principais regiões de comércio de rua da cidade.

Tramitou na câmara dos vereadores de Belo Horizonte - MG um projeto de lei de autoria do vereador José Lincoln de Magalhães, que permitiria a execução de um projeto urbanístico chamado "Street Shopping Savassi"⁶²:

O Projeto (...) delimita a área conhecida como "Coração da Savassi", destinando-a à implantação desse centro comercial, com funcionamento 24 horas, inclusive nos domingos e feriados. Essa iniciativa, além de facilitar a vida dos belo-horizontinos, vai incentivar o turismo na capital.

Com a construção do Street Shopping Savassi, Belo Horizonte - a exemplo das grandes cidades como Nova Iorque, onde o comércio não pára - ganharia um espaço voltado principalmente para quem não dispõe de tempo para fazer suas compras durante o horário comercial.

Algumas propostas do projeto, apresentadas pelo arquiteto Gustavo Penna, prevêem a delimitação da área da Savassi, com:

- colocação de portais eletrônicos;
- criação de um **estacionamento subterrâneo** com capacidade para **quatro mil veículos**⁶³
- cobertura transparente nas ruas que formam o coração da Savassi (Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Tomé de Souza e Antônio de Albuquerque);
- tratamento no piso para criar o mesmo ambiente interior das lojas;
- direcionamento de áreas livres para funções complementares (área de babysitter, centro de convenções, casa de espetáculos);
- criação de passarelas especiais;
- retirada de veículos pesados da região;

⁶² Fonte: Site Savassi - Disponível:< <http://www.savassi.com.br/news.htm> > Acesso: 19 jul 2004

⁶³ Grifo nosso (na realidade o projeto previa 3732 vagas).

- implantação de quiosques de serviços e vendas de produtos diversificados.

No entanto, esse projeto somente poderá ser concluído caso haja a participação da iniciativa privada com o patrocínio de investidores interessados e apoio da comunidade, que, sendo proprietários de imóveis nesta região, serão os maiores beneficiados com essas melhorias. Estamos falando em revalorização imobiliária.

A garagem subterrânea proposta para este empreendimento teria três subsolos em forma de cruz, totalizando 88.565 m². Contava, ainda, com uma grande cobertura em aço e vidro, elevadores panorâmicos, escadas rolantes, centrais de ventilação, duas rampas de entrada e quatro de saída, entre outros. Para a viabilização técnica e financeira, este empreendimento contaria com a participação público-privado. Pela grandiosidade do projeto e devido a fatores administrativos associados ao custo elevado de sua implantação, este não foi realizado (Figura 7.22).

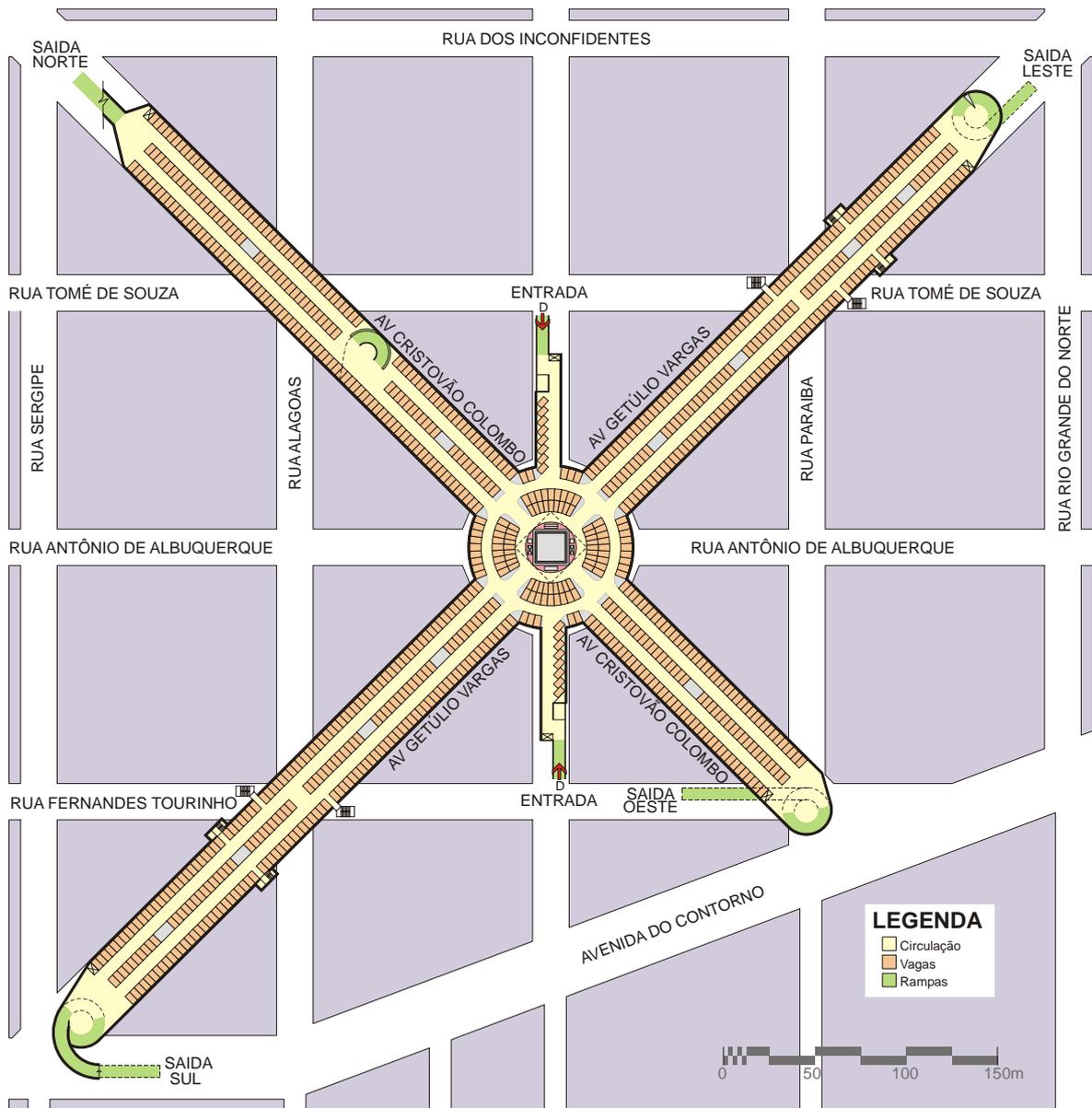


Figura 7.22 - Street Shopping Savassi
 Fonte: Arquiteto Gustavo Penna

Nesta situação que exige um número muito grande de vagas, a utilização de Sistemas de Estacionamento Modular Automatizado (*Modular Automated Parking Systems - MAPS*) seria uma das melhores alternativas, mas não necessariamente implantados em subsolos ou atendendo a quatro mil vagas em uma só edificação. Uma das vantagens dos MAPS, nesta situação, é possibilitar a implantação de garagens em pequenos terrenos vagos na região, com custos que podem ser arcados por pequenos empresários ou por empresas administradoras de garagens de aluguel.

Para um melhor entendimento desta pesquisa, é apresentada uma fotografia aérea da região em estudo (Figura 7.23 - Fotografia aérea da região da Savassi - Belo Horizonte - MG). Esta é uma área muito adensada, sendo que os poucos terrenos disponíveis são utilizados sistematicamente para a implantação de edificações comerciais e residenciais que não oferecem vagas para aluguel. Esta utilização tem levado a uma redução dos espaços destinados ao estacionamento nesta região.

Na Figura 7.24, é apresentado o levantamento dos lotes vagos ainda existentes nesta região, com potencial para a implantação de Sistemas de Estacionamento Modular Automatizado (*Modular Automated Parking Systems - MAPS*). Os terrenos em sua grande maioria, são relativamente pequenos, com 10, 12 ou 15 metros de frente, por 20 ou 30 metros de profundidade. Para a implantação do Sistema Módulo Lateral - 4 será necessário um terreno com 15,00 m de frente e com pelo menos 27,00 m. Em pequenos terrenos de 15,00 m x 15,00 m, pode-se implantar o Sistema Módulo Circular 4 (Anexo 8 - Projeto arquitetônico Sistema Módulo Circular-4), já que estes edifícios quando dispostos em planta a 45°, ocupam apenas 14,30 m.

No Anexo 11 - Garagens, Estacionamentos e Terrenos na Savassi - é apresentado uma relação mais detalhada dos terrenos pesquisados com seus respectivos endereços e características. Na Figura 7.24, estão em destaque, na cor azul, os terrenos que atualmente são utilizados como estacionamentos pagos e, em cor amarela, outros lotes que atualmente já comportam garagens comerciais em edifícios convencionais, lotes vagos, casas abandonadas, casas antigas e edificações de um pavimento com pequenos comércios.



Figura 7.23 - Fotografia aérea da região da Savassi - Belo Horizonte - MG

Legenda: - - - - - Perímetro estudado Quarteirões pesquisados

Fonte da imagem: Navegando sobre o município de Belo Horizonte - Disponível:

<<http://www.belo Horizonte.com.br>> - Acesso: 27 jul 2004

7.3.1 Quarteirões típicos da região da Savassi:

Para suprir o número de vagas de estacionamento previsto na proposta do “Street Shopping Savassi”, estas poderiam ser distribuídas em vários pequenos edifícios com Sistemas de Estacionamento Modular Automatizado (*Modular Automated Parking Systems - MAPS*) construídos em alguns dos terrenos disponíveis apresentados na Figura 7.24.

Para efeito comparativo, na Figura 7.25 é apresentado um diagrama que representa os quarteirões típicos da região. Estes quarteirões são exatos quadrados de 120m de lado. As duas quadras apresentadas, indicam as possibilidades de utilização da quadra ou dos lotes com várias dimensões possíveis, conforma abordado a seguir.

7.3.1.1 Quadra superior - Solução convencional de garagem:

Na Figura 7.25 está representada, na quadra superior da figura, uma solução convencional de implantação de garagem em um único pavimento. Nesta solução cada vaga ocupa $2,50 \times 5,00$ m, o indicado para estacionamentos convencionais. Desta forma recomenda-se que cada rua de acesso às vagas tenha no mínimo 6,00 m de largura para facilitar as manobras. Cabines de controle de acessos devem ser posicionadas nas entradas e saídas do estacionamento. Esta solução convencional comporta apenas 570 veículos distribuídos na área apresentada de 14.400 m^2 , o que representa um rendimento de $25,26 \text{ m}^2/\text{vaga}$. Se as ruas internas de acesso às vagas forem mais estreitas (5,00 m) este mesmo terreno passaria a comportar até 639 vagas, representando um rendimento de $22,54 \text{ m}^2/\text{vaga}$.

Note-se que para atender às 4000 vagas do projeto do “Street Shopping Savassi”, seriam necessários sete quarteirões destinados somente para estacionamentos (ou, então, em uma garagem subterrânea com **sete pavimentos** ocupando a área de um quarteirão inteiro).

7.3.1.2 Quadra inferior - Solução com garagem modulada:

Ainda na Figura 7.25, a quadra representada na parte inferior da figura apresenta algumas possibilidades da utilização dos Sistemas de Estacionamento Modular Automatizado (*Modular Automated Parking Systems - MAPS*), implantados em terrenos de várias profundidades, conforme descritos a seguir:

- O destaque **número 1** apresenta uma possibilidade de implantação de um edifício com oito pavimentos e 48 módulos distribuídos em um terreno de 450 m². Esta edificação atenderia até 192 vagas. Em contrapartida, o destaque número 4 apresenta o mesmo lote com uma solução convencional, comportando apenas 22 vagas. Em uma solução convencional com rampas, o valor de 192 vagas nunca seria alcançado, já que se deve descontar as área ocupadas pelas rampas e pela circulação dos veículos.
- A segunda solução, destacada pelo **número 2**, apresenta um terreno mais profundo de 675 m², com a implantação de um edifício com o mesmo número de pavimentos, porém acrescentando vários módulos. Neste caso, o número de módulos passou para um total de 80 e a quantidade de vagas passou para 320. No sistema convencional, destacado pelo número 5, a quantidade de vagas é de somente 34.
- Na terceira solução, destacada pelo **número 3**, em um terreno mais profundo com 900 m², é implantado um edifício que também apresenta o mesmo número de pavimentos (oito) com um total de 104 módulos. O número de vagas atendidas passou para 416, contra as 46 vagas disponíveis pelo sistema convencional (representado pelo número 6). Estas três situações são comparadas no Gráfico 7.1.

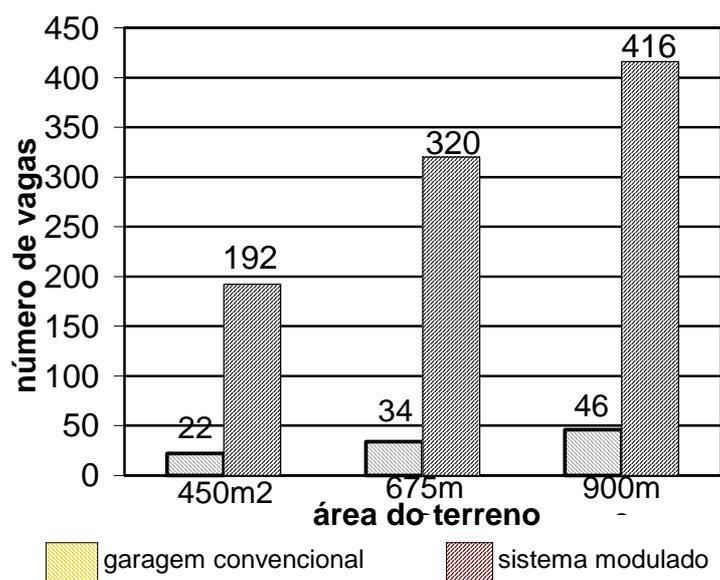


Gráfico 7.1 - Comparação do rendimento das tipologias de garagens

Portanto, para atender às exigências do projeto do “Street Shopping Savassi”, seriam necessários dez edifícios semelhantes ao destaque **número 3**, representado na Figura 7.25. Note-se que isto representa a utilização de 10 lotes de 900 m², ou seja, 62,5% da área disponível do quarteirão. Isto representa um rendimento de 1150,4% em relação ao sistema convencional.

Por ser praticamente impossível encontrar tais lotes contíguos nesta região ou que tenham exatos 900 m² de área, e pelas próprias características dos Sistemas de Estacionamento Modular Automatizado (*Modular Automated Parking Systems - MAPS*), estes edifícios poderão ser implantados nos lotes ainda disponíveis, seguindo critérios que permitam uma melhor adaptação e um melhor rendimento em cada terreno, variando o número de módulos e o de pavimentos para cada edifício proposto.

7.3.1.3 Vagas dispostas junto ao alinhamento das calçadas:

Outro fato importante a observar na Figura 7.25, refere-se às vagas dispostas junto ao alinhamento das calçadas. Fazendo uma consideração otimista, pode-se prever de 10 a 15 veículos estacionados nas vias públicas de cada lado dos quarteirões, já que se deve descontar as vagas em frente às portas das garagens, pontos de ônibus e outros. Portanto, se considerarmos umas 12 vagas ao longo da

via a cada lado do quarteirão, pode-se estacionar até 48 veículos ao redor de cada quadra. Apenas um único edifício conforme, apresentado na Figura 7.20, poderia abrigar todos os veículos estacionados ao redor de dez quarteirões. Isto representa a retirada das vias públicas de 2880 m de veículos estacionados em fila indiana, ou seja, desobstruir 4800 m em frente destes 10 quarteirões que poderiam ser utilizados como pistas para a livre circulação do trânsito. Fazendo uma outra relação, não havendo abrigo para os 4000 veículos do “Street Shopping Savassi”, estes ocupariam 40 km lineares junto às calçadas. Necessariamente, um empreendimento deste porte só poderá ser implantado concomitantemente à existência de abrigo para os veículos.

8 CAPÍTULO VIII – Conclusão

Este trabalho apresentou possibilidades de uso dos Sistemas de Estacionamento Modular Automatizado (*Modular Automated Parking Systems - MAPS*) para a solução imediata dos problemas relacionados com o estacionamento de veículos em grandes centros urbanos.

Pelas próprias características destes sistemas modulados, é possível a sua implantação em variados tipos de terrenos urbanos, desde pequenos espaços de 2,50 x 15,00 m entre edifícios existentes, como é o caso representado pelo Sistema Módulo Lateral-2 , ou, mesmo, pequenos terrenos com apenas 15,00 x 30,00 m, como representado pelo Sistema Módulo Duplo-4. Outras possibilidades, ainda, foram apresentadas, com a mudança na disposição dos módulos para a forma radial, obtendo, deste modo, outras configurações, como a apresentada pelo Sistema Módulo Circular-4 ou pelo Sistema Módulo Circular-12, inclusive o agrupamento de mais edifícios permitindo, que atendam praticamente a qualquer quantidade de vagas.

Como todo o sistema é construído em estrutura metálica, existe a possibilidade de desmontá-la e transportá-la para outro local. Esta característica é muito vantajosa quando se deseja que um terreno urbano seja utilizado por um determinado período como edifício garagem.

Várias outras vantagens no uso desta tecnologia foram apresentadas nesse trabalho, tais como:

- a) Redução do espaço entre os veículos, já que estes são estacionados por máquinas e não necessitam de abrir as portas;
- b) Redução no pé-direito das garagens, já que não existe circulação de pessoas dentro da edificação;
- c) Otimização de espaços. Como os veículos são transportados por máquinas, estes podem ser posicionados muito próximos uns dos outros;

- d) Aumento do número de vagas. Um espaço que acomoda três automóveis poderá acomodar até quatro, com os sistemas automatizados;
- e) Não há necessidade de rampas ou escadas ou elevadores, já que não há a circulação de veículos ou pedestres no interior do edifício;
- f) Não há necessidade de condicionamento de ar ou, mesmo, ventilação;
- g) Redução do custo com pessoal e com seguro.

Por se tratar de um sistema onde a modulação é fundamental para o seu desenvolvimento, e por ser uma edificação totalmente industrializada, é grande a racionalização dos perfis de estrutura metálica.

Por ter poucos componentes distintos (vigas, pilares, contraventamento, etc), este tipo de edificação pode ser montado com grande rapidez e simplicidade, já que os seus componentes estruturais são relativamente leves. Para isto bastaria a utilização de um pequeno guindaste montado sobre um caminhão. Também deve-se notar que a maioria das ligações mais complexas dos componentes estruturais seriam feitas em fábrica, limitando-se às ligações parafusadas para o local da obra.

Como foi apresentado no CAPÍTULO VI - Desenvolvimento dos módulos, a relação da área construída/área de vagas, é extremamente reduzida, chegando a 11,27 m² no caso do Sistema Módulo Duplo-4. Estes valores só podem ser atingidos com a utilização destes tipos de sistemas modulados. Vale ressaltar o estudo de caso apresentado no CAPÍTULO VII - Estudos de casos, no tópico 7.2, que aborda a implantação deste tipo de sistema em um terreno urbano, como o da Praça Rui Barbosa, em Belo Horizonte - MG. Neste caso, verificou-se que as vantagens vão além da diminuição do consumo de concreto ou do movimento de terra. É visível que tal sistema modulado poderia ser implantado em áreas muito pequenas, reduzindo assim a interferência urbana que poderiam ocorrer.

Também ficou evidente que, em determinados casos, somente os edifícios garagens com sistemas modulados atenderão às exigências de estacionamento em áreas urbanas extremamente adensadas, como é o caso apresentado também no CAPÍTULO VII - Estudos de casos, no tópico 7.3, que aborda a implantação de

garagens com sistemas modulados em lotes urbanos. Neste estudo de caso verificou-se que, nesta situação específica onde não existe grandes disponibilidade de terrenos, os sistemas modulados aumentarão de forma satisfatória a densidade de áreas construídas destinadas ao estacionamento de veículos.

8.1 Limites do presente estudo

Esta dissertação limitou-se a apresentar os problemas urbanos relacionados ao abrigo dos veículos automotores, apresentando soluções para os Sistemas Modular e Automatizado em estrutura metálica. Devido à complexidade das variáveis urbanas envolvidas em cada situação de implantação do edifício garagem, este trabalho não aborda os problemas relacionados à engenharia de tráfego urbano ou mesmo os sistemas de transporte urbanos, coletivos ou alternativos.

8.2 Sugestões para trabalhos futuros

Diante da variada gama de possibilidades de acoplamentos e de soluções construtivas para os Sistemas de Estacionamentos Modular Automatizado (*MAPS - Modular Automated Parking Systems*), e, em relação a suas implicações, este trabalho sugere que determinados temas abordados poderão servir como pontos de partida para novas pesquisas, conforme os itens a seguir.

8.2.1 Em relação ao impacto urbano

Devido à complexidade dos centros urbanos e de suas peculiaridades, qualquer implantação de um sistema de estacionamento modulado automatizado implicará em uma revisão da legislação urbana que aborda a implantação deste tipo de edifício, juntamente com as implicações diretas ao trânsito nas regiões abordadas. Necessariamente, grandes empreendimentos devem ser contemplados com estudos que envolvem a engenharia de tráfego.

A possibilidade de implantação dos Sistemas de Garagens Automatizadas em lotes vagos entre edifícios representa uma solução que atende de imediato às

necessidades de estacionamentos, já que este é o caso mais comum na região central de cidades como Belo Horizonte - MG.

Ainda é grande o número de lotes com 10,00, 12,00 e 15,00m de frente, sendo que os lotes com 15,00m de frente são os mais indicados para a instalação deste tipo de sistema. Atualmente os terrenos de 15,00 x 30,00m utilizados como estacionamentos pagos, têm uma capacidade aproximada de 22 vagas. No caso da implantação de um sistema modulado de garagem, esta capacidade poderia ser de 192 à 240 vagas, dependendo do número de pavimentos utilizados e da quantidade de módulos por pavimento, ou seja, uma maximização do número de vagas em mais de 1000% na utilização destes terrenos.

Em outra situação hipotética, considerando-se um antigo edifício de 8 andares, poder-se-ia implantar com a mesma altura um novo sistema de garagem de até 10 pavimentos, abrigando dois veículos por pavimento junto a uma fachada cega deste edifício, acrescentando até 19 novas vagas à antiga edificação. Dependendo da situação e do espaço disponível, esta estrutura pode se repetir por toda a extensão da fachada, aumentando em muito o número de vagas disponíveis.

A implantação de edifícios garagens subterrâneas sob vias públicas e praças também deve ser considerado, como já ocorre em vários outros países (Figura 5.12 - Sistema subterrâneo Trevipark em Cesena - Itália), inclusive com sua integração com ônibus e trens metropolitanos. Estas novas garagens poderiam ter a sua administração feita por concessão pública.

Deve-se ressaltar também que, com a implantação de sistemas modulares de vários níveis, as áreas impermeabilizadas serão muito menores, já que são relativamente pequenos os terrenos para a sua implantação, se comparados com o número de vagas disponibilizadas.

Portanto, para atender a algumas das possibilidades apresentadas nesta dissertação, deverão ser criados instrumentos legais que permitam contemplar a real situação dos antigos edifícios do centro das grandes cidades, permitindo que estas soluções técnicas sejam implantadas, dando nova vida a estes edifícios.

Finalmente, torna-se necessário prever em futuros planos diretores, de ordenamento e de urbanismo das cidades, a integração com ônibus e trens metropolitanos com os espaços destinados ao estacionamento de veículos.

8.2.2 Em relação à engenharia civil e à automação

O conhecimento e domínio de novas tecnologias empregadas em Sistemas de Estacionamento Modular Automatizado permitirão novas abordagens em soluções de engenharia e arquitetura.

O sistema construtivo proposto por este trabalho apresenta uma estrutura sem a necessidade de nenhum tipo de vedação tanto para paredes ou pisos. Pelas próprias características da edificação, também não se fazem necessários grandes e dispendiosos sistemas de proteção contra incêndios. Em trabalhos futuros, poderá ser verificado em ensaios de laboratórios o comportamento da estrutura às solicitações diversas e, mesmo, em situações de incêndio.

Em relação à automação, este sistema está intrinsecamente ligado à área de robótica e mecatrônica, já que para o seu funcionamento é fundamental que todo o sistema seja acionado por motores elétricos controlados por computadores.

É natural que seja feita uma relação deste tipo de sistema com os sistemas extremamente automatizados, utilizados nos grandes depósitos atacadistas, já que seus princípios são os mesmos. A diferença fundamental reside na escala, já que envolve o manuseio e transporte de automóveis com o comprimento de aproximadamente 5,00m e com até 2000kg. As propostas dos edifícios garagens apresentadas neste trabalho têm de dois a cinco módulos sobrepostos, ou seja, de quatro a dez pavimentos, não havendo impedimento para que sejam montados com até 20 pavimentos.

9 Anexos

9.1 Anexo 1 - Lei de Uso e Ocupação do Solo Urbano

Lei nº 7166 de 27-08-1996

Lei de Uso e Ocupação do Solo Urbano de Belo Horizonte

CAPÍTULO IV - DA OCUPAÇÃO DO SOLO

Seção II - Dos parâmetros Urbanísticos

Subseção X - Das Áreas de Estacionamento

Art. 61 - O número mínimo de vagas destinadas a estacionamento de veículos é calculado segundo o disposto no Anexo VIII.

Parágrafo único - Ficam excluídas da exigência contida neste artigo:

I - as habitações unifamiliares;

II - a unidade não residencial com área de até 60 m² (sessenta metros quadrados), situada em terreno onde exista, além dela, somente uma edificação de uso residencial;

III - os templos e os locais de culto.

Art. 62 - Devem dispor de pista de acumulação interna, junto à entrada e ao nível do logradouro, de acordo com o Anexo IX, os acessos a:

I - edificações de uso não residencial com mais de 60 (sessenta) vagas de estacionamento;

II - edificações de uso misto com mais de 60 (sessenta) vagas de estacionamento, excluídas as relativas à parte residencial;

III - estacionamentos de veículos abertos ao público;

IV - edifícios-garagem.

Parágrafo único - O cálculo do número de vagas previsto nos incisos I e II é feito de acordo com o previsto no artigo anterior.

9.2 Anexo 2 - Lei de Uso e Ocupação do Solo Urbano

Lei nº 7166 de 27-08-1996

Lei de Uso e Ocupação do Solo Urbano de Belo Horizonte

CAPÍTULO V - DOS USOS

Seção III - Da Localização dos Usos e do Funcionamento das Atividades

Art. 67 - A localização de usos não residenciais é disciplinada pela conjugação, definida no Anexo XI, da classificação de cada atividade, prevista no Anexo X, com a natureza da via pública, prevista no Anexo IV e a largura da via, obtida na planta cadastral.

§ 1º - Nas ZPs, não é admitida a localização de usos dos grupos II e III, exceto na ZP-1, mediante licenciamento ambiental pelo COMAM.

§ 2º - Para efeito de localização de usos, consideram-se arteriais as vias da ZCBH e da ZHIP.

§ 3º - Para efeitos de localização, as atividades não listadas no Anexo X devem ser classificadas pelo COMPUR, com fundamento em parecer técnico que avalie as repercussões no meio urbano.

§ 4º - A classificação referida no parágrafo anterior pode ser alterada por lei, respeitado o direito de permanência dos usos regularmente instalados.

§ 5º - As pré-escolas, os estabelecimentos de ensino de 1º e 2º grau, os pré-vestibulares e as unidades isoladas de escolas de ensino superior somente podem ser localizados em terrenos lindeiros a vias locais e coletoras secundárias.

§ 6º - Na ZHIP, somente são admitidos edifícios-garagem em terrenos lindeiros às avenidas dos Andradas, Olegário Maciel, Santos Dumont, Oiapoque e do Contorno.

§ 7º - Nas ADEs Residencial Central, do Estoril, do Mangabeiras, do Belvedere, do São Bento, da Cidade Jardim e da Pampulha, são permitidos os usos não residenciais que atendam o disposto na Lei nº 6.831, de 18 de janeiro de 1995.

Art. 68 - Nas edificações de uso misto com mais de três pavimentos, os usos residencial e não residencial devem estar separados por pilotis, acima dos quais somente poderá haver pavimento destinado ao uso residencial.

Art. 69 - O funcionamento de atividades é regulado pela legislação pertinente, estando sujeito, no caso das relativas aos usos dos grupos II e III, ao atendimento de medidas, a serem definidas em lei, que possibilitem amenizar as repercussões negativas provocadas, de acordo, dentre outros, com os seguintes critérios urbanísticos:

I - para as atividades atratoras de veículos leves:

- a) reserva de área para embarque e desembarque;
- b) previsão de número adicional de vagas de estacionamento;
- c) relocação e recuo do acesso de veículos à edificação;
- d) implantação de sinalização e equipamentos de controle de tráfego;
- e) alteração da geometria das vias;

II - para as atividades atratoras de veículos pesados:

- a) reserva de área para carga e descarga;
- b) previsão de área adicional para estacionamento;
- c) atendimento do previsto nas alíneas "c" e "d" do inciso anterior;

III - para as atividades atratoras de pessoas, reserva de área interna para filas;

IV - para as atividades que geram risco de segurança:

- a) aprovação de projeto específico de prevenção e combate a incêndios;
- b) implantação de sistema de alarme e segurança;

V - para as atividades geradoras de efluentes poluidores, odores, gases ou radiações ionizantes:

- a) tratamento da fonte poluidora por meio de equipamentos e materiais;
- b) implantação de programa de monitoramento;

VI - para as atividades geradoras de ruídos e vibrações, implantação de sistema de isolamento acústico ou de vibrações;

Parágrafo único - A lei de que trata o caput deve definir as repercussões de cada atividade, de acordo com o art. 66, bem como os padrões de emissão de poluentes e as medidas amenizadoras das repercussões negativas, considerando seu porte e suas características.

Art. 70 - São considerados usos do grupo III, além dos listados no Anexo X:

I - empreendimentos não residenciais com mais de 60 (sessenta) vagas de estacionamento;

II - empreendimentos mistos com mais de 60 (sessenta) vagas de estacionamento, excetuadas as correspondentes à parte residencial, calculadas de acordo com o art. 61.

Art. 71 - Está sujeito às disposições desta Seção o funcionamento de atividades em edificações em que seja exercida, ainda que por autônomo, atividade classificada como uso do grupo II ou III.

9.3 Anexo 3 - Lei de Uso e Ocupação do Solo Urbano

Lei nº 7166 de 27-08-1996

Lei de Uso e Ocupação do Solo Urbano de Belo Horizonte

ANEXO VIII

NÚMERO MÍNIMO DE VAGAS DE ESTACIONAMENTO

CATEGORIA DE USO	CLASSIFICAÇÃO DA VIA	TAMANHO DAS UNIDADES	NÚMERO DE VAGAS
Residencial Familiar	Ligação Regional / Arterial	-	1 vaga por unidade
-	-	Unidades m. ou=40m2	1 vaga por 3 unidades
-	Coletora/Local	40m2 m.unidade m.ou=60m2	2 vagas por 3 unidades
-	-	unidade M. ou = 60m2	1 vaga por unidade
Não Residencial	Ligação Regional / Arterial / Coletora	-	1 vaga para cada 50m2 de área líquida
-	Local	-	1 vaga para cada 75m2 de área líquida

OBS:
No caso de uso misto, o cálculo do número mínimo de vagas seguirá as regras:
-da categoria de uso residencial multifamiliar para a parte residencial;
-da categoria de uso não residencial para a parte residencial.

Nomenclatura:
m. = menor que
M. = Maior que

9.4 Anexo 4 - Lei de Uso e Ocupação do Solo Urbano

Lei nº 7166 de 27-08-1996

Lei de Uso e Ocupação do Solo Urbano de Belo Horizonte

ANEXO IX

FAIXA DE ACUMULAÇÃO DE VEÍCULOS

ÁREA DE ESTACIONAMENTO	COMPRIMENTO DA FAIXA DE ACUMULAÇÃO (em metros)	NÚMERO DE FAIXAS
Até 1.000	5	1
De 1.001 a 2.000	10	1
De 2.001 a 5.000	20	1
De 5.001 a 10.000	15	2
Mais de 10.000	25	2

9.5 Anexo 5 - Código de Obras

Decreto Lei nº 84 de 21-12-40

Prefeitura Municipal de Belo Horizonte

Secretaria Municipal de Regulação Urbana - SMRU

13 - Garagens:

Art. 226 - As garagens para fins comerciais, além do que mandem outras disposições aplicáveis deste Regulamento, obrigatoriamente terão:

a) construção inteiramente de material incombustível, só se tolerando o emprego de material combustível em caibros, ripas da cobertura e esquadrias;

b) em toda a superfície coberta, o piso asfaltado ou revestido por uma camada de dez centímetros (0,10 m), pelo menos, de concreto, ou por uma calçada de paralelepípedos, com as juntas tomadas com argamassa de cimento;

c) as paredes revestidas, até dois metros (2 m) de altura, de argamassa de cimento, de ladrilhos ou azulejos;

d) a parte destinada à permanência de veículos, inteiramente separada das demais dependências - administração, depósitos, almoxarifado etc. - por meio de paredes construídas de material incombustível;

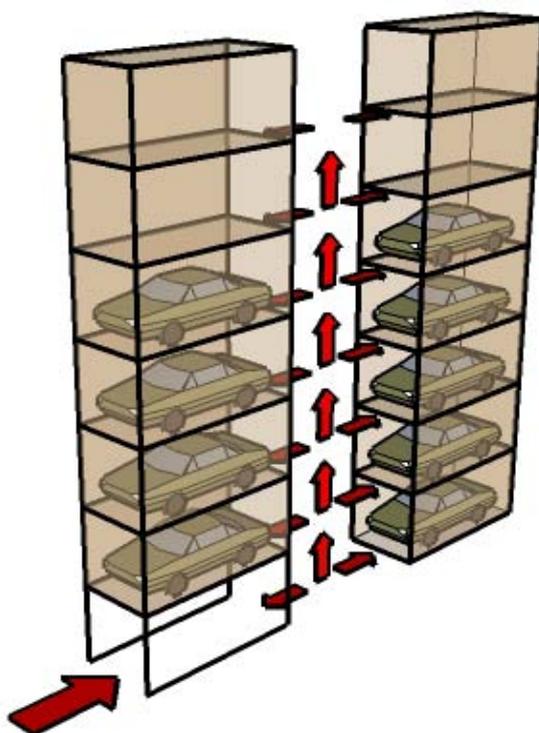
e) pé direito mínimo de três metros (3 m), na parte destinada a depósitos de veículos, devendo satisfazer em tudo, nas demais dependência - administração, depósito, oficinas etc. - as exigências deste Regulamento que lhes forem aplicáveis;

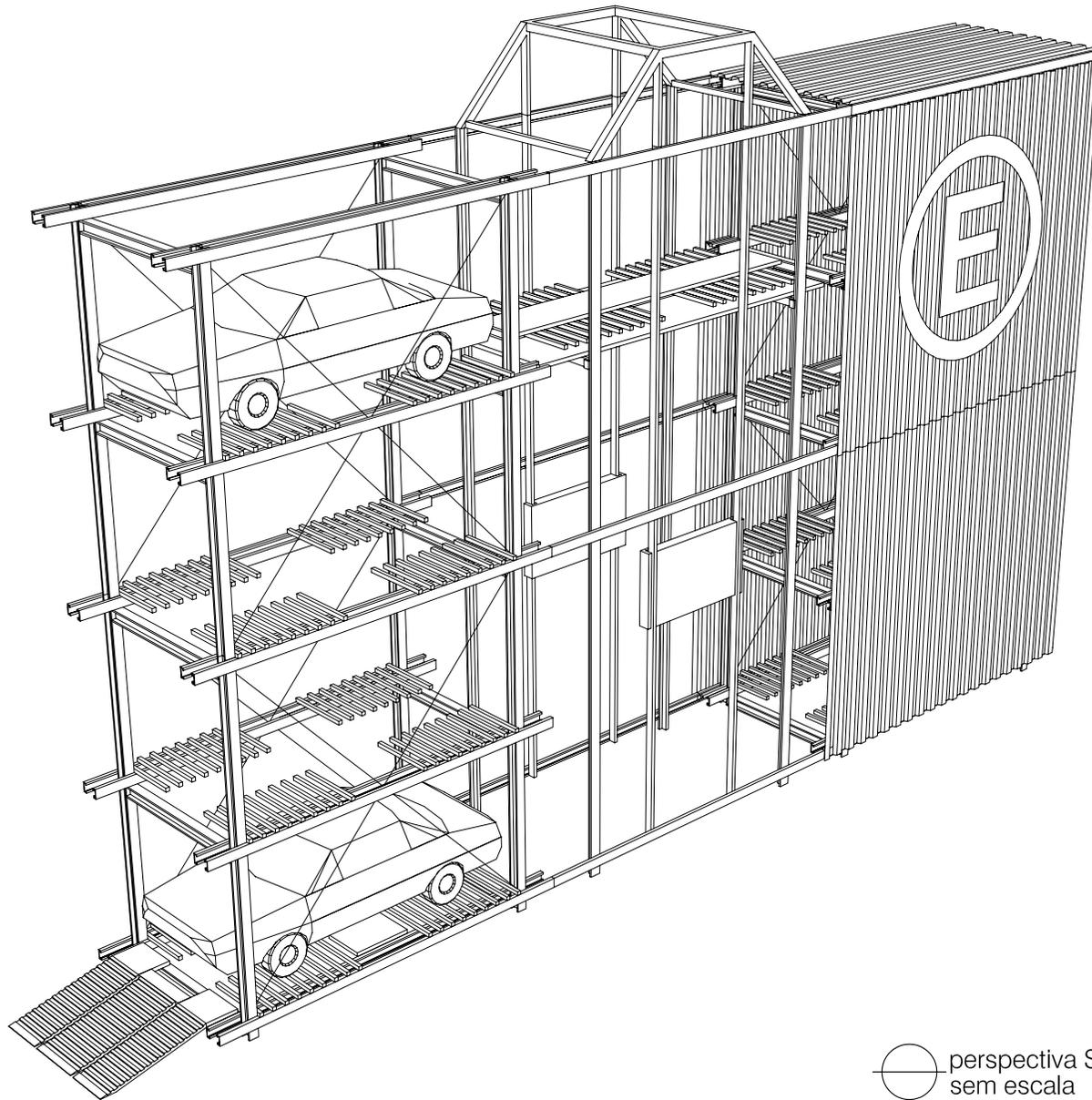
f) instalações sanitárias subdivididas em latrinas e mictórios, separados , para cada indivíduo, e bem assim chuveiros para banho, tudo na razão de uma latrina e um chuveiro para cada grupo de quinze (15) pessoas de permanência efetiva na garagem;

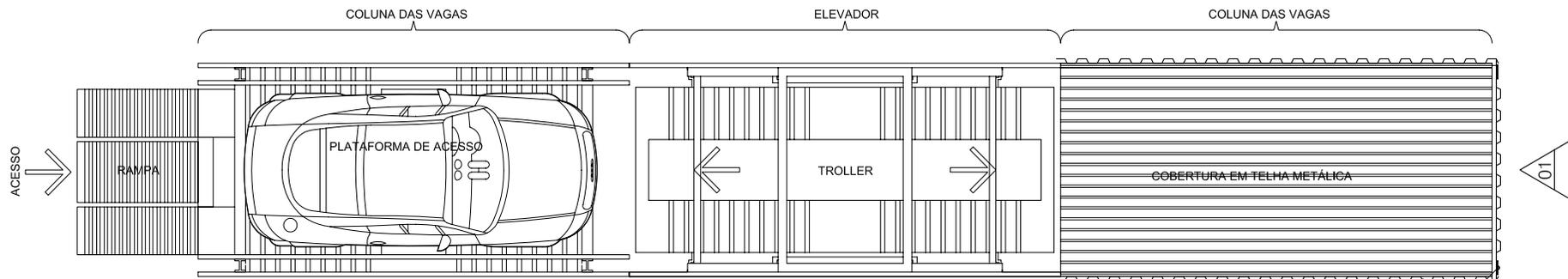
g) ralos em quantidade e situação convenientes, para o escoamento das águas de lavagem, que não poderão, em caso algum, ser descarregadas diretamente no logradouro;

h) instalação conveniente contra incêndio.

9.6 Anexo 6 - Projeto arquitetônico Sistema Módulo Lateral-2

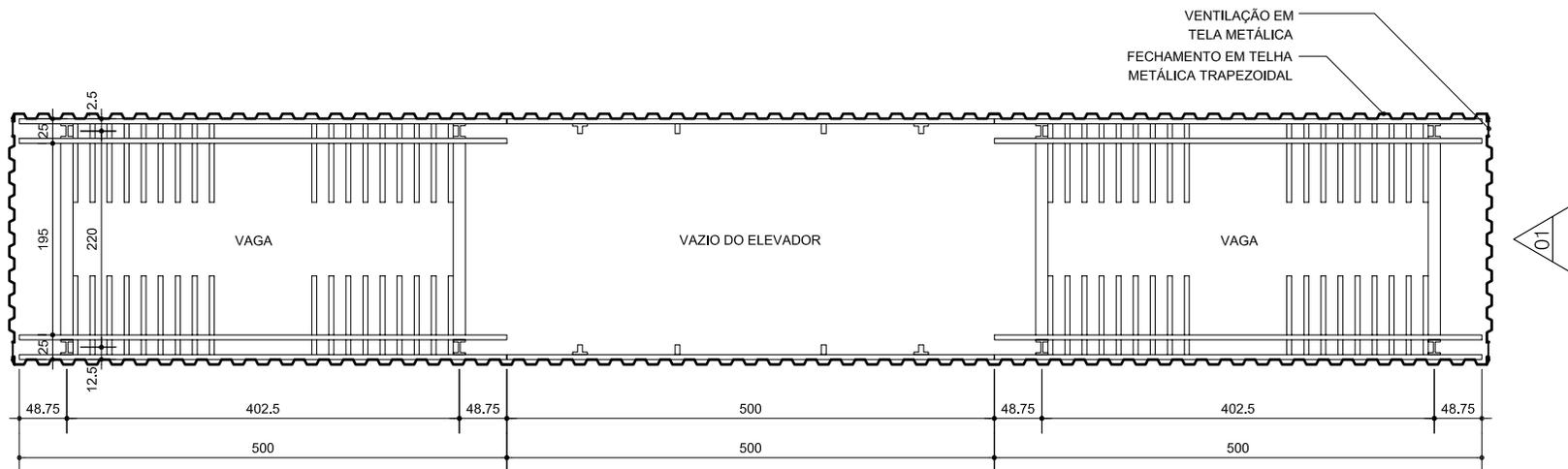






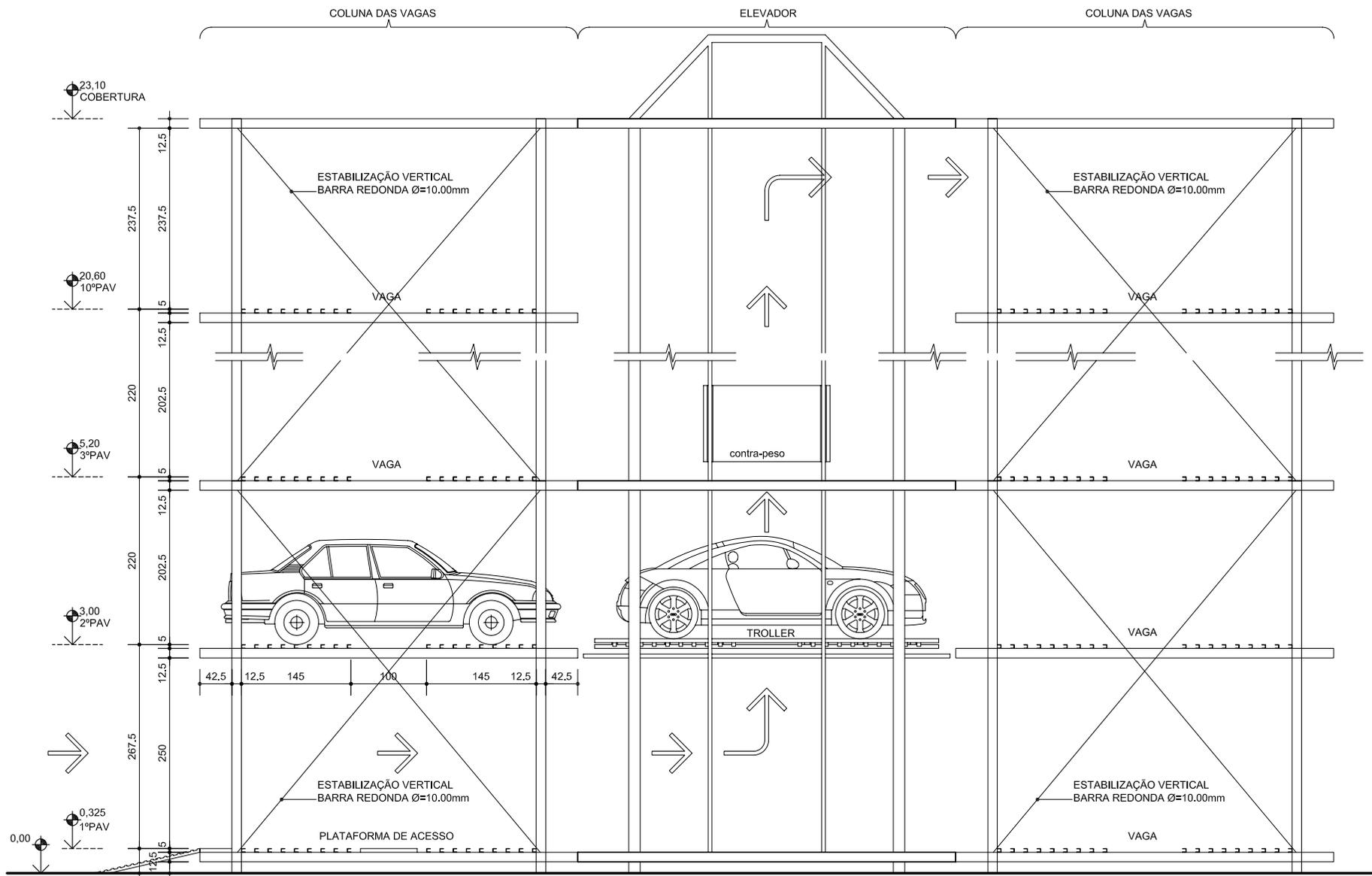

 planta Sistema Módudo Lateral - 2
 escala 1/75 PARCIAL E COM FECHAMENTO

FECHAMENTO EM TELHA
 METÁLICA TRAPEZOIDAL
 VENTILAÇÃO EM
 TELA METÁLICA

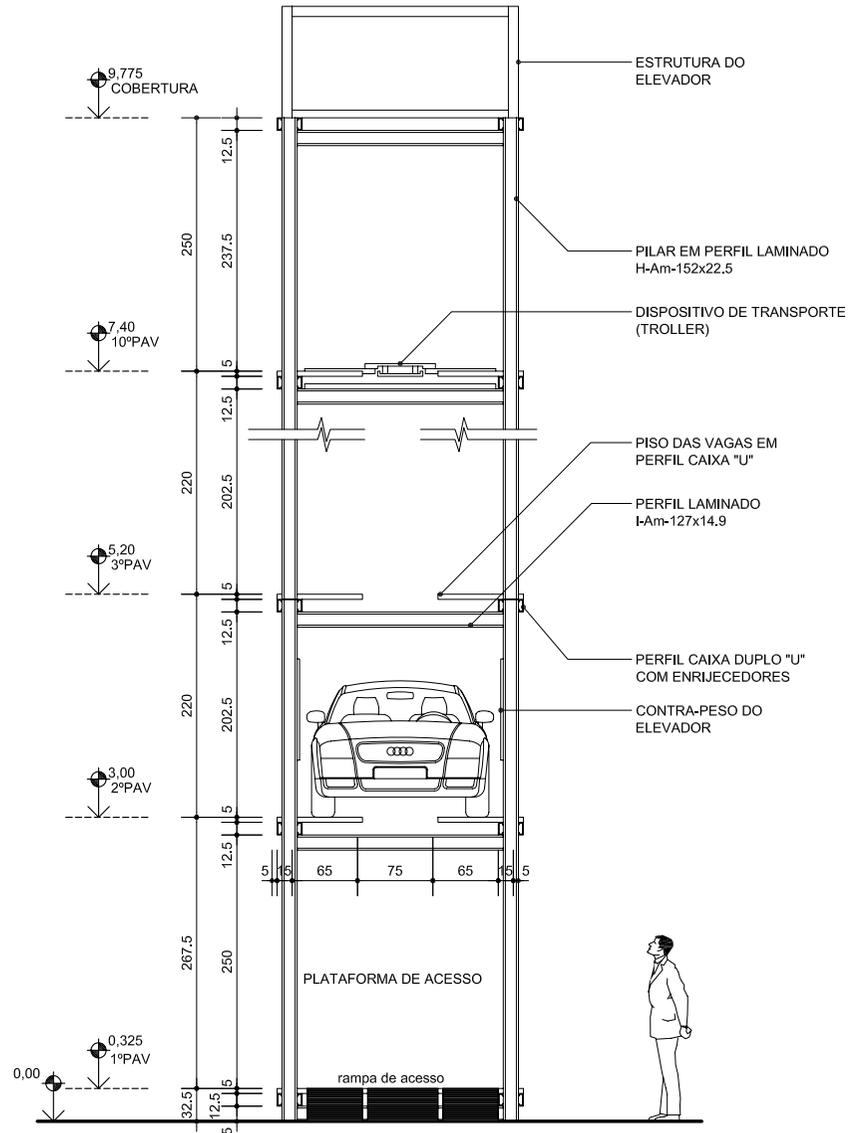


VENTILAÇÃO EM
 TELA METÁLICA
 FECHAMENTO EM TELHA
 METÁLICA TRAPEZOIDAL

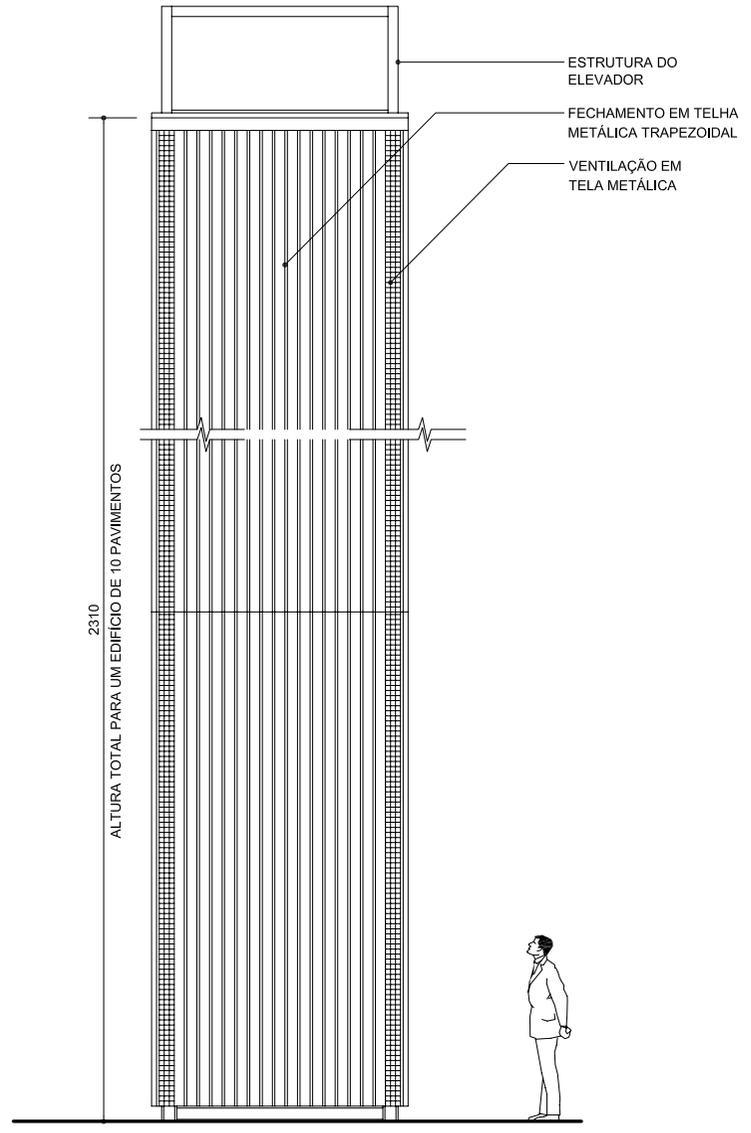

 planta Sistema Módudo Lateral - 2
 escala 1/75 PAVIMENTO TIPO COM FECHAMENTO




 elevação 02 - Sistema Módulo Lateral - 2
 escala 1/75 SEM FECHAMENTO

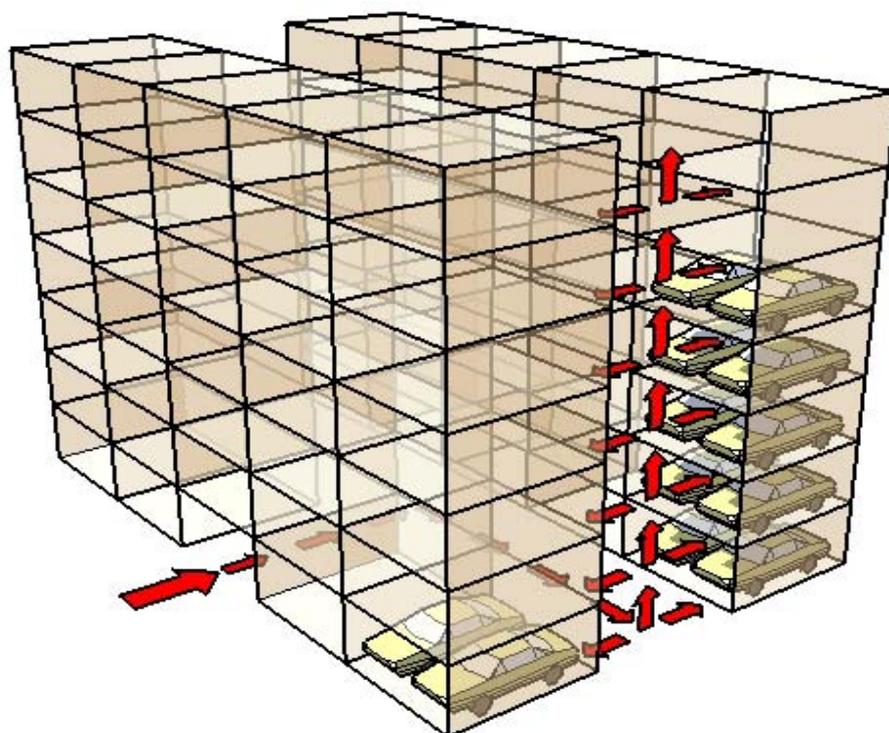


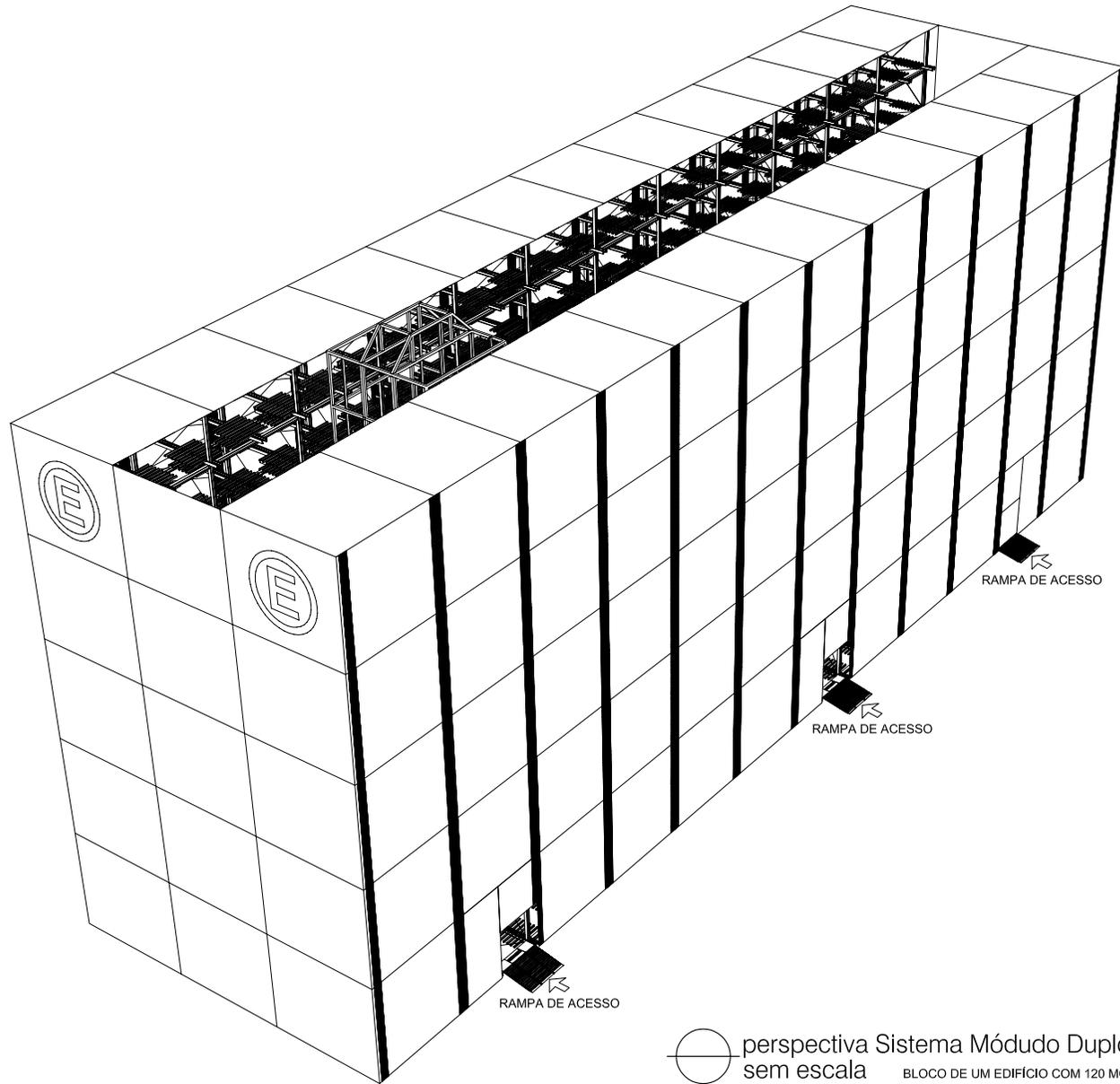
elevação 01 - Sistema Módudo Lateral - 2
 escala 1/75 SEM FECHAMENTO



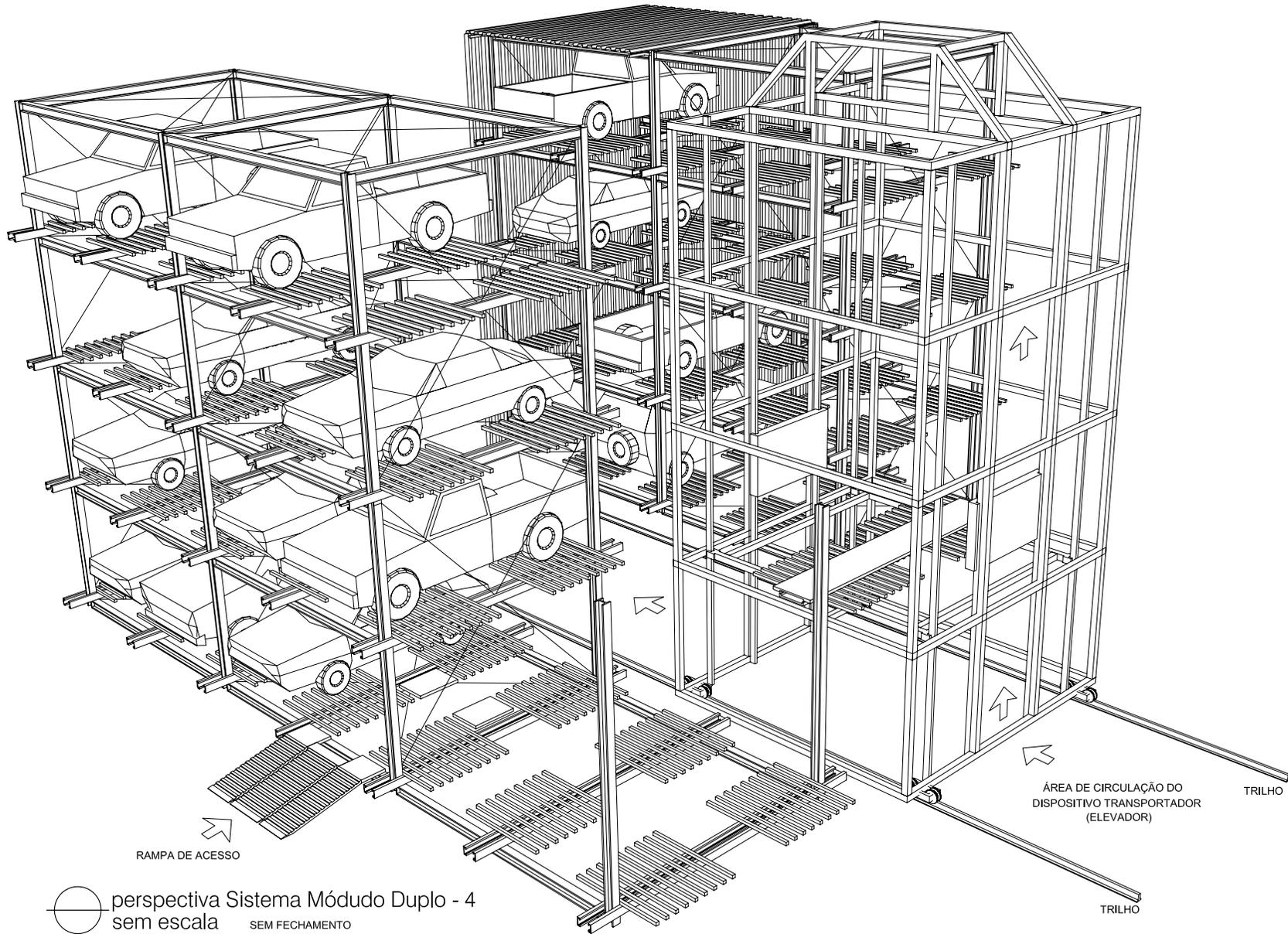
elevação 01 - Sistema Módudo Lateral - 2
 escala 1/75 COM FECHAMENTO

9.7 Anexo 7 - Projeto arquitetônico Sistema Módulo Lateral-4

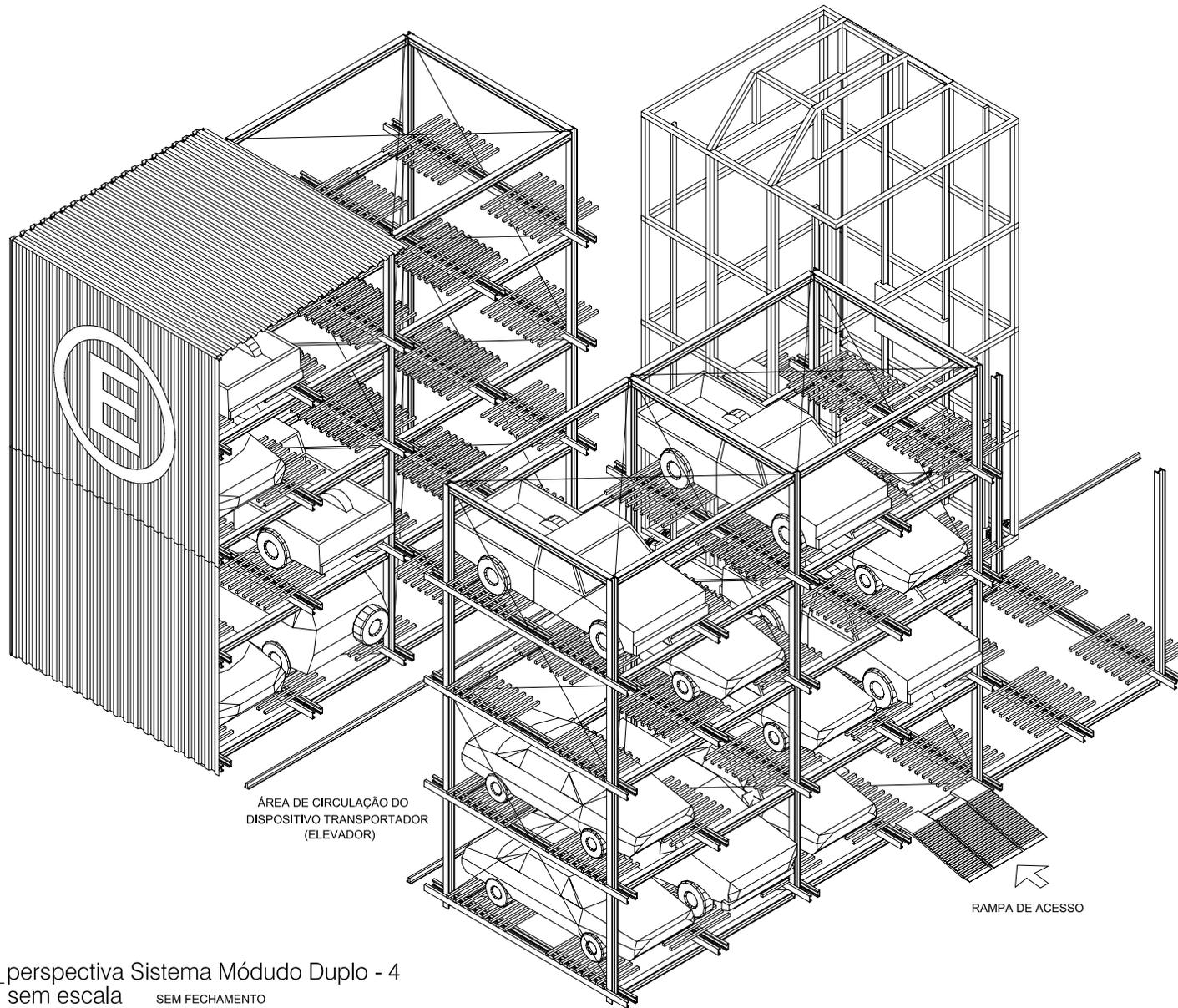




perspectiva Sistema Módudo Duplo - 4
sem escala BLOCO DE UM EDIFÍCIO COM 120 MÓDULOS



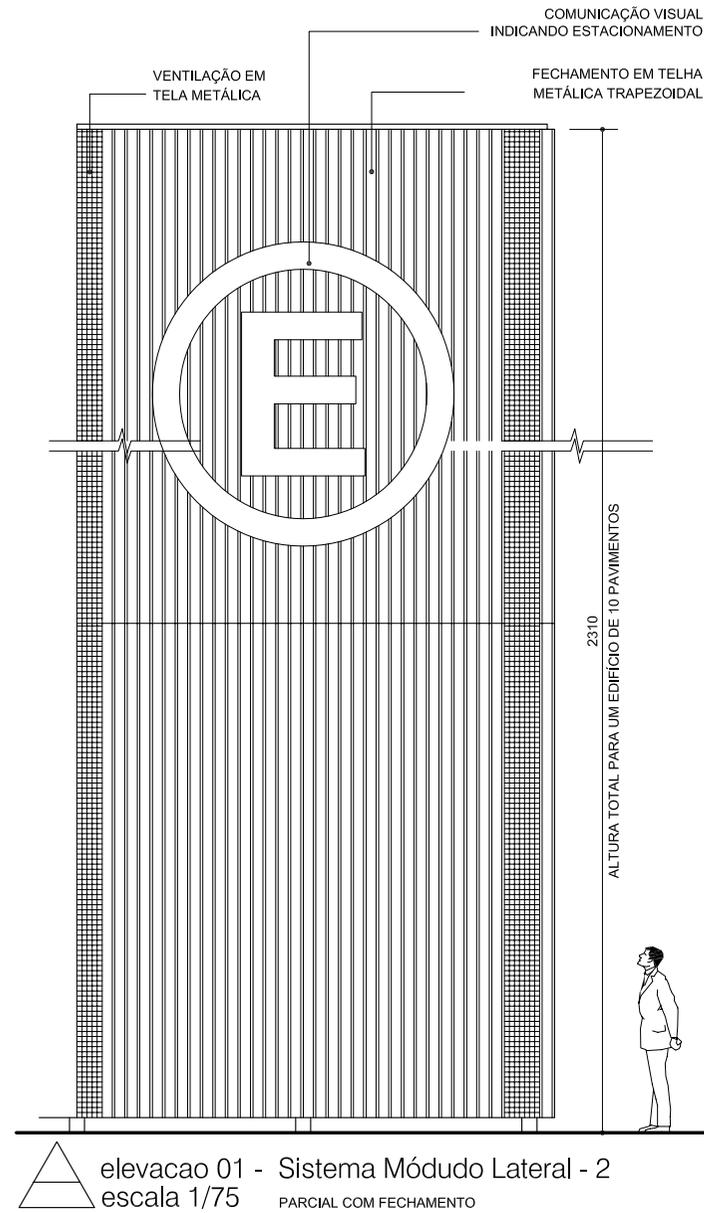
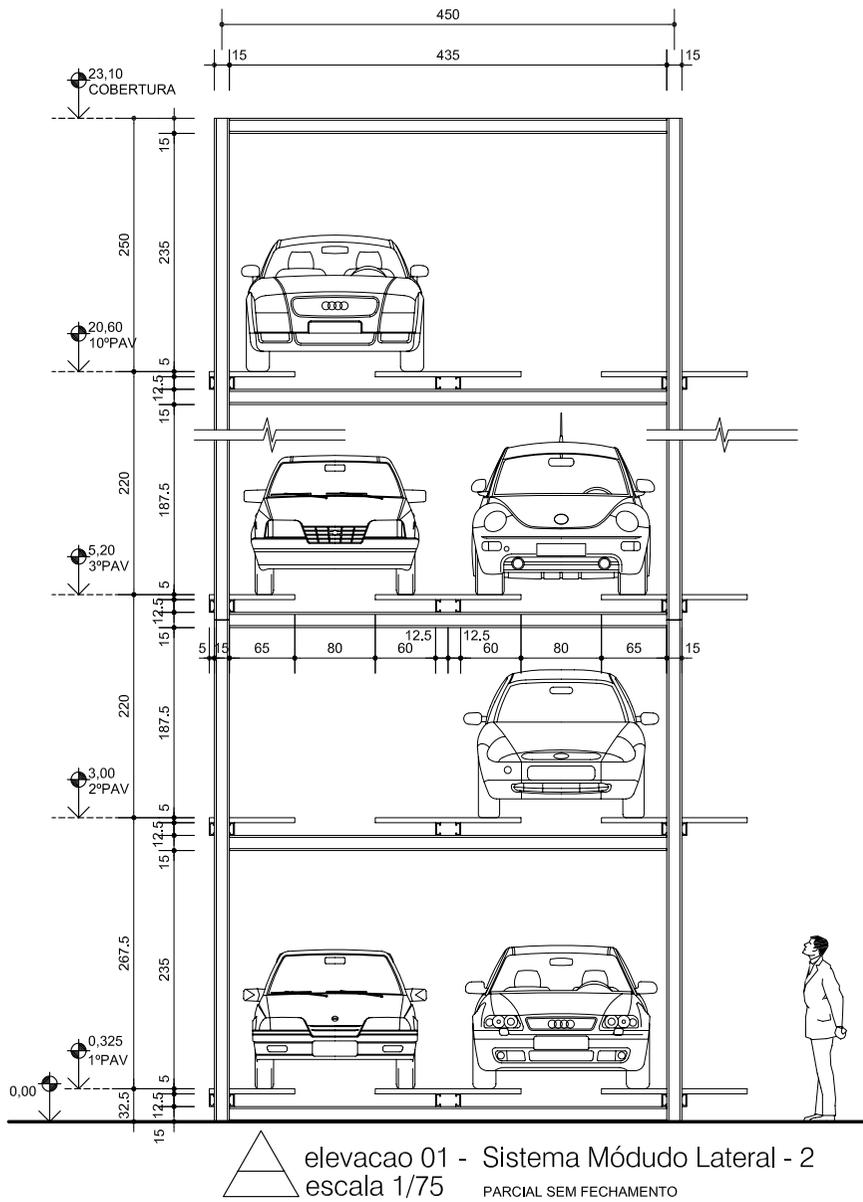
perspectiva Sistema Módulo Duplo - 4
 sem escala SEM FECHAMENTO

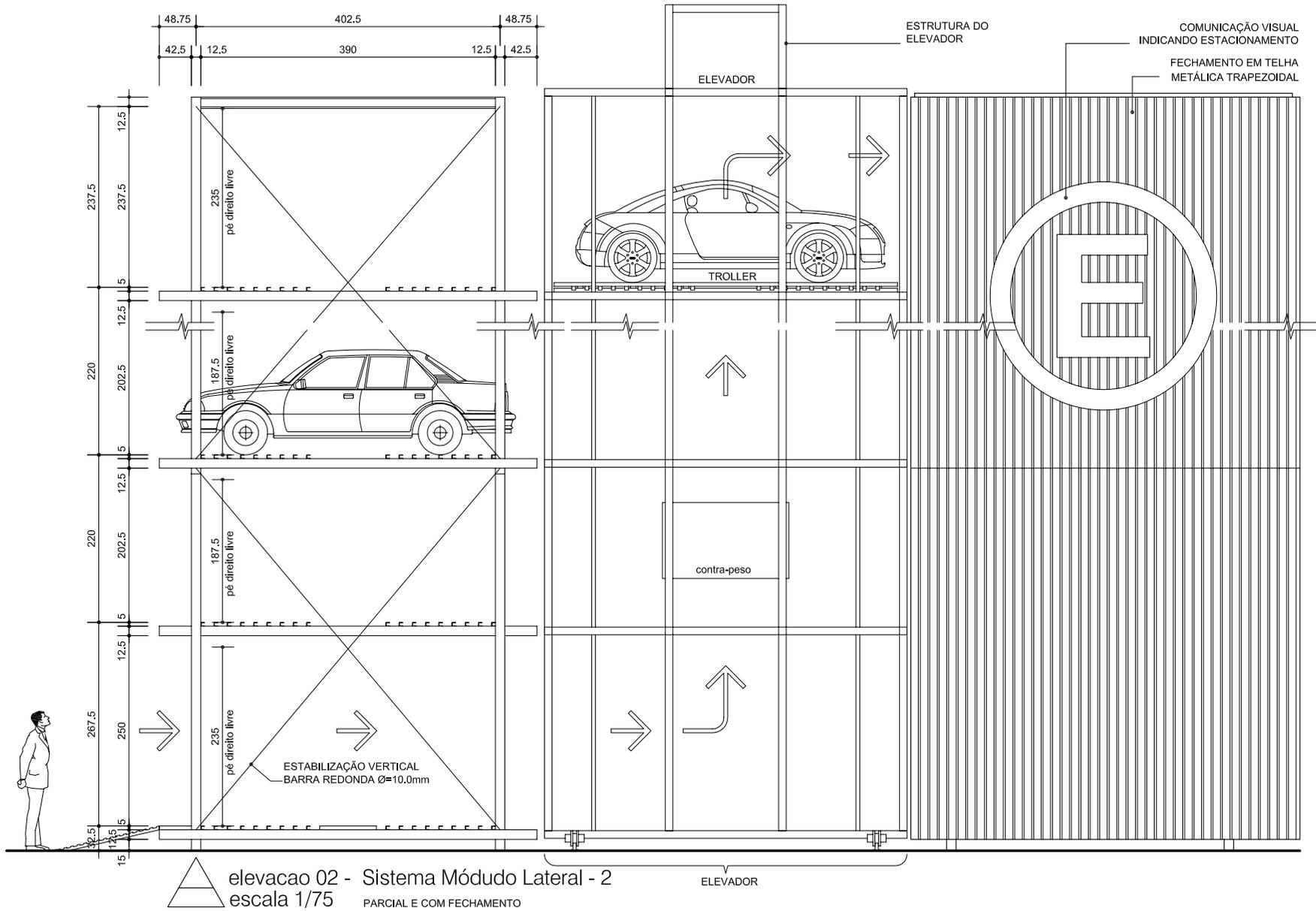


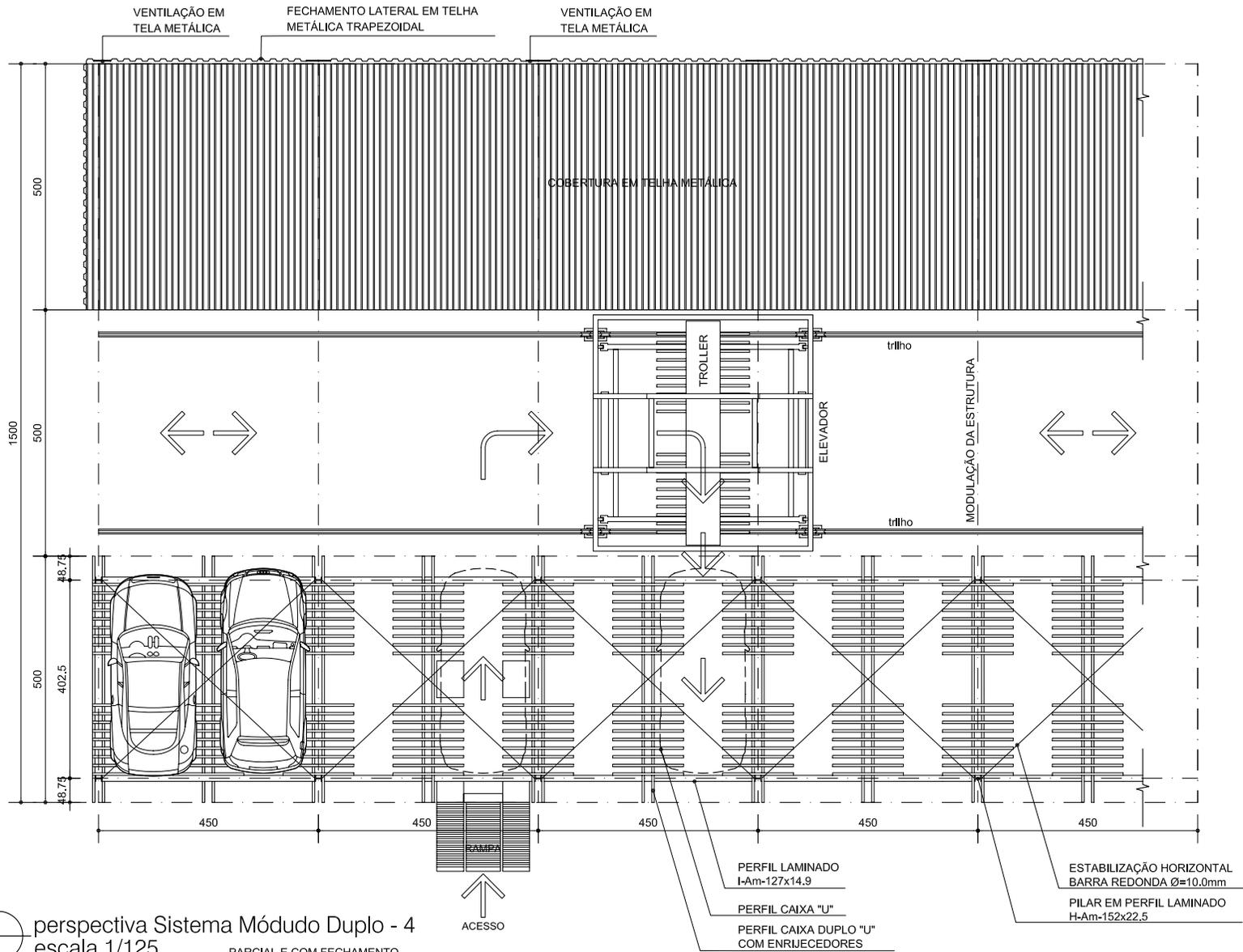
ÁREA DE CIRCULAÇÃO DO
DISPOSITIVO TRANSPORTADOR
(ELEVADOR)

RAMPA DE ACESSO

perspectiva Sistema Módulo Duplo - 4
sem escala SEM FECHAMENTO

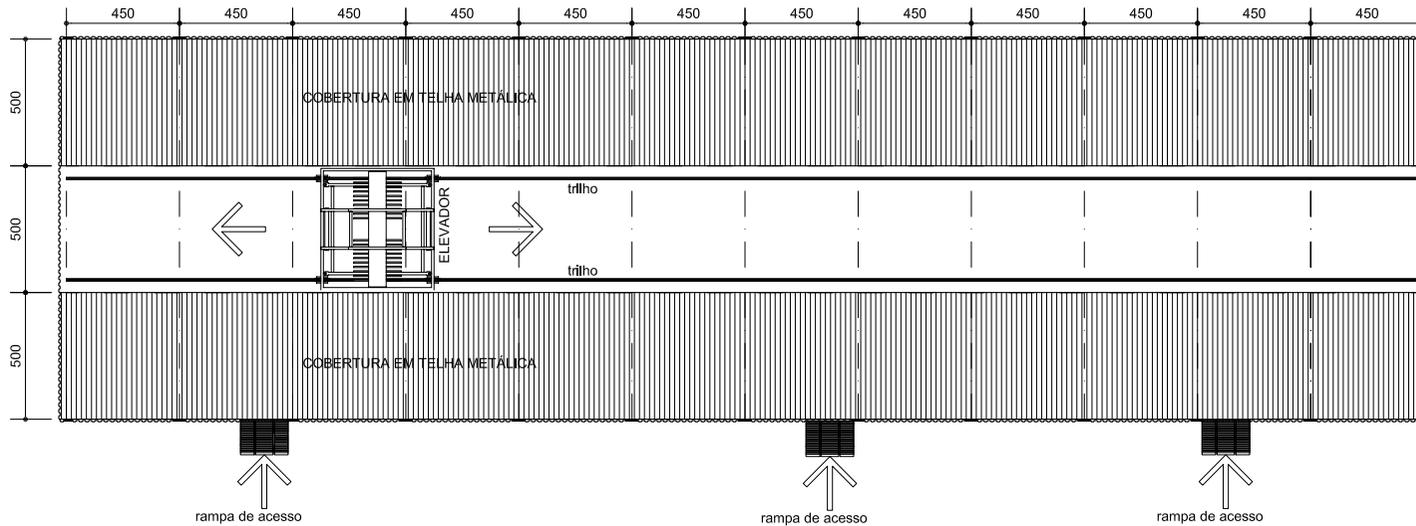




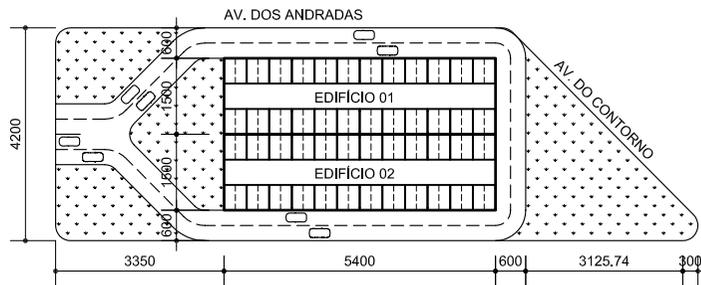


perspectiva Sistema Módulo Duplo - 4
 escala 1/125

PARCIAL E COM FECHAMENTO

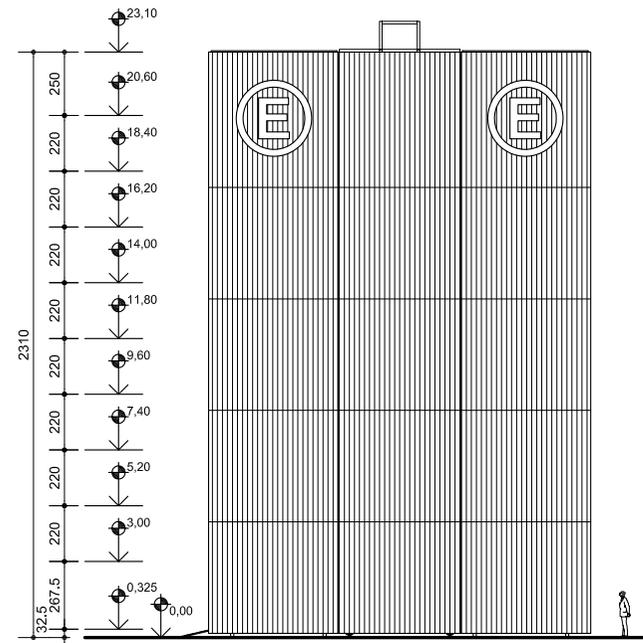



 planta Sistema Módudo Duplo - 4
 escala 1/300
 BLOCO DE UM EDIFÍCIO COM 120 MÓDULOS
 (24 MÓDULOS POR PAVIMENTO)

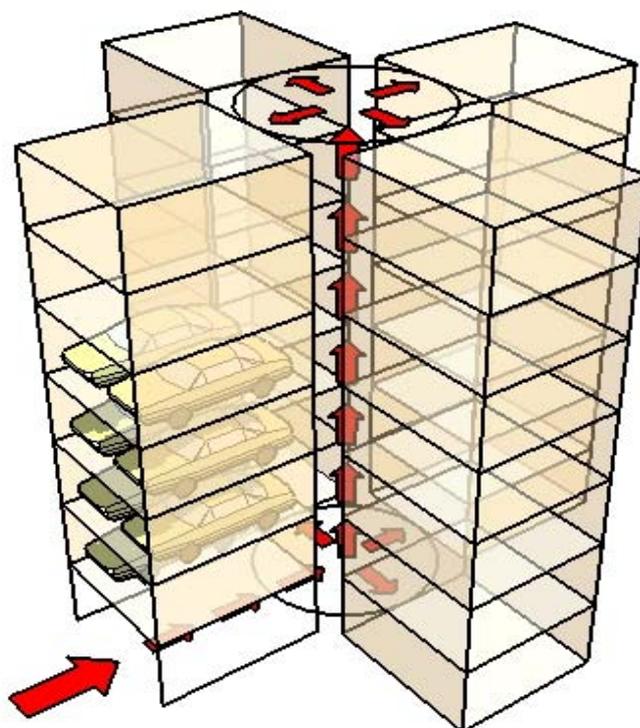


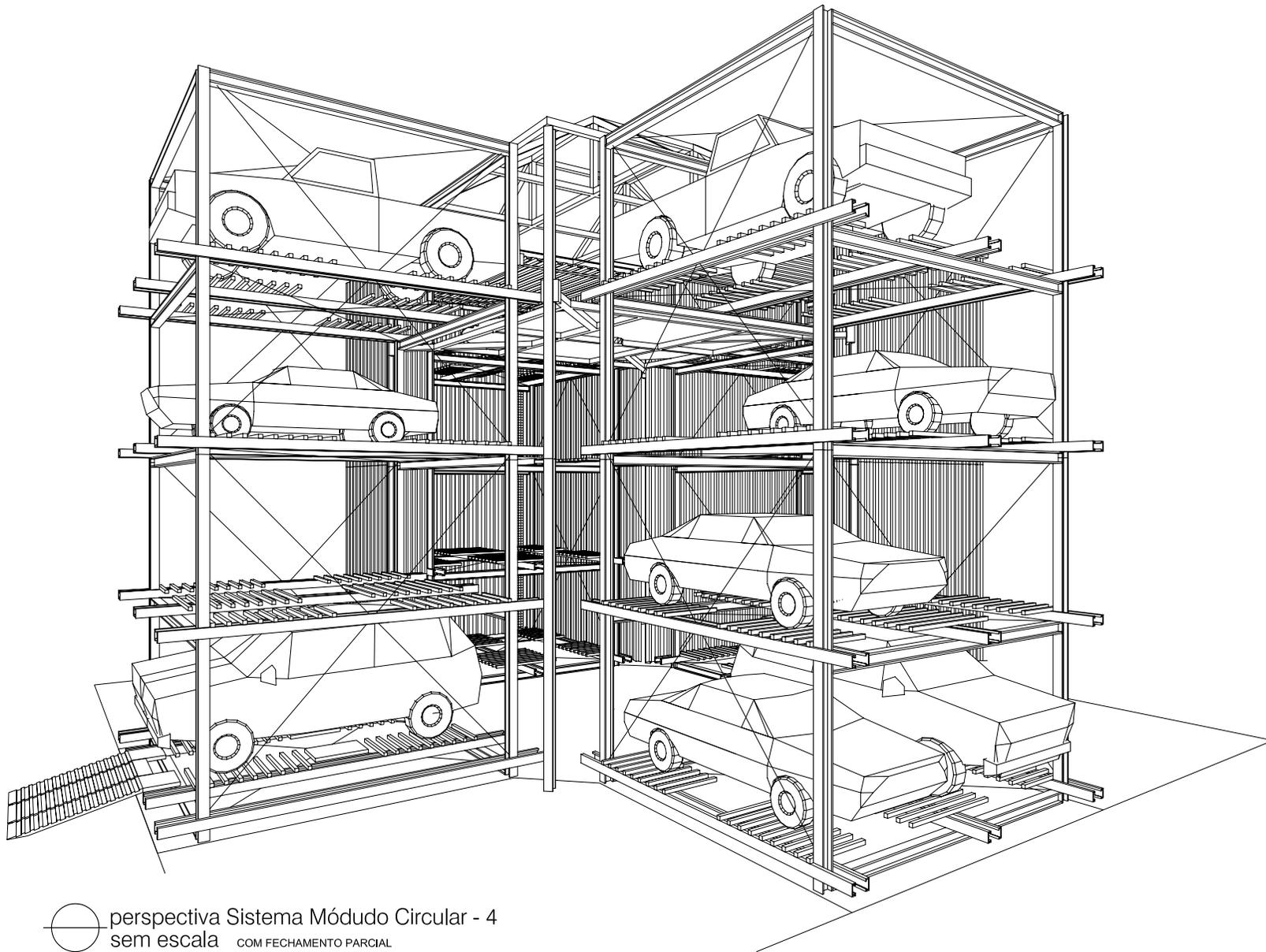

 implantação Sistema Módudo Duplo - 4
 escala 1/300
 IMPLANTAÇÃO DE DOIS BLOCO DE EDIFÍCIO COM 240 MÓDULOS NO
 TERRENO DO MUSEU DE ARTE DE BELO HORIZONTE


 elevação 01
 escala 1/300
 BLOCO DE UM EDIFÍCIO COM 120 MÓDULOS
 E 10 PAVIMENTOS

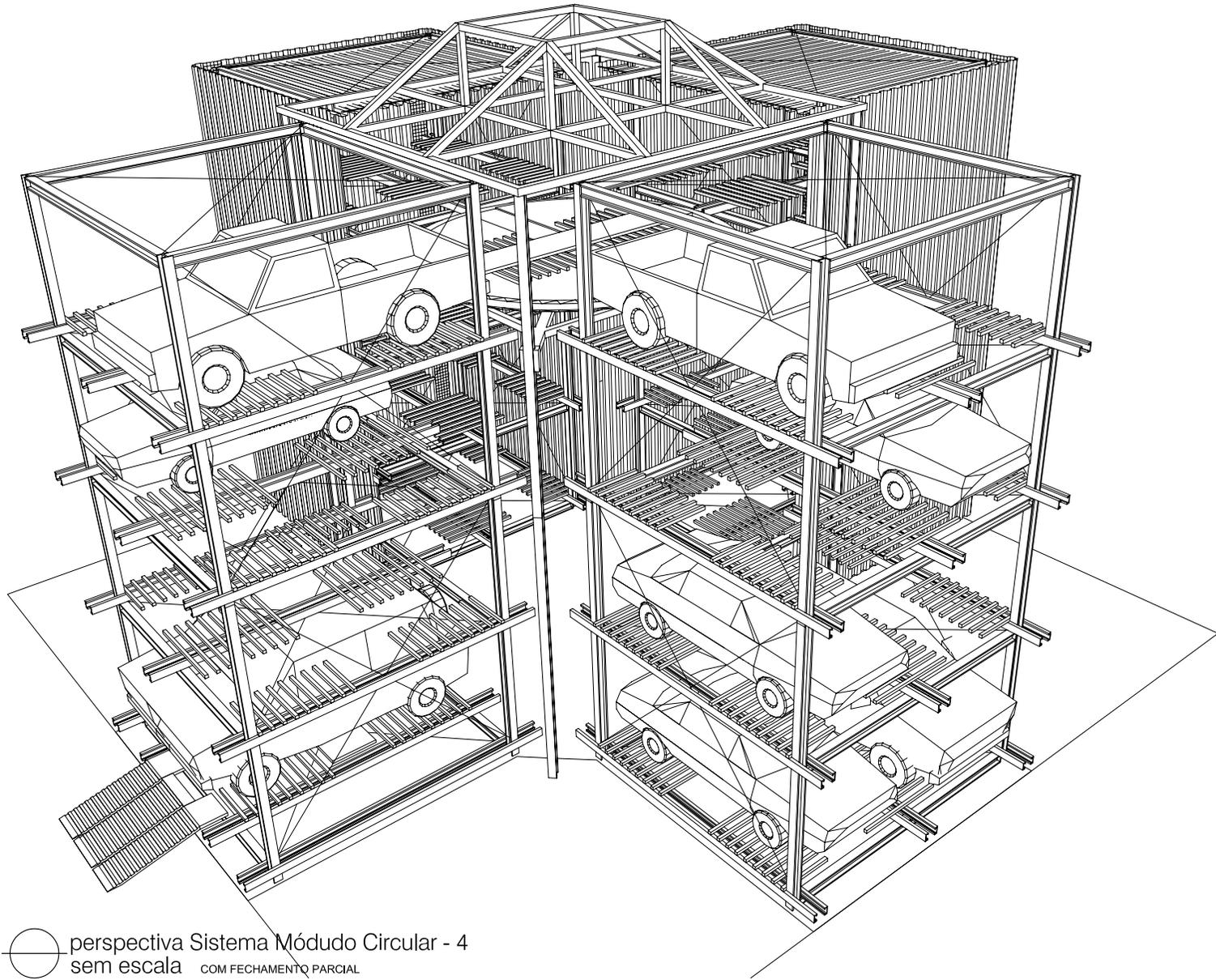


9.8 Anexo 8 - Projeto arquitetônico Sistema Módulo Circular-4

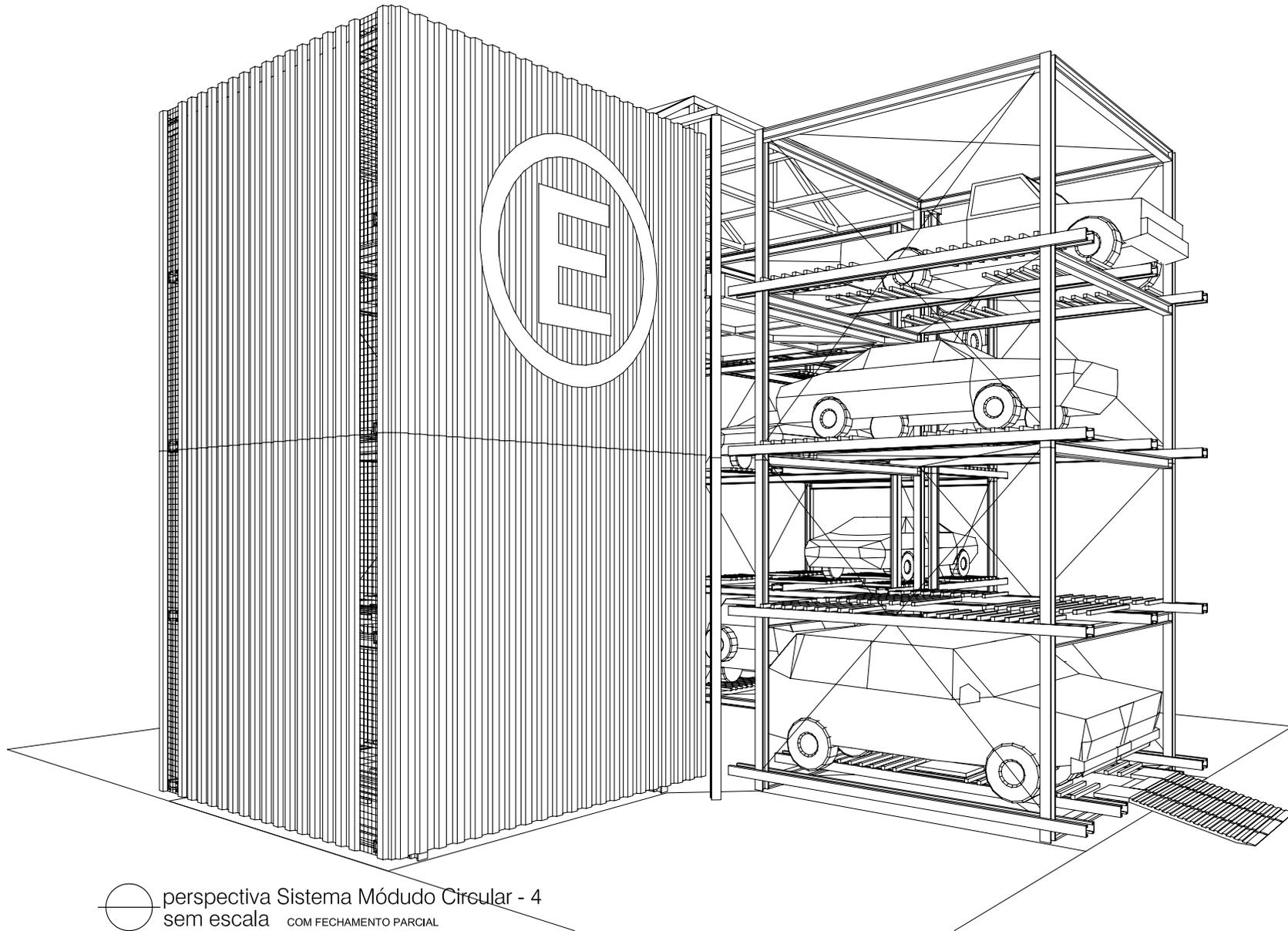




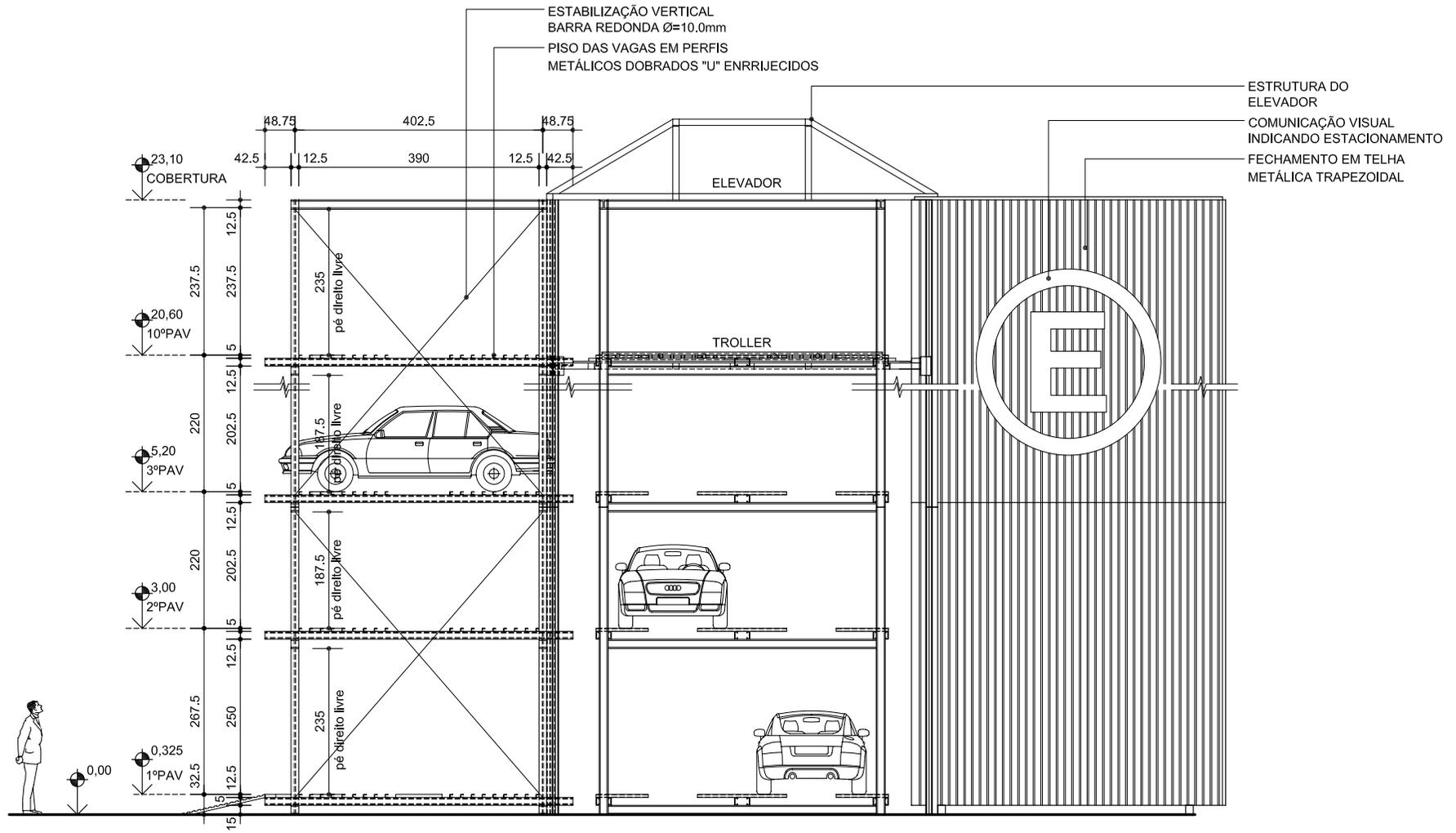
perspectiva Sistema Módudo Circular - 4
sem escala COM FECHAMENTO PARCIAL



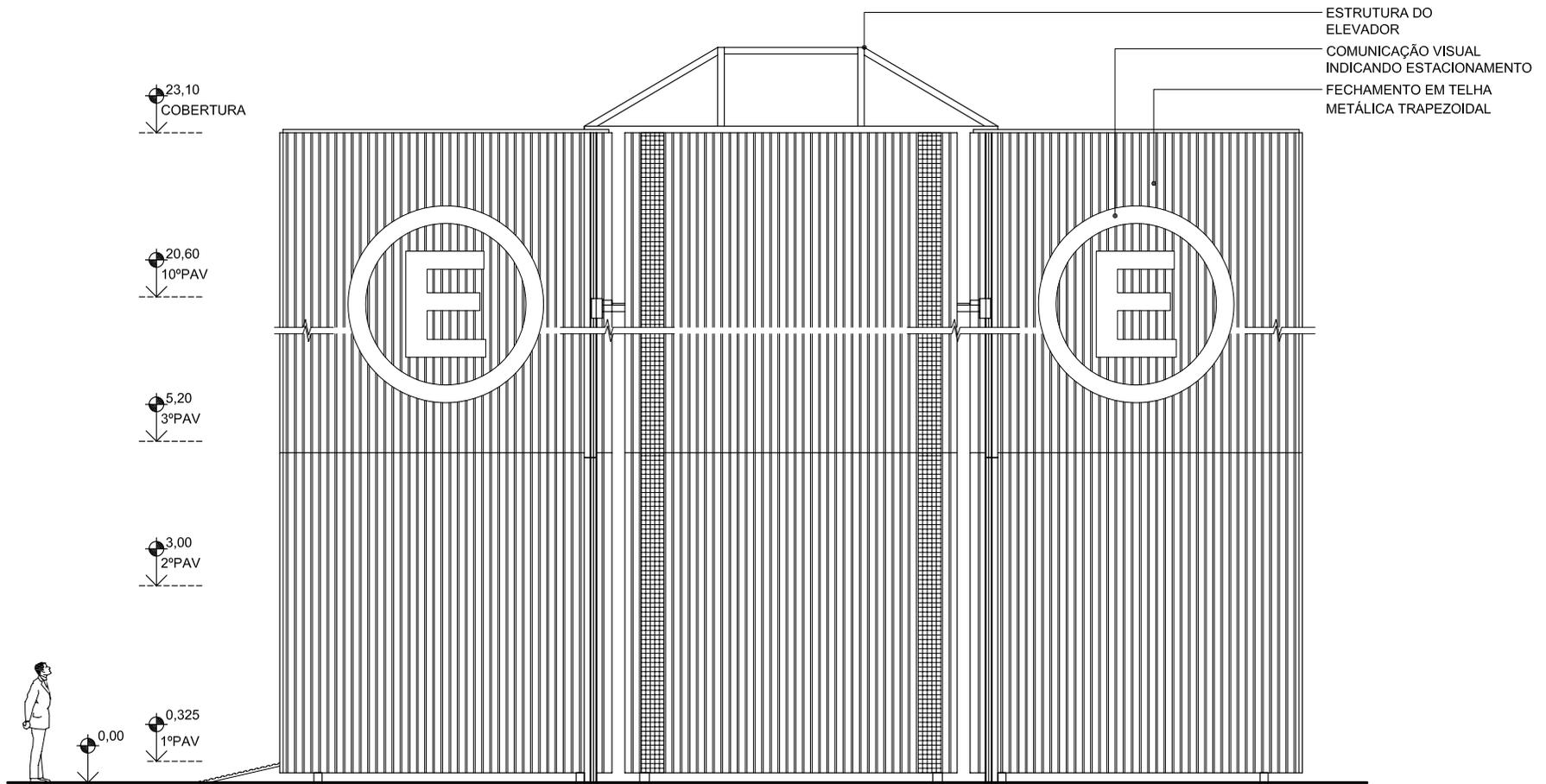
perspectiva Sistema Módulo Circular - 4
sem escala COM FECHAMENTO PARCIAL



perspectiva Sistema Módulo Circular - 4
sem escala COM FECHAMENTO PARCIAL

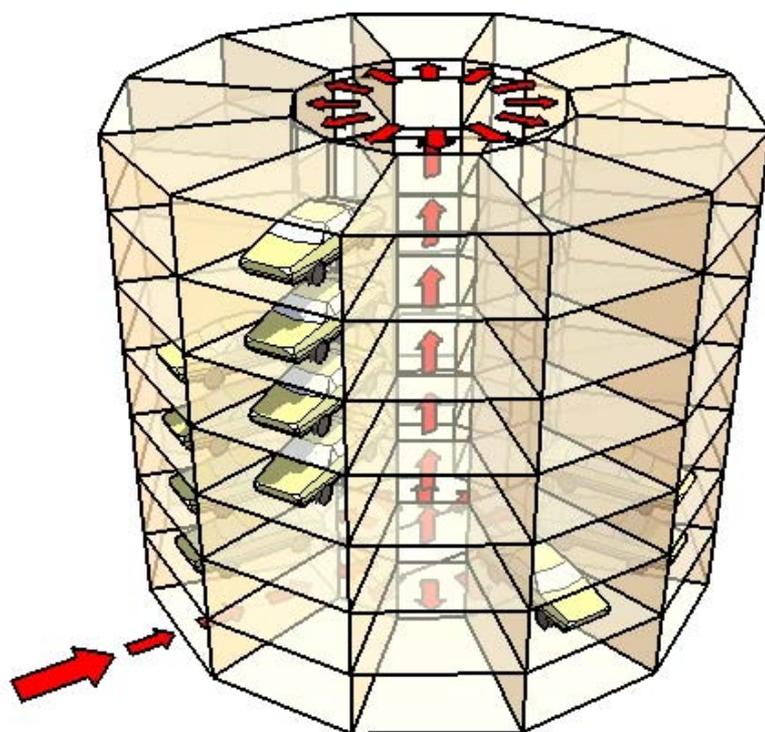


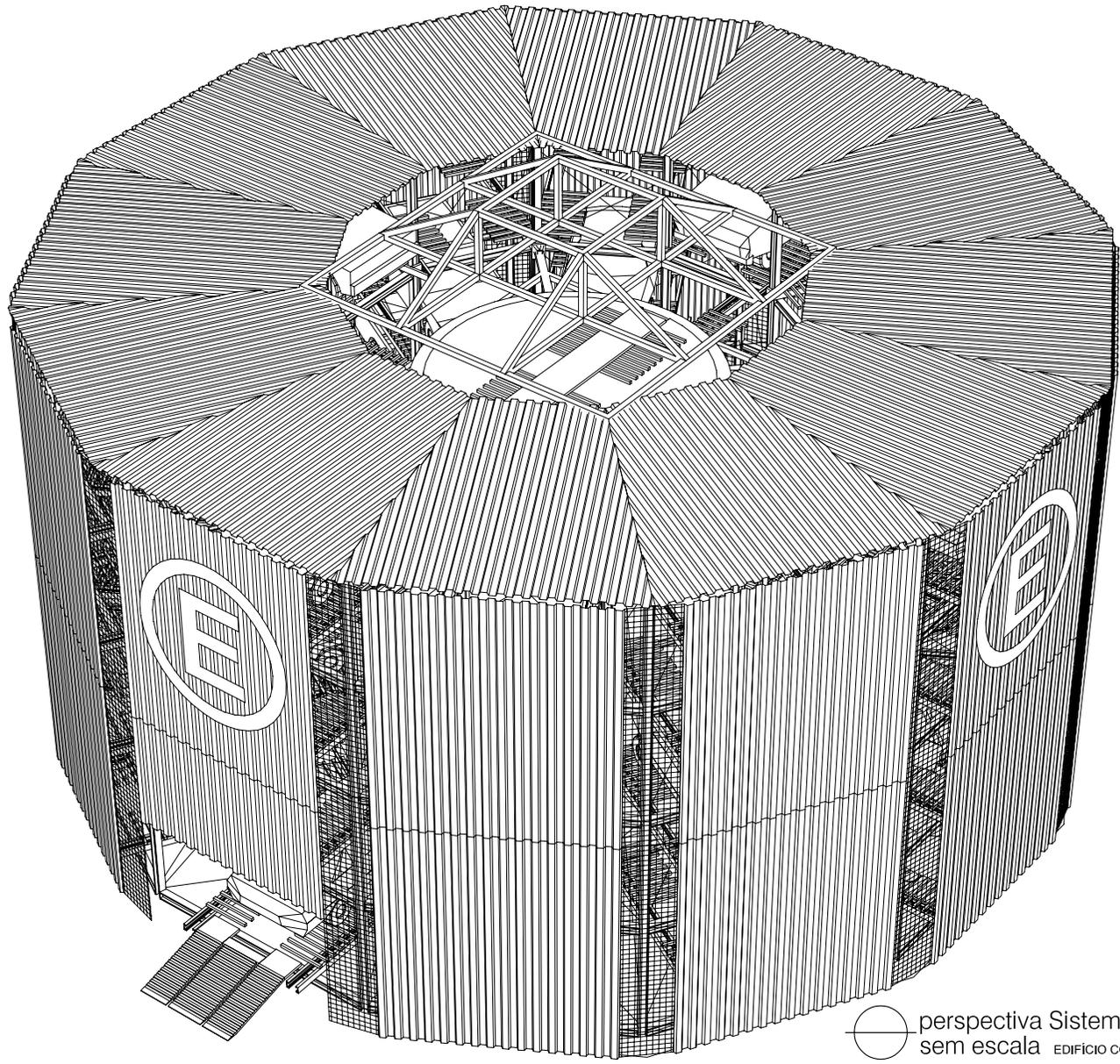
elevacao 01 - Sistema Módulo Lateral - 2
 escala 1/100 COM FECHAMENTO PARCIAL



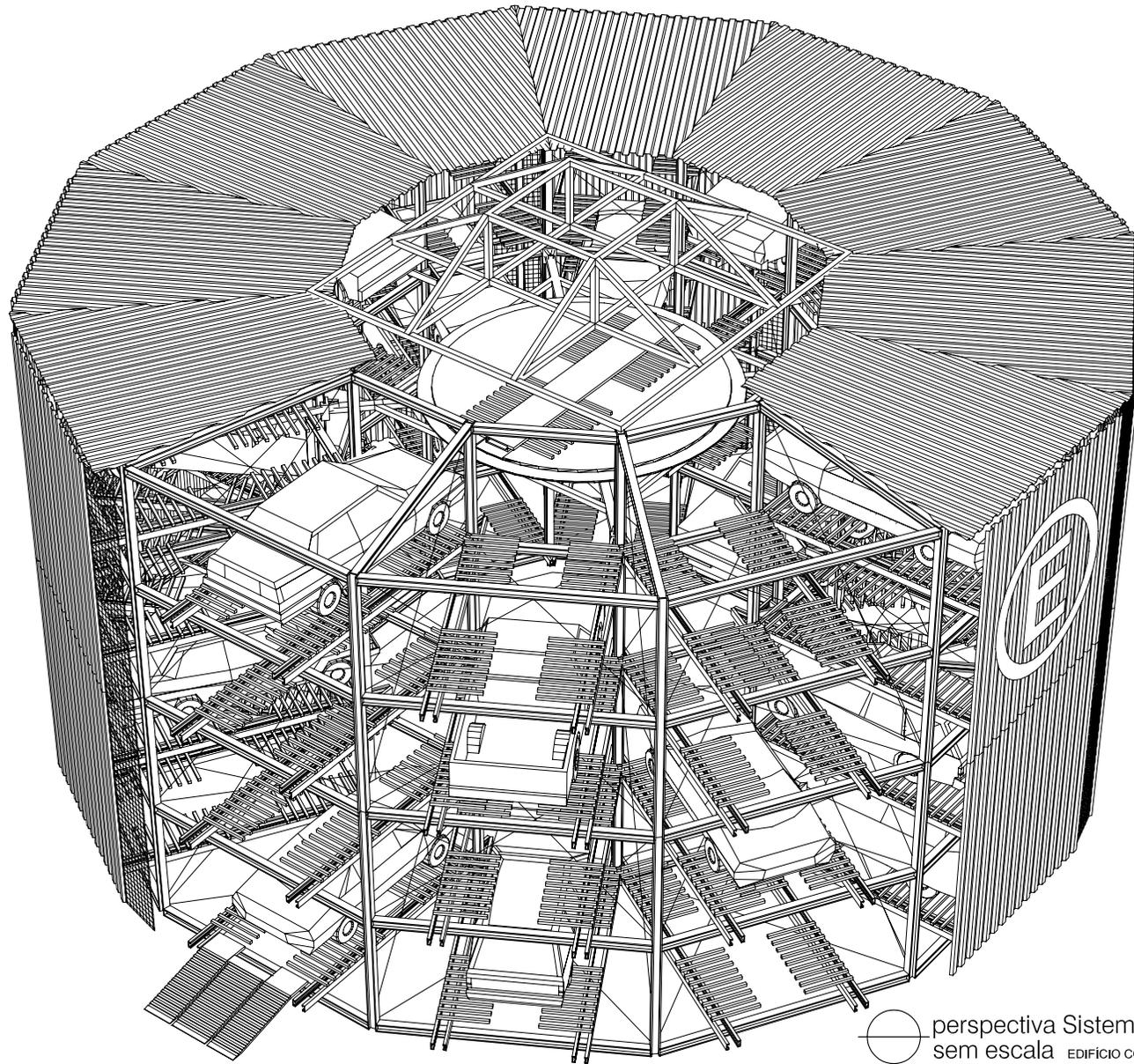
elevacao 01 - Sistema Módudo Lateral - 2
 escala 1/100 COM FECHAMENTO PARCIAL

9.9 Anexo 9 - Projeto arquitetônico Sistema Módulo Circular-12

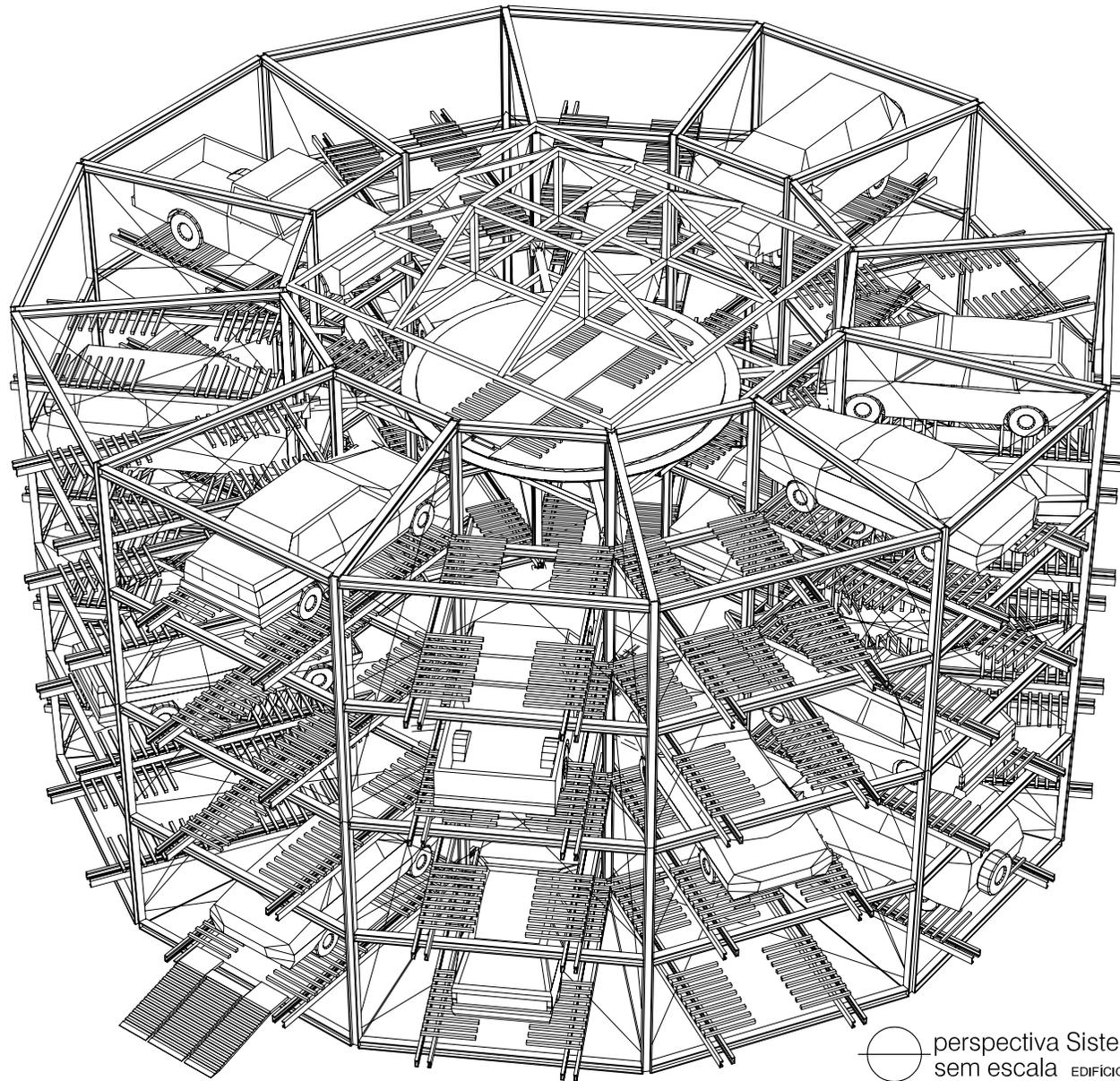




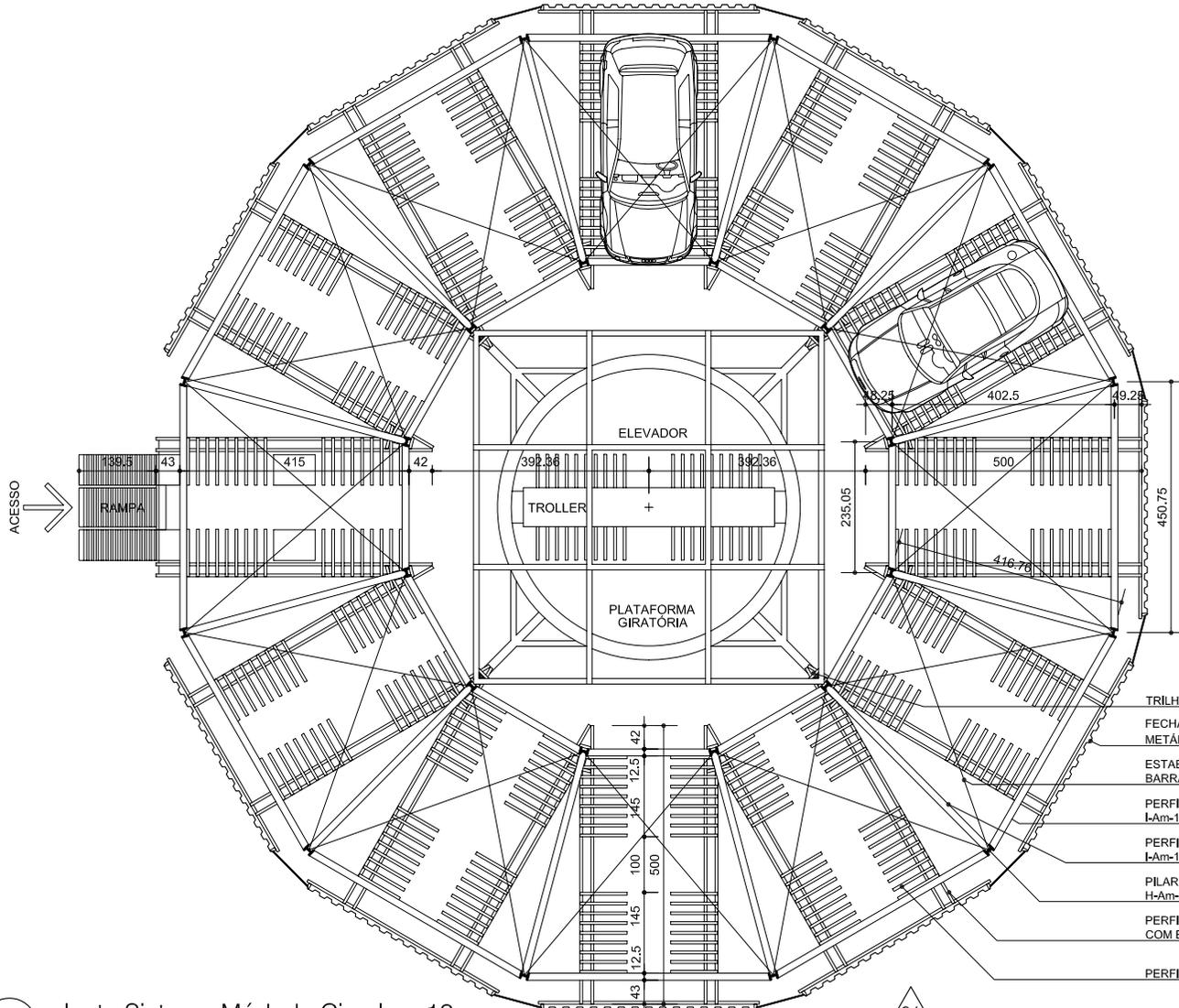
perspectiva Sistema Módulo Circular - 12
sem escala EDIFÍCIO COM 4 PAVTOS E COM FECHAMENTO



perspectiva Sistema Módulo Circular - 12
sem escala EDIFÍCIO COM 4 PAVTOS E COM FECHAMENTO

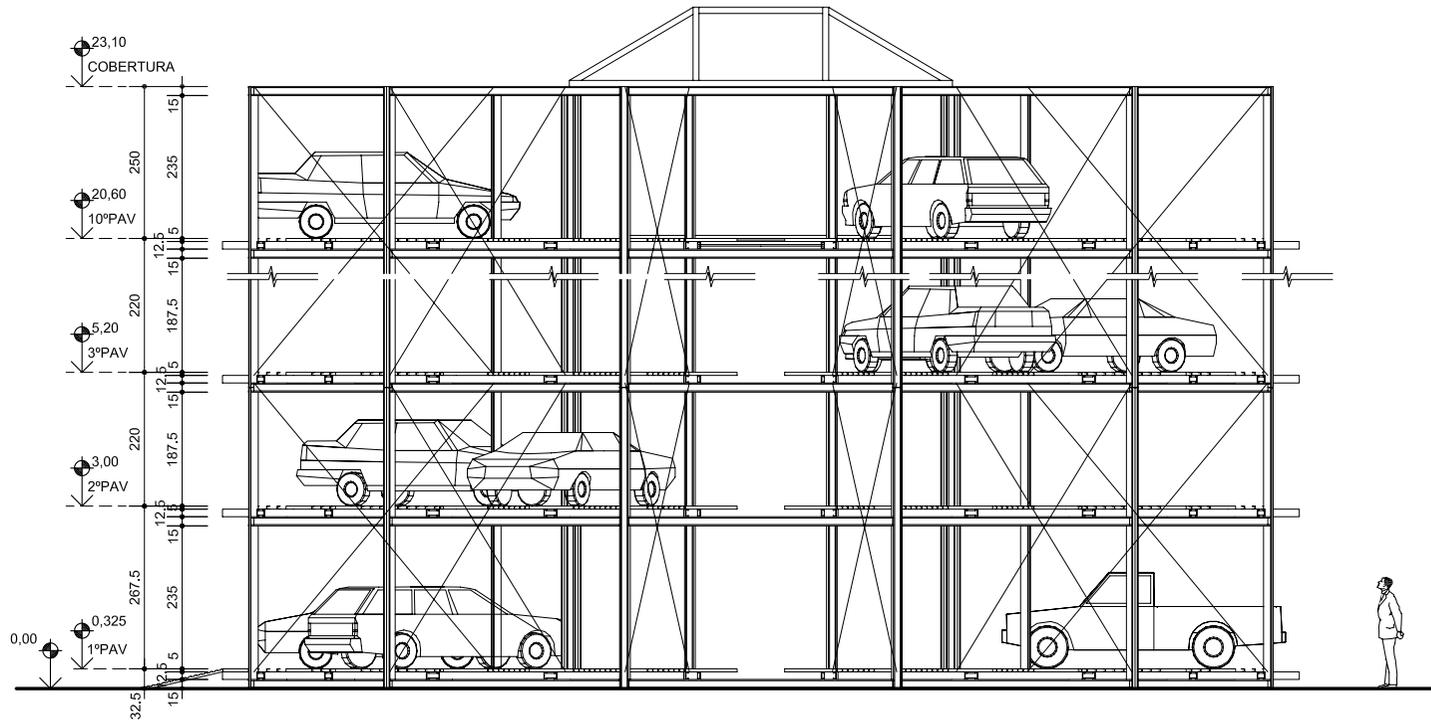


perspectiva Sistema Módulo Circular - 12
sem escala EDIFÍCIO COM 4 PAVTOS E SEM FECHAMENTO

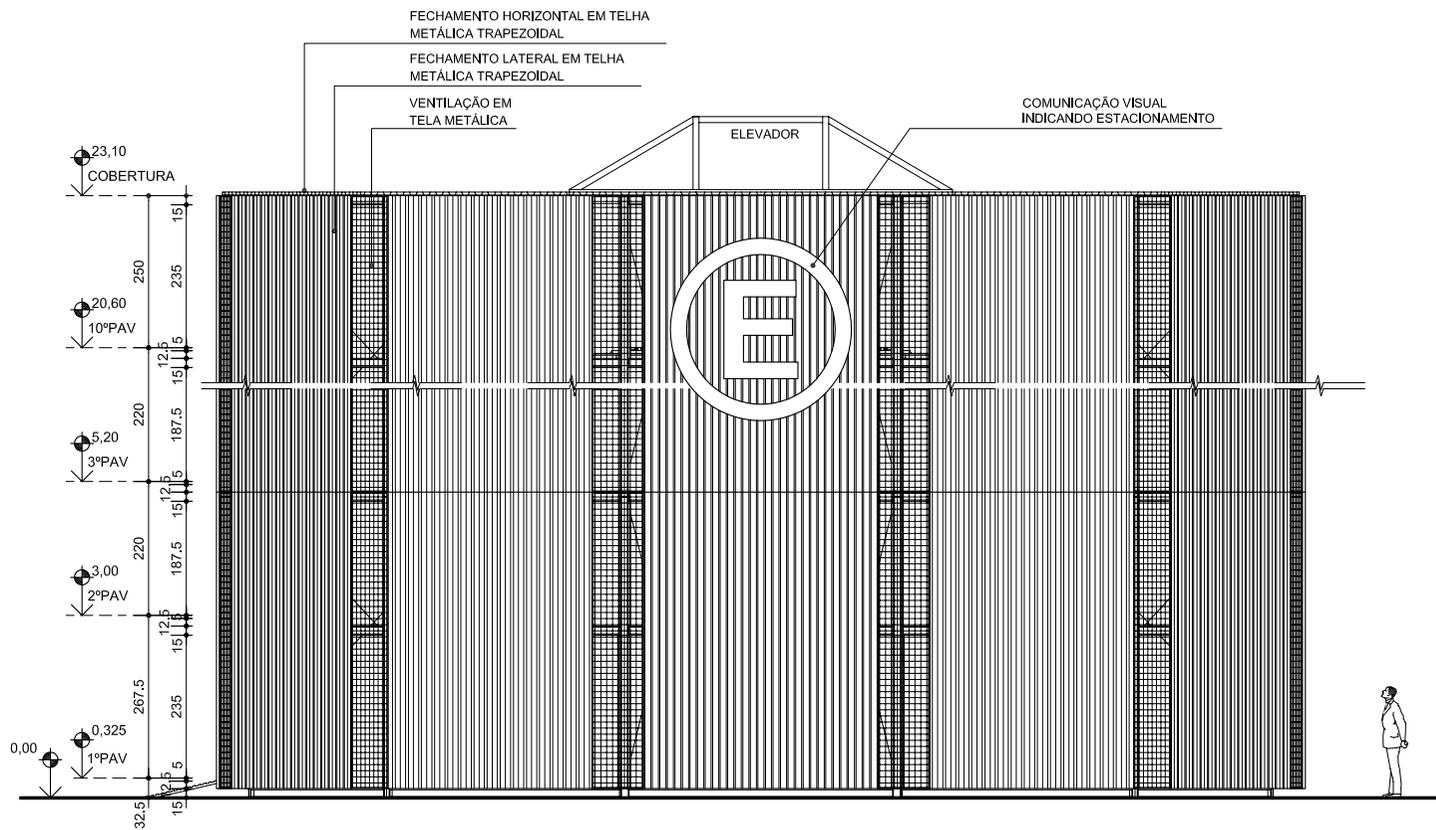



 planta Sistema Módulo Circular - 12
 escala 1/125 PARCIAL E COM FECHAMENTO

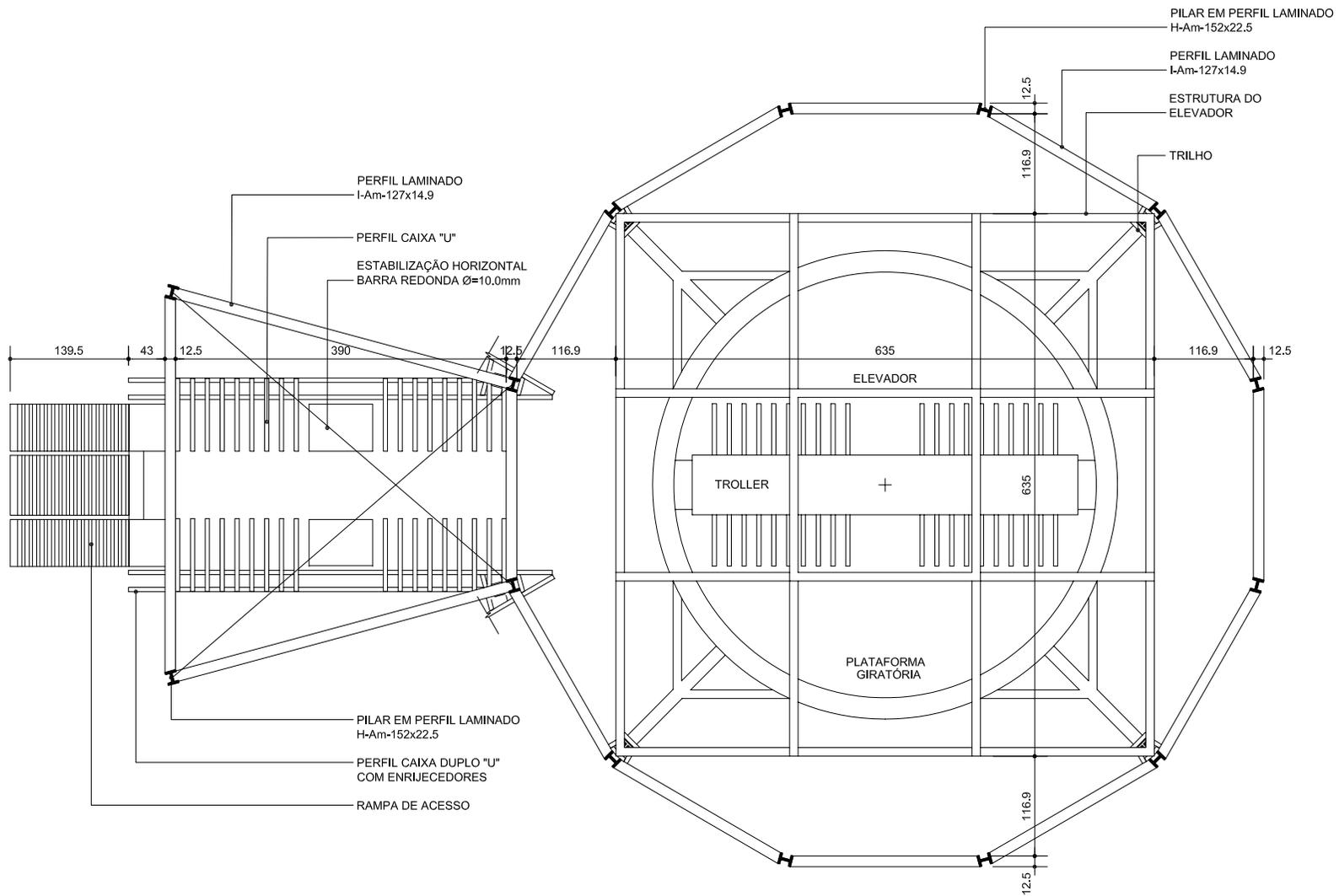
01



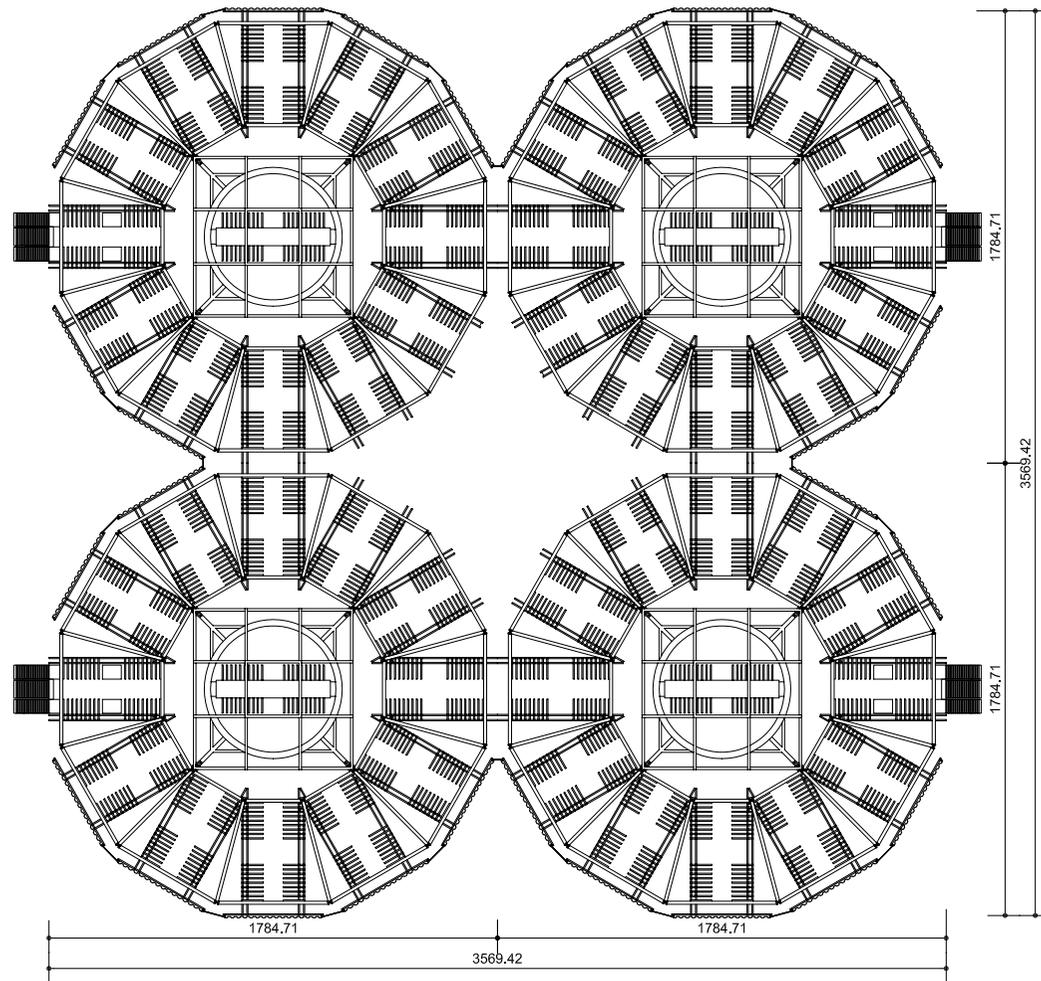
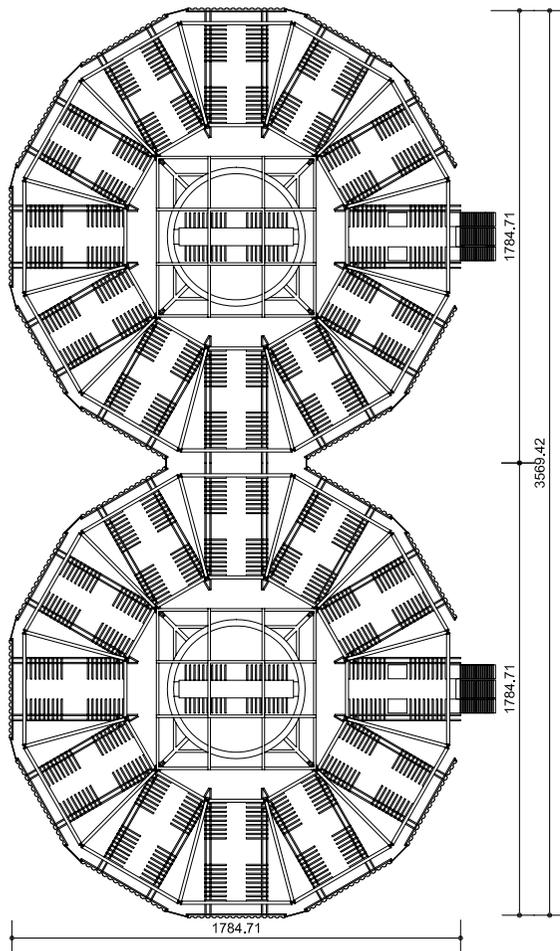

 elevação 02 - Sistema Módudo Circular - 12
 escala 1/125 PARCIAL E SEM FECHAMENTO



elevacao 02 - Sistema Módudo Circular - 12
 escala 1/125 PARCIAL E COM FECHAMENTO



○ planta plataforma de acesso e elevador
 escala 1/75




 implantação 2 blocos Sistema Módudo Circular - 12
 escala 1/300 DOIS EDIFÍCIOS COM 24 VAGAS POR PAVIMENTO


 implantação 4 blocos Sistema Módudo Circular - 12
 escala 1/300 QUATRO EDIFÍCIOS COM 48 VAGAS POR PAVIMENTO

9.10 Anexo 10 - Cálculo da carga de vento - NBR-6123/1988

Localização:	Belo Horizonte - MG		
Vento dominante:	Leste → Oeste		
Edifício:	Planta retangular (15,00 x 27,00 m) 12 módulos por pavimento e com 8 pavimentos total de 48 módulos e com 192 vagas		
Altura:	8 pavimentos (de 2,20 m cada)	→	17,60 m
Velocidade básica:	Belo Horizonte	→	$v_0 = 32 \text{ m/s}$
Fator topográfico:	Terreno plano	→	$S_1 = 1,0$

Fator de rugosidade:

Localização:	Rugosidade 4 - Centro de grandes cidades
Altura da edificação:	17,60m
Classificação:	Classe B - Maior dimensão entre 20 e 50 m

$$S_2 = b \cdot F_r (z/10)^p \quad \rightarrow \quad \rightarrow \quad h = 3 \rightarrow S_2 = 0,52$$

$$h = 5 \rightarrow S_2 = 0,55$$

$$h = 10 \rightarrow S_2 = 0,62$$

$$h = 15 \rightarrow S_2 = 0,69$$

$$h = 20 \rightarrow S_2 = 0,75$$

Fator estatístico: Silos, depósitos:	→	Grupo 3	→	$S_3 = 0,95$
--------------------------------------	---	---------	---	--------------

$$v_k^3 = 32 \cdot 1,0 \cdot 0,52 \cdot 0,95 = 15,80 \text{ m/s}$$

$$v_k^5 = 32 \cdot 1,0 \cdot 0,55 \cdot 0,95 = 16,72 \text{ m/s}$$

$$v_k = v_0 \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 \quad \rightarrow \quad \rightarrow \quad v_k^{10} = 32 \cdot 1,0 \cdot 0,62 \cdot 0,95 = 18,84 \text{ m/s}$$

$$v_k^{15} = 32 \cdot 1,0 \cdot 0,69 \cdot 0,95 = 20,97 \text{ m/s}$$

$$v_k^{20} = 32 \cdot 1,0 \cdot 0,75 \cdot 0,95 = 22,80 \text{ m/s}$$

Cálculo da pressão de obstrução:

$$q^3 = \frac{(15,80)^2}{16} = 15,60 \text{ kgf/m}^2$$

$$q^5 = \frac{(16,72)^2}{16} = 17,47 \text{ kgf/m}^2$$

$$q = \frac{v_k^2}{16} \quad \rightarrow \quad \rightarrow \quad \rightarrow \quad q^{10} = \frac{(18,84)^2}{16} = 22,20 \text{ kgf/m}^2$$

$$q^{15} = \frac{(20,97)^2}{16} = 27,49 \text{ kgf/m}^2$$

$$q^{20} = \frac{(22,80)^2}{16} = 32,49 \text{ kgf/m}^2$$

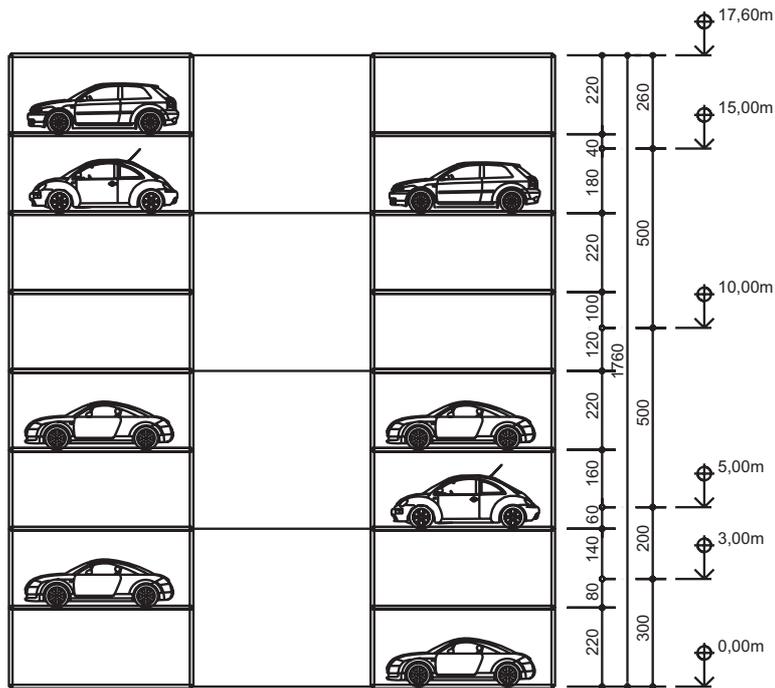
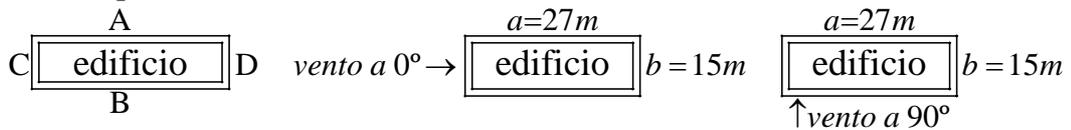


Diagrama de alturas (vista frontal do pórtico)

Pressão dinâmica do vento no exterior do edifício:

Proporção em planta:



Valores de C_e para fachada maior (vento à 90°): $A = +0,7$ $B = -0,5$

Valores de C_e para fachada menor (vento à 0°): $C = +0,7$ $D = -0,2$

Forças uniformemente distribuídas por trechos das fachadas: $p = C_e \cdot q \cdot l_1$

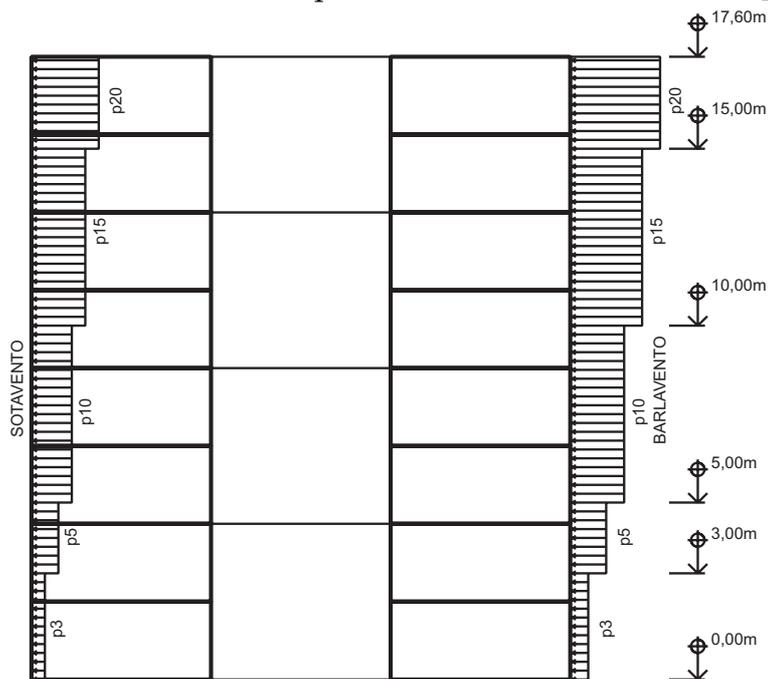


Diagrama da aplicação das cargas de vento (vista frontal do pórtico)

Fachada maior A (vento à 90° - Barlavento):

$$p_n^3 = 0,7 \cdot 15,60 = 10,92 \Rightarrow 0,01092 \text{ Tf} / \text{m}^2$$

$$p_n^5 = 0,7 \cdot 17,47 = 12,23 \Rightarrow 0,01223 \text{ Tf} / \text{m}^2$$

$$p_n^{10} = 0,7 \cdot 22,18 = 15,52 \Rightarrow 0,01552 \text{ Tf} / \text{m}^2$$

$$p_n^{15} = 0,7 \cdot 27,48 = 19,23 \Rightarrow 0,01923 \text{ Tf} / \text{m}^2$$

$$p_n^{20} = 0,7 \cdot 32,49 = 22,74 \Rightarrow 0,02274 \text{ Tf} / \text{m}^2$$

Considerando que cada pórtico está a uma distância de 4,50 m um do outro, teremos as seguintes cargas aplicadas em cada pórtico:

Carga aplicada aos pórticos centrais ($p \cdot 4,5$)	Carga aplicada aos pórticos laterais ($p \cdot 2,25$)
$p^3 = 0,049 \text{ Tf} / \text{m}$	$p^3 = 0,025 \text{ Tf} / \text{m}$
$p^5 = 0,055 \text{ Tf} / \text{m}$	$p^5 = 0,027 \text{ Tf} / \text{m}$
$p^{10} = 0,069 \text{ Tf} / \text{m}$	$p^{10} = 0,034 \text{ Tf} / \text{m}$
$p^{15} = 0,086 \text{ Tf} / \text{m}$	$p^{15} = 0,043 \text{ Tf} / \text{m}$
$p^{20} = 0,102 \text{ Tf} / \text{m}$	$p^{20} = 0,051 \text{ Tf} / \text{m}$

Fachada maior B (vento à 90° - Sotavento):

$$p_n^3 = -0,5 \cdot 15,80 = -7,90 \Rightarrow -0,0079 \text{ Tf} / \text{m}^2$$

$$p_n^5 = -0,5 \cdot 16,72 = -8,36 \Rightarrow -0,0083 \text{ Tf} / \text{m}^2$$

$$p_n^{10} = -0,5 \cdot 18,84 = -9,42 \Rightarrow -0,0094 \text{ Tf} / \text{m}^2$$

$$p_n^{15} = -0,5 \cdot 20,97 = -10,48 \Rightarrow -0,0104 \text{ Tf} / \text{m}^2$$

$$p_n^{20} = -0,5 \cdot 22,80 = -11,4 \Rightarrow -0,0114 \text{ Tf} / \text{m}^2$$

Considerando que cada pórtico está a uma distância de 4,50 m um do outro, teremos as seguintes cargas aplicadas em cada pórtico:

Carga aplicada aos pórticos centrais ($p \cdot 4,5$)	Carga aplicada aos pórticos laterais ($p \cdot 2,25$)
$p^3 = 0,035 \text{ Tf} / \text{m}$	$p^3 = 0,017 \text{ Tf} / \text{m}$
$p^5 = 0,037 \text{ Tf} / \text{m}$	$p^5 = 0,018 \text{ Tf} / \text{m}$
$p^{10} = 0,042 \text{ Tf} / \text{m}$	$p^{10} = 0,021 \text{ Tf} / \text{m}$
$p^{15} = 0,046 \text{ Tf} / \text{m}$	$p^{15} = 0,023 \text{ Tf} / \text{m}$
$p^{20} = 0,051 \text{ Tf} / \text{m}$	$p^{20} = 0,025 \text{ Tf} / \text{m}$

Fachada menor C (vento à 0° - Barlavento):

$$p_n^3 = 0,7 \cdot 15,60 = 10,92 \Rightarrow 0,01092 \text{ Tf} / m^2$$
$$p_n^5 = 0,7 \cdot 17,47 = 12,23 \Rightarrow 0,01223 \text{ Tf} / m^2$$
$$p_n^{10} = 0,7 \cdot 22,18 = 15,52 \Rightarrow 0,01552 \text{ Tf} / m^2$$
$$p_n^{15} = 0,7 \cdot 27,48 = 19,23 \Rightarrow 0,01923 \text{ Tf} / m^2$$
$$p_n^{20} = 0,7 \cdot 32,49 = 22,74 \Rightarrow 0,02274 \text{ Tf} / m^2$$

Considerando que cada pórtico está a uma distância de 5,0 m um do outro, teremos as seguintes cargas aplicadas em cada pórtico:

Carga aplicada aos dois pórticos centrais ($p \cdot 5,0$)	Carga aplicada aos dois pórticos laterais ($p \cdot 2,5$)
$p^3 = 0,054 \text{ Tf} / m$	$p^3 = 0,027 \text{ Tf} / m$
$p^5 = 0,061 \text{ Tf} / m$	$p^5 = 0,030 \text{ Tf} / m$
$p^{10} = 0,077 \text{ Tf} / m$	$p^{10} = 0,038 \text{ Tf} / m$
$p^{15} = 0,096 \text{ Tf} / m$	$p^{15} = 0,048 \text{ Tf} / m$
$p^{20} = 0,113 \text{ Tf} / m$	$p^{20} = 0,056 \text{ Tf} / m$

Fachada maior D (vento à 0° - Sotavento):

$$p_n^3 = -0,2 \cdot 15,80 = -3,16 \Rightarrow -0,0031 \text{ Tf} / m^2$$
$$p_n^5 = -0,2 \cdot 16,72 = -3,34 \Rightarrow -0,0033 \text{ Tf} / m^2$$
$$p_n^{10} = -0,2 \cdot 18,84 = -3,76 \Rightarrow -0,0037 \text{ Tf} / m^2$$
$$p_n^{15} = -0,2 \cdot 20,97 = -4,19 \Rightarrow -0,0041 \text{ Tf} / m^2$$
$$p_n^{20} = -0,2 \cdot 22,80 = -4,56 \Rightarrow -0,0045 \text{ Tf} / m^2$$

Considerando que cada pórtico está a uma distância de 5,0 m um do outro, teremos as seguintes cargas aplicadas em cada pórtico:

Carga aplicada aos dois pórticos centrais ($p \cdot 5,0$)	Carga aplicada aos dois pórticos laterais ($p \cdot 2,5$)
$p^3 = 0,015 \text{ Tf} / m$	$p^3 = 0,007 \text{ Tf} / m$
$p^5 = 0,016 \text{ Tf} / m$	$p^5 = 0,008 \text{ Tf} / m$
$p^{10} = 0,018 \text{ Tf} / m$	$p^{10} = 0,009 \text{ Tf} / m$
$p^{15} = 0,020 \text{ Tf} / m$	$p^{15} = 0,010 \text{ Tf} / m$
$p^{20} = 0,022 \text{ Tf} / m$	$p^{20} = 0,011 \text{ Tf} / m$

9.11 Anexo 11 - Garagens, Estacionamentos e Terrenos na Savassi

Uso	Local	Característica	Número de vagas	Dimensões Estimada	Observações
E	Av Contorno, 5892	Estacionamento Minas Park	55	na	Estacionamento pago em edifício comercial
E	Av Contorno, 6180	Estacionamento		10X30	Estacionamento pago em lote
E	Av Contorno, 6190	Estacionamento Santa Lúcia		15x40	Estacionamento pago em lote
C	Av Contorno, 6342	Lote com edificação de uso comercial de 1 pavto		10x40	Lote com potencial para MAPS
C	Av Contorno, 6446	Lote com edificação de uso comercial de 1 pavto		10x40	Lote com potencial para MAPS
C	Av Contorno, 6464	Lote com edificação de uso comercial de 1 pavto		10x40	Lote com potencial para MAPS
C	Av Contorno, 6472	Lote com edificação de uso comercial de 1 pavto		10x40	Lote com potencial para MAPS
C	Av Contorno, 6500	Lote com edificação de uso comercial de 1 pavto		10x40	Lote com potencial para MAPS
E	Av Contorno, sn	Estacionamento		12x25	Estacionamento pago em lote
C	Av Cristóvão Colombo, 336	Lote com casa antiga uso como restaurante		15x40	Lote com potencial para MAPS
C	Av Cristóvão Colombo, 654	Lote com edificação de uso comercial de 1 pavto		30x15	Lote com potencial para MAPS Lote triangular
E	Av Cristóvão Colombo, 87	Estacionamento		12x40	Estacionamento pago em lote
E	Av Cristóvão Colombo, sn	Estacionamento Parking Purri		15x40	Estacionamento pago em lote Ao lado do nº 336
C	Av Getúlio Vargas, 1671	Lote com lava-jato		10x25	Lote com potencial para MAPS
E	Av Getúlio Vargas, 872	Estacionamento Diamond Arch		na	Estacionamento pago em edifício comercial
C	Av Getúlio Vargas, 885	Lote com casa antiga		10x25	Lote com potencial para MAPS
E	R. Alagoas, 1140	Estacionamento		10x25	Estacionamento pago em lote
E	R. Alagoas, 1196	Estacionamento All Park		20x25	Estacionamento pago em lote
V	R. Alagoas, 1199	Lote vago		25	Lote com potencial para MAPS
C	R. Alagoas, 1201	Lote com edificação de uso comercial de 1 pavto		25x15	Lote com potencial para MAPS
C	R. Alagoas, 1250	Lote com edificação de uso comercial de 1 pavto		20x25	Lote com potencial para MAPS
E	R. Alagoas, 772	Estacionamento		15x20	Estacionamento pago em lote
E	R. Alagoas, sn	Estacionamento Royal Park Ed. Adress Savassi		na	Estacionamento pago em edifício comercial
C	R. Ant. Albuquerque, 166	Lote com casa		20x50	Lote com potencial para MAPS
C	R. Ant. Albuquerque, 194	Lote com casa		25x50	Lote com potencial para MAPS
C	R. Ant. Albuquerque, 489	Lote com casa de uso comercial		20x50	Lote com potencial para MAPS Conjunto de lojas com 1 pavto em terreno triangular
E	R. Ant. Albuquerque, 54	Estacionamento	60	25x40	Estacionamento pago em lote
E	R. Ant. Albuquerque, 712	Estacionamento Royal Park		25x40	Estacionamento pago em lote
E	R. Cláudio Manoel, 1149	Estacionamento Terraço	200	20x50	Estacionamento pago sob edifício inacabado
E	R. Cláudio Manoel, 894	Estacionamento		10x50	Estacionamento pago sob edifício inacabado

Uso	Local	Característica	Número de vagas	Dimensões Estimada	Observações
E	R. Cláudio Manoel, 895	Estacionamento		20x50	Estacionamento pago sob edifício inacabado
E	R. Fernandes Tourinho, 195	Estacionamento ML Park		15x40	Estacionamento pago em lote
V	R. Fernandes Tourinho, 264	Lote vago		15x25	Lote com potencial para MAPS
E	R. Fernandes Tourinho, 434	Estacionamento Red parking	32	15x40	Estacionamento pago em lote
C	R. Fernandes Tourinho, 503	Lote com edificação de uso comercial de 1 pavto		12x25	Lote com potencial para MAPS
C	R. Fernandes Tourinho, 515	Lote com edificação de uso comercial de 1 pavto		20x25	Lote com potencial para MAPS
E	R. Fernandes Tourinho, 529	Estacionamento		20x20	Estacionamento pago em lote
E	R. Fernandes Tourinho, 569	Estacionamento		20x20	Estacionamento pago em lote
C	R. Fernandes Tourinho, 648	Lote com casa de 1 pavto		10x25	Lote com potencial para MAPS
C	R. Fernandes Tourinho, 660	Lote com edificação de uso comercial de 1 pavto		10x25	Lote com potencial para MAPS
C	R. Fernandes Tourinho, 672	Lote com edificação de uso comercial de 1 pavto		10x25	Lote com potencial para MAPS
E	R. Gonçalves Dias, 615	Estacionamento		20x40	Estacionamento pago em lote
V	R. Gonçalves Dias, 839	Casa Abandonada		10x15	Lote com potencial para MAPS
V	R. Gonçalves Dias, 849	Casa Abandonada		10x15	Lote com potencial para MAPS
V	R. Inconfidentes, 883	Lote vago		20x40	Lote com potencial para MAPS
E	R. Inconfidentes, 925	KI Empreendimentos	40	20x40	Estacionamento pago em lote
C	R. Inconfidentes, 990	Lote com casa antiga		20x30	Lote com potencial para MAPS
C	R. Inconfidentes, sn	Estacionamento Supermercado Champion	60	50x25	Supermercado Champion
V	R. Inconfidentes, sn	Lote vago		20x50	Lote com potencial para MAPS Ao lado do nº 429
E	R. Levindo Lopes, 217	Estacionamento		15x40	Estacionamento pago em lote
V	R. Levindo Lopes, sn	Lote vago		10x40	Lote com potencial para MAPS Ao lado do nº 52
E	R. Paraíba, 1364	Estacionamento Golden Center	80	na	Estacionamento pago em edifício comercial
C	R. Paraíba, 596	Casa Antiga em bom estado		15x50	Utilizado pela Polícia Militar
V	R. Paraíba, sn	Lote vago		10X20	Lote com potencial para MAPS Ao lado do nº 570
C	R. Pernambuco, 1011	Lote com casa		15x50	Lote com potencial para MAPS com casa de 1 pavto
E	R. Pernambuco, 1025	Estacionamento Amorecana	53	15x50	Estacionamento pago em lote
C	R. Pernambuco, 593	Casa Abandonada		20x40	Lote com potencial para MAPS
E	R. Pernambuco, 753	Estacionamento		30x50	Novo estacionamento sendo implantado
C	R. Pernambuco, 781	Lote com casa de uso comercial		15x30	Lote com potencial para MAPS
C	R. Pernambuco, 787	Lote com casa de uso comercial		15x30	Lote com potencial para MAPS
C	R. Pernambuco, 797	Lote com casa de uso comercial		25x25	Lote com potencial para MAPS
E	R. Pernambuco, 873	Estacionamento		15x40	Estacionamento pago em lote
V	R. Pernambuco, sn	Lote vago		10x50	Lote com potencial para MAPS Ao lado do nº 1011
E	R. Pernambuco, sn	Estacionamento Multipark		15x40	Estacionamento pago em lote
V	R. Prof. Moraes, 635	Lote vago		20x50	Lote com potencial para MAPS
V	R. Prof. Moraes, sn	Lote vago		25X15	Lote triangular próximo à Av Getúlio Vargas
E	R. Rio Grande Norte, 1015	Estacionamento Real Park	113	na	Estacionamento pago em edifício de hotel

Uso	Local	Característica	Número de vagas	Dimensões Estimada	Observações
E	R. Rio Grande Norte, 1040	Estacionamento Rio Grande do Norte	22	10x30	Estacionamento pago em lote
E	R. Rio Grande Norte, 1434	Estacionamento Garden Park	80	nd	Estacionamento pago em lote
E	R. Rio Grande Norte, 1445	Estacionamento Clean Car	22	15x25	Estacionamento pago em lote
V	R. Rio Grande Norte, 1589	Lote vago		10x20	Lote com potencial para MAPS
E	R. Sergipe, 871	Estacionamento Drive & Park		25x20	Estacionamento pago em lote
C	R. Sta. Rita Durão, 1046	Lote com casa antiga		10x50	Lote com potencial para MAPS
C	R. Sta. Rita Durão, 1066	Lote com casa antiga		10x50	Lote com potencial para MAPS
C	R. Sta. Rita Durão, 1068	Lote com casa antiga		20x30	Lote com potencial para MAPS
E	R. Sta. Rita Durão, 758	KI Empreendimentos	36	30x20	Estacionamento pago em lote
C	R. Sta. Rita Durão, 999	Lote com casa antiga		15x20	Lote com potencial para MAPS
C	R. Tomé de Souza, 567	Lote com casa antiga		10x40	Lote com potencial para MAPS
C	R. Tomé de Souza, 577	Lote com casa antiga		10x40	Lote com potencial para MAPS
E	R. Tomé de Souza, 689	Estacionamento		10x20	Estacionamento pago em lote
E	R. Tomé de Souza, 851	Jabs Empreendimentos	28	15x30	Estacionamento pago em lote
C	R. Tomé de Souza, 988	Lote com casa antiga		10x30	Lote com potencial para MAPS
E	R. Tomé de Souza, 998	Estacionamento		10x30	Estacionamento pago em lote

Legenda:

C = Construído
V = Lotes vagos
E = Estacionamento
E = Estacionamento em lotes vagos

Obs:

- As dimensões dos terrenos são estimadas.
- O número de vagas dos estacionamentos foram incluídos na tabela apenas quando informado pela administração das garagens.
- Esta tabela também apresenta os terrenos que têm potencial para se transformar em garagens automatizada (MAPS).
- na = Não se aplica
- nd = Não disponível

10 Referências bibliográficas

10.1 Livros e catálogos

BRASIL, Decreto Lei nº 7166 de 27-08-1996 - Legislação de Parcelamento, Ocupação e Uso do Solo Urbano - Diário Oficial do Município de Belo Horizonte - Ano II - Nº 224 - 28 ago. 1996 - Prefeitura Municipal de Belo Horizonte.

Disponível: <<http://www.pbh.gov.br>>

Acesso: 26 jul 2004

BRASIL, Decreto Lei nº 8137 de 21-12-2000 - Legislação de Parcelamento, Ocupação e Uso do Solo Urbano - Diário Oficial do Município de Belo Horizonte - Prefeitura Municipal de Belo Horizonte.

Disponível: <<http://www.pbh.gov.br>>

Acesso: 26 jul 2004

BRASIL, Decreto Lei nº 84 de 21-12-40 - Código de Obras - Prefeitura Municipal de Belo Horizonte - Secretaria Municipal de Regulação Urbana - SMRU.

Disponível: <<http://www.pbh.gov.br>>

Acesso: 26 jul 2004

BRIERLEY, John - Parking of Motor Vehicles - C.R. Books Limited - London, 1962

DITTRICH, Gerhard G. - Tiefgaragen: Grundlagen, Planung, Wirtschaftlichkeit - Stuttgart, Deutsche Verlags-Anstalt GmbH, 1974.

ENCOL - Arquitetura Empresarial - Dipro-Diretoria de Projeto - Brasília - Brasil, 1990.

KLAUS do Brasil - Estacione Tranquilo - Tecnologia inovadora contra a falta de vagas - Klaus Car Parking System - Brasil, 2001.

KLOSE, Dietrich - Parkhäuser und Tiefgaragen - Stuttgart, Verlag Gerd Hatje, 1965.

NBR-6120 - Carga para cálculo de estruturas de edificações - Procedimento, Brasil, ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1980

NBR-8800 - Projeto e Execução de Estruturas de Aço de Edifícios, Brasil, ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1986

NEUFERT, Ernest - Arte de Projetar em Arquitetura 7ª Edição, Brasil, 1981

NEUFERT, Peter; NEFT, Ludwig - Casa - Apartamento - Jardim , Brasil, 2001

NPA Parking Consultants Council - Guide to the Design & Operation of Automated Parking Facilities - USA, 2003.

Parking Book 92' - Japão - 1992 - ISBN4-8339-0450-0 C3052 P4500E

RAMALHO, Luiz Carlos de Aquino - Paletização de Estacionamentos - Brasil, 1980

10.2 Endereços relacionados (www)

Agência MSV Press

Disponível: <http://www.jornalexpress.com.br>>

Acesso: 01 mar 2004

American Custom Lifts - EUA

Disponível: <<http://aclifts.com> >

Acesso: 27 jun 2003

American history 102

Disponível: <<http://us.history.wisc.edu> >

Acesso: 19 abr 2004

American Institute of Steel Construction, Inc. (AISC)

One East Wacker Drive, Suite 3100 - Chicago, IL - EUA

Disponível: <<http://www.aisc.org>>

Acesso: 31 jul 2003

ANFAVEA - Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores

Disponível: <<http://www.anfavea.com.br>>

Acesso: 16 jul 2003

Associação Nacional de Transportes Públicos

Rua Augusta, 1626 - São Paulo - SP - Brasil

Disponível: <<http://www.antp.org.br>>

Acesso: 31 jul 2003

BBC London

Disponível: <<http://www.bbc.co.uk>>

Acesso: 30 jul 2003

BHTRANS

Disponível: <<http://www.bhtrans.pbh.gov.br>>

Acesso: 17 mai 2004

Brown, Lester R. Pavimentando o planeta: Automóveis e agricultura em disputa pela terra. WWI-Worldwatch Institute.

Disponível: <<http://www.wwiuma.org.br/artigos/013.html>>

Acesso: 06 jul 2004

Cahill Contractors

Disponível: <<http://www.cahill-sf.com>>

Acesso: 19 abr. 2004

Car Free

Disponível: <<http://www.carfree.com>>

Acesso: 07 jul 2004

Daimler-Chrysler

Disponível: <<http://wwwsg.daimlerchrysler.com>>

Acesso: 19 abr 2004

Demographia

Disponível: <<http://www.demographia.com>>

Acesso: 02 jul 2003.

Easy Parking

Rua do Rosário, 171 - 3º andar - Centro - Rio de Janeiro - RJ, Tel: 21-2224-4032

Disponível: <<http://www.easyp.com.br>>

Acesso: 13 nov 2003

Estado de Minas

Disponível: <<http://www.em.com.br>>

Acesso: 30 jul 2003

European Automotive Hall Of Fame

Disponível: <<http://www.autonews.com>>

Acesso: 19 abr 2004

Folha Online

Disponível: <<http://www1.folha.uol.com.br>>

Acesso: 01 mar 2004

Grando América

427 Old Quarry Rd. North - Larkspur, CA 94939 - EUA

Disponível: <<http://www.grandopark.com>>

Acesso: 07 abr 2003

HUMMER - Official site of HUMMER vehicles

Disponível: <<http://www.hummer.com>>

Acesso: 13 abr. 2004

Hwidsteds Hjemmeside

Disponível: <http://hjem.get2net.dk/Hwidsteds_Hjemmeside>

Acesso: 19 abr 2004

IBGE - Censo Demográfico 2000

Disponível: <<http://www.ibge.gov.br>>

Acesso: 17 mai 2004

Klaus Auto-Parksysteme GmbH

Hermann-Krum-Str. 2 . D-88319 Aitrach - Alemanha

Disponível: <<http://www.klaus-autopark.de>>

Acesso: 02 jul 2003.

Klaus do Brasil

Rua Terencio Costa Dias Nº 393 - Jd. Monte Hey, Sorocaba - Brasil

Disponível: <<http://www.klausautopark.com.br>>

Acesso: 31 jul 2003

Kreimer Engenharia - General Contractor

Rua do Rosário, 171 - 3º andar - Centro - Rio de Janeiro - RJ

F: 21-2507-2200 Fax: 21-2232-4198

Disponível: <<http://www.kreimer.com.br>>

Acesso: 13 nov 2003

MBM - Box Car Systems

Via Oratorio 6, 46040 Rebecco di Guidizzolo - MN - Italy

Disponível: <<http://www.mbmbox.com>>

Acesso: 07 jul 2003

MP System CO. LTD.

6F, Woosuk Bldg, 1007-39 Sadang-1 dong - Dong Jak-gu, Seoul - Korea

Disponível: <<http://www.mp-parking.com>>

Acesso: 07 jul 2003

Navegando sobre o município de Belo Horizonte

Disponível: <<http://www.belo Horizonte.com.br>>

Acesso: 26 abr 2004

O.ME.R. Spa - Via Galilei, 20 - Z. I. - 30035 Mirano Venezia - Italy

Disponível: <<http://www.omer-spa.net>>

Acesso: 07 abr 2003

Otto Nußbaum GmbH & Co KG

Korker Straße 24 - D-77694 Kehl - Bodersweier - Germany

Disponível: <<http://www.nussbaum-lifts.de>>

Acesso: 07 abr 2003

Palis Parking Technologies GmbH

Senefelderstraße 23 - D-86368 Gersthofen - Germany

Disponível: <<http://www.palis.de>>

Acesso: 07 abr 2003

Prefeitura Municipal de Belo Horizonte - Secretaria Municipal da Coordenação de Política Urbana e Ambiental - SCOMURBE

Disponível: <<http://portal1.pbh.gov.br>>

Acesso: 25 abr 2004

Revista CNT - Confederação Nacional do Transporte

Disponível: <<http://notesweb.cnt.org.br>>

Acesso: 14 mar 2004

Road Traffic Technology

Disponível: <<http://www.roadtraffic-technology.com/projects/index.html>>

Acesso: 18 mar 2004

SILVA, Rachel Coutinho Marques da - Disponível:

<www.rio.rj.gov.br/smu/paginas/noticias_caderno_ed1-4.htm>

Acesso: 26 mar 2003

Site Savassi

Disponível: <<http://www.savassi.com.br/news.htm>>

Acesso: 19 jul 2004

The Model T Ford Club of América

Disponível: <<http://www.mtfca.com/books/1903-4.htm>>

Acesso: 17 fev 2004

Transport 2000

Disponível: <<http://www.transport2000.org.uk>>

Acesso: 18 mar 2004

Trevipark Ltd.

14 Berkeley Mews - London - W1H 7AX - United Kingdom

Disponível: <<http://www.trevipark.co.uk>>

Acesso: 16 jun 2003

Wöhr Auto Parksysteme

Postfach 1151`D-71288 Frilzheim - Germany

Disponível: <<http://www.woehr.de>>

Acesso: 07 abr 2003

ZYLBERSZTAJN, Rogério - Entrevista concedida a Veja-Rio - 27 abr 2002

Disponível: <<http://veja.abril.com.br/vejarj/270202/cidade.html>>

Acesso: 09 out 2003

10.3 Catálogos, artigos e arquivos digitais

ARBED – Car Parks in Structural Steel - Catalogue

Disponível <<http://www.tradearbed.com>>

Acesso: 25 mar 2004

Eco & Park Brochure - Castiglione d/Stiv. Italy

Disponível: <<http://www.ecoandpark.com>>

Acesso: 31 jul 2003

Parking Systems Catalogue - Klaus do Brasil

Rua Terencio Costa Dias Nº 393 - Jd. Monte Hey, Sorocaba – Brasil

Disponível: <<http://www.klausautopark.com.br>>

Acesso: 31 jul 2003

Klaus Auto-Parksysteme GmbH

Hermann-Krum-Str. 2 . D-88319 Aitrach - Alemanha

Disponível: <<http://www.klaus-autopark.de>>

Acesso: 31 jul 2003

SAMBRANA, Carlos – Reportagem: Estrela do Mar

Fonte: Revista Dinheiro, Nº 329, p.86 – 17 dez 2003

Trevipark Technical Report

Trevipark brochure 27.05.02 - London - United Kingdom

Disponível: <<http://www.trevipark.co.uk>>

Acesso: 31 jul 2003