

PROJETO DE EDIFICAÇÃO EM ESTRUTURA METÁLICA DESTINADA A ESTACIONAMENTO VERTICAL AUTOMATIZADO

DESIGN OF BUILDING IN METALLIC STRUCTURE FOR AUTOMATED VERTICAL

PARKING

Rodrigo Debastiani¹
Luiz Fernando Gardini²

RESUMO

Este trabalho apresenta o projeto para implantação de um edifício garagem automatizado na cidade de Caçador-SC, buscando desta forma realizar um planejamento prévio para possíveis dificuldades de mobilidade urbana que possam ocorrer pela falta de vagas de estacionamento. Sendo o edifício em estrutura metálica parafusada, onde esta metodologia construtiva acrescenta características únicas à construção, desde a redução de gastos até o maior aproveitamento do terreno para disponibilizar vagas. Desta forma foram abordadas as vantagens e desvantagens das estruturas metálicas, análise de uma boa localização para construção do edifício, bem como a elaboração do projeto arquitetônico e o dimensionamento da estrutura metálica.

Palavras-Chave: Dimensionamento. Edifício Garagem Automatizado. Estrutura Metálica.

ABSTRACT

This work presents the project for the implementation of an automated garage building in the city of Caçador-SC, seeking in this way to make a prior planning for

¹ Rodrigo Debastiani. Acadêmico do Curso de Engenharia Civil da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (UNIARP).

² Luiz Fernando Gardini. Professor Orientador. Graduado em Engenharia de Produção - Mecânica, pela Universidade do Oeste de Santa Catarina, Pós Graduado em Engenharia de Produção, pela Universidade do Oeste de Santa Catarina, Pós Graduado em Engenharia de Segurança do Trabalho, pela Universidade do Oeste de Santa Catarina e docente do Curso de Engenharia Civil da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe.

possible difficulties of urban mobility that may occur due to the lack of parking spaces. Being the building in bolted metallic structure, where it is constructive methodology adds unique characteristics to the construction, from the reduction of expenses to the greater use of the land to make vacancies available. In this way the advantages and disadvantages of the metallic structures, the analysis of a good location for building construction, as well as the elaboration of the architectural design and the dimensioning of the metallic structure were discussed.

Keywords: Sizing. Building Automated Garage. Metal structure.

INTRODUÇÃO

A atualidade nos remete a era do imediatismo, e a agilidade das informações faz com que as nossas ações e decisões tenham que ser tomadas rapidamente. Imediatismo este que pode ser visualizado no grande aumento da frota de veículos em diversas cidades do país, resultado este, da necessidade de uma locomoção rápida que o modelo atual da sociedade nos impõe.

Sendo que infraestrutura viária brasileira vem sofrendo durante anos com diversos fatores que acabam reduzindo rapidamente a vida útil para a qual foram projetadas. Dentre os fatores que influenciam neste desgaste precoce, e que vem criando dificuldades principalmente nos centros urbanos, é o grande aumento da frota de veículos. Esta crescente no número acabou sobrecarregando toda a infraestrutura existente, congestionando as ruas e, com o número de veículos circulando excedendo a quantidade de vagas de estacionamento existentes acarretou na falta de áreas destinadas ao armazenamento dos automóveis.

Para melhorar as condições de tráfego e criar novas vagas de estacionamento em ruas de maior movimento, se torna necessário pensar de forma criativa para adotar as melhores soluções, onde se obtenha um número maior de vagas com grande praticidade. Sendo o estacionamento vertical uma solução adequada para a situação, por se tratar de um edifício em estrutura metálica, onde as pessoas não tem acesso ao interior do edifício, pois os veículos são levados até as vagas por um equipamento totalmente automatizado.

Aonde o edifício é construído em estrutura metálica, e na sua estrutura dispensar a utilização de lajes, pois os veículos ficam armazenados em plataformas metálicas, a construção do edifício se torna muito mais rápida e com menos gastos

se comparada a edificações de concreto armado. E pela sua capacidade de armazenar grande quantidade de veículos, abrindo assim a possibilidade da retirada de vagas de estacionamento de algumas ruas ao seu redor, onde seu espaço antes utilizado para a parada de veículos pode ser transformada em mais uma faixa de circulação.

O presente trabalho aborda estruturas metálicas, bem como as suas características. Destacando neste contexto, a sua utilização em uma edificação destinada a estacionamento vertical automatizado, explanando assim o funcionamento de um edifício garagem normal e um vertical automatizado. Tendo foco principal no dimensionamento da estrutura metálica para o edifício garagem.

DESENVOLVIMENTO

De acordo com dados históricos, aproximadamente 6 mil anos a.C. a civilização obteve ferro, nas regiões do Egito, Babilônia e Índia. Utilizado para fins militares ou como enfeite para construções, por sua raridade na época era um material considerado nobre. A partir do século XIX, impulsionados pela revolução industrial, alguns países europeus como Alemanha, Inglaterra e França realizavam tentativas de industrialização do aço (BELLEI; PINHO; PINHO, 2008).

Com o passar dos anos cada vez mais países se interessavam pelo aço o que ocasionou o crescimento do mesmo. Entre 1850 e 1880 o ferro forjado foi utilizado principalmente em pontes ferroviárias. A produção em larga escala do aço foi possível nos meados de 1860, devido um forno inventado por Henry Bessemer em 1856, sendo que a partir daí surgiram outros tipos de forno, como o dos irmãos Martin em 1864, e o processo Siemens-Martin em 1867. O aço começa a ser utilizado de forma mais ampla, substituindo o ferro, onde em 1880 os laminadores para barras começam a ser implantados. O aço-carbono foi amplamente utilizado nos meados do século XX, a partir de 1950 o aço passou a ter maior resistência, sendo que hoje às estruturas de maior porte utilizam diversas categorias de aço (PFEIL; PFEIL, 2009).

VANTAGENS DAS ESTRUTURAS METÁLICAS

Sabendo que cada sistema construtivo possui suas características únicas

que viabilizam ou não a sua utilização para determinada estrutura, podem ser citadas as seguintes vantagens das estruturas metálicas:

São as seguintes as principais vantagens das estruturas de aço:

- 1 - Alta resistência do aço em comparação com outros materiais.
- 2 - O aço é um material homogêneo de produção controlada.
- 3 - As estruturas são produzidas em fábricas por processos industrializados seriados, cujo efeito de escala favorece a menores prazos e menores custos.
- 4 - Os elementos das estruturas metálicas podem ser desmontados e substituídos com facilidade e permitem também reforço quando necessário.
- 5 - A possibilidade de reaproveitamento do material que não seja mais necessário à construção.
- 6 - Menor prazo de execução se comparado com outros materiais (BELLEI; PINHO; PINHO, 2008, p. 23).

Além das vantagens apresentadas, a substituição do sistema estrutural traz mais benefícios conforme Bellei, Pinho e Pinho (2008, p. 23):

- Menor Custo de Administração
Devido ao menor número de operários, menor prazo de obra e uma redução substancial dos gastos com limpeza da obra (retirada de entulhos).
- Economia nas Fundações
Devido ao menor peso do edifício em aço (o esqueleto metálico pesa em média dez vezes menos que o de concreto), possibilitando uma redução do número de estacas por base e/ou do número de bases com o emprego de vãos maiores.
- Menor Consumo de Revestimento
Devido à maior precisão de fabricação das estruturas metálicas (milímetros e não centímetros), haverá uma redução significativa nas espessuras dos revestimentos (emboço e reboco).
- Rapidez de Execução
Pela possibilidade de superposição de diversas atividades na obra, bem como um número maior de frentes para a mesma atividade.
- Maior Lucratividade do Investimento
Devido à maior velocidade de giro do capital investido e à maior área útil com elementos estruturais de menores dimensões.

A possibilidade de uma industrialização de grande parte dos elementos da construção que, podem ser fabricados até fora do canteiro da obra e posteriormente levados até o mesmo, facilita o controle de qualidade de cada elemento e dos serviços executados, favorecendo também para a criação de um ambiente mais adequado para a execução do serviço. Quando uma pessoa trabalha

em um ambiente adequado para a execução do seu serviço, o mesmo vem acompanhado de diversos fatores que influenciam diretamente no desenvolvimento de sua atividade e tudo que está ligada a ela, como exemplo, a redução de acidentes de trabalho que, estão interligados com o tempo para a execução dos serviços, bem como no orçamento final da obra (BELLEI; PINHO; PINHO, 2008).

PROPRIEDADES DOS AÇOS

A seguir algumas características e propriedades do aço.

Ductilidade

Segundo o portal CIMM (CENTRO DE INFORMAÇÃO METAL MECÂNICA, 2016) a ductilidade de um material pode ser definida como:

Capacidade dos materiais de se deformarem sem se romperem. [...] Logo, a ductilidade é uma medida da extensão da deformação que ocorre até a fratura.

Fragilidade

Para Pfeil e Pfeil (2009, p. 16) fragilidade é “o oposto de ductilidade. Os aços podem se tornar frágeis pela ação de agentes: baixas temperaturas ambientes, efeitos térmicos locais causados, por exemplo, por solda elétrica etc”.

O portal CIMM (2016) cita que:

Materiais muito duros tendem a se quebrar com facilidade, não suportando choques, enquanto que os materiais menos duros resistem melhor aos choques. Assim os materiais que possuem baixa resistência aos choques são chamados frágeis.

Resiliência e tenacidade

Resiliência é definida pelo portal CIMM (2016) como:

Capacidade de um material absorver energia mecânica em regime elástico (ou resistir à energia mecânica absorvida) por unidade de volume e readquirir a forma original quando retirada a carga que provocou a deformação. Quanto mais resiliente for o metal, menos frágil este será [...].

E tenacidade é descrito pelo portal CIMM (2016) como:

Capacidade que o material possui de absorver energia total (elástica e plástica) por unidade de volume até atingir a ruptura (fratura). O material capaz de absorver uma quantidade elevada de energia nesse regime é dito tenaz. É o oposto do material frágil, onde se tem a fratura com pequena absorção de energia.

Corrosão

Corrosão foi definida segundo Pfeil e Pfeil (2009, p. 18) como, “[...] o processo de reação do aço com alguns elementos presentes no ambiente em que se encontra exposto [...]”.

Tal processo acaba fazendo com que o aço praticamente retornar ao seu estado natural como minério de ferro. E a ação da corrosão sobre o aço, resulta na redução da seção original da peça, podendo ocasionar o colapso da estrutura (PFEIL; PFEIL, 2009).

Pintura e tratamento superficial

Como uma das principais formas de proteção superficial das estruturas metálicas podemos citar a pintura, que vem sendo empregada durante décadas de forma eficaz e, com o passar dos anos vem sofrendo melhorias notáveis (PANNONI, 2015).

Segundo Bellei, Pinho e Pinho (2008, p. 197) a pintura é “toda composição aplicada à superfície do aço com finalidade de protegê-la contra a corrosão causada pelo meio em que será exposta, de modo a garantir sua vida útil”

No sistema de pintura, para que sua durabilidade seja eficiente é de suma importância o preparo prévio da superfície, que consiste em alcançar dois objetivos apontados por Pannonni (2015, p. 47) como:

- **Limpeza superficial:** Trata-se da remoção da superfície de materiais que possam impedir o contato direto da tinta com o aço, como pós (diversos), gorduras, óleos, combustíveis, graxas, ferrugem, carepa de laminação, resíduos de tintas, etc. O nível requerido de limpeza superficial variará de acordo com as restrições operacionais existentes, do tempo e dos métodos disponíveis para a limpeza, do tipo de superfície presente e do sistema de pintura escolhido, uma vez que diferentes tintas possuem diferentes graus de aderência sobre as superfícies metálicas;

- Ancoragem mecânica: O aumento da rugosidade superficial proporciona um aumento da superfície de contato entre o metal e a tinta, contribuindo, desse modo, para o aumento da aderência. O perfil de rugosidade especificado está ligado à espessura (total) da camada seca de tinta.

Produtos Laminados

Os produtos laminados podem ser classificados em barras, chapas e perfis (PFEIL; PFEIL, 2009).

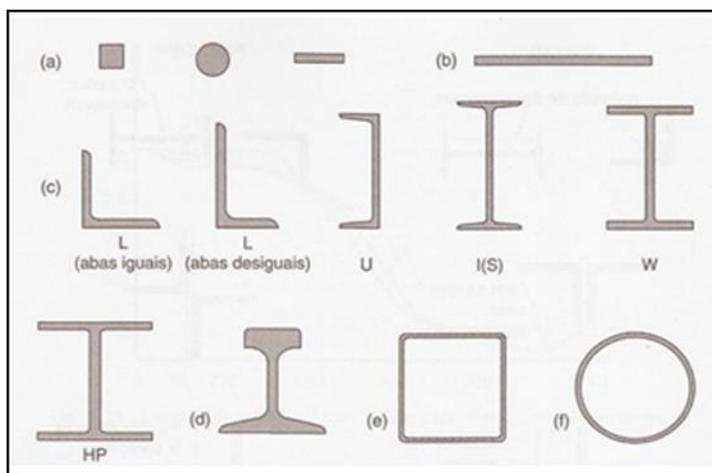


Figura 1 - Produtos siderúrgicos laminados

Fonte: PFEIL e PFEIL (2009)

Sendo os principais tipos de produtos siderúrgicos apontados na imagem anterior segundo Pfeil e Pfeil (2009, p. 120):(a) barras, com diversas seções transversais (quadrada, redonda, chata); (b) chapas; (c) perfis estruturais laminados; (d) trilho; (e) tubo quadrado; (f) tubo redondo.

O Brasil produz aço seguindo determinações de normas estrangeiras, especialmente a ASTM (American Society for Testing and Materials) e DIN (Deutsche Industrie Normen) (METALICA, Ca. 2010).

TIPOS DE LIGAÇÕES

Bellei; Pinho e Pinho (2008, p. 102) apresentam ligação como, “[...] a união entre dois membros ou peças em qualquer tipo de estrutura [...]” que, no quesito segurança em estruturas metálicas, são pontos cruciais, além de influenciar

diretamente nos custos da obra, pois cada situação pode ser adotado diferentes tipos de ligação que, possuem entre si grandes diferenças de preço.

Segundo Freire [Ca. 2014], “as ligações devem ser utilizadas de forma a transmitir as cargas atuantes às peças e restringir as deformações na estrutura a limites admissíveis”.

Para a segurança de uma ligação as normas recomendam uma resistência mínima, não sendo considerado os esforços que atuam sobre ela. No caso de edificações as ligações mais comuns são: Viga-Viga; Viga-Pilar; Pilar-Pilar; e Pilar-Fundação (BELLEI; PINHO; PINHO, 2008, p. 102).

As ligações podem ser feitas de duas formas, sendo elas soldadas ou com conectores, que se dividem também em permanentes ou desmontáveis. Ligações soldadas são permanentes, já os conectores se enquadram em ambas as classificações, pois os rebites são permanentes enquanto os parafusos são desmontáveis (FREIRE, [Ca. 2014]).

Ligações soldadas

A soldagem é definida por Bellei, Pinho e Pinho (2008, p. 102) como “[...] a técnica de unir duas ou mais partes construtivas de um todo, assegurando entre elas a continuidade do material e em consequência suas características mecânicas e químicas, bem como os esforços a que ela está sujeita”.

Nas estruturas metálicas a soldagem ocorre por fusão, que consiste em aquecer as peças até as mesmas se fundirem, podendo ser ligações diretas entre os dois elementos ou, com a utilização de um material específico para o preenchimento do vazio entre mesmas. Os processos mais comuns de solda são por arco elétrico, resistência e, solda a arco elétrico (FREIRE, [Ca. 2014]).

O processo de soldagem evoluiu com o passar dos anos, sendo que as dificuldades e temores com sua utilização foram reduzindo gradativamente, por exemplo, os problemas com as fissuras e a fadiga do material. Hoje, como as principais vantagens e desvantagens das ligações por solda podem ser definidas por Bellei, Pinho e Pinho (2008, p. 103):

Vantagens:

- A grande vantagem está na economia do material, porque o uso de soldagem permite o aproveitamento total do material (área líquida =

área bruta). As estruturas soldadas permitem eliminar uma grande percentagem de chapas de ligação em relação às estruturas parafusadas.

Em algumas estruturas de pontes ou treliças é possível economizar de 15% ou mais de peso do aço.

- As estruturas soldadas são mais rígidas, porque os membros normalmente estão soldados diretamente um ao outro, ao contrário das ligações parafusadas que são invariavelmente feitas através de chapas de ligação ou cantoneiras. Por outro lado, a maior rigidez pode ser uma desvantagem onde há necessidade de conexões simples com pouca resistência a momento. Cabe ao calculista especificar com cuidado o tipo de junta mais adequada.
- Facilidade de se realizar modificações nos desenhos das peças e de se corrigir erros durante a montagem a um custo menor do que as parafusadas.
- Uso de uma quantidade menor de peças e, como resultado, menor tempo de detalhe, fabricação e montagem.

Desvantagens:

- Uma das desvantagens das estruturas soldadas de grandes extensões é a redução que a mesma sofre no comprimento devido aos efeitos cumulativos de retração.
- Energia elétrica insuficiente no local de montagem, o que exigiria a colocação de geradores para acionar as máquinas de solda.
- Exige uma maior análise de fadiga do que as estruturas parafusadas, podendo, em muitos casos, reduzir as tensões admissíveis a níveis muito baixos.
- Maior tempo de montagem.

Ligações com conectores

Para Pfeil e Pfeil (2009, p. 63):

O conector é um meio de união que trabalha através de furos feitos nas chapas. Em estruturas usuais, encontram-se os seguintes tipos de conectores: rebites, parafusos comuns e parafusos de alta resistência. Em estruturas fabricadas a partir de 1950, as ligações rebitadas foram substituídas por ligações parafusadas ou soldadas.

Ligações parafusadas

Ambos os tipos de ligação, as soldadas e as parafusadas, são amplamente utilizadas na montagem de estruturas, seja em fábricas ou na montagem em campo. Sendo que os parafusos vieram substituir, as ligações rebitadas que eram amplamente usadas até 1969, no Brasil (BELLEI; PINHO; PINHO, p. 117, 2008).

Se limitando a ligações em campo devido ao elevado custo da furação das peças, as ligações parafusadas são preparadas as furações em fábrica e finalizadas em campo com a fixação dos parafusos. Este tipo de ligação faz uso de parafusos com cabeça sextavada que podem ser classificados segundo Freire (Ca. 2014) em:

- a) Parafusos comuns ou pretos: são utilizados em estruturas leves e peças de menor importância estrutural, são conhecidos também como parafusos de tolerância grossa.
- b) Parafusos usinados ou de tolerância fina: apresentam custo elevado e são empregados em estruturas sujeitas a cargas dinâmicas, como vigas de rolamento e pontes ferroviárias.
- c) Parafusos de alta resistência: são utilizados em ligações que transmitem cargas estáticas e dinâmicas. Resistem aos esforços de cisalhamento transmitidos por atrito.

Para Bellei, Pinho e Pinho (2008, p. 118) as vantagens e desvantagens de maior relevância das ligações parafusadas são:

Vantagens:

- Rapidez na fabricação das peças.
- Rapidez nas ligações de campo.
- Economia com relação ao consumo de energia, podendo ser empregado em locais onde há pouca energia disponível.
- Uso de poucas pessoas (2) não muito qualificadas, como é o caso dos soldadores.
- Melhor resposta às tensões de fadiga.

Desvantagens:

- Necessidade de verificação de áreas líquidas e esmagamentos das peças, o que muitas vezes exige reforço dessas partes.
- Necessidade de previsão antecipada, para evitar falta de parafusos na obras.
- Necessidade, em alguns casos, de se realizar uma pré-montagem de fábrica para o casamento perfeito dos furos.
- Maior dificuldade de se fazer modificações e correções na montagem.

Parafusos comuns

Empregados geralmente em estruturas leves, em membros secundários, aonde as cargas são de pequena intensidade, ou até mesmo em caráter temporário durante a fase de montagem da estrutura, para depois serem substituídos pelos parafusos de alta resistência ou pela solda que que faram a fixação permanente. Compostos de aço-carbono e nomeados de ASTM A307, são os tipos de parafusos de menor custo (BELLEI; PINHO; PINHO, p. 118, 2008).

Parafusos de alta resistência

Os parafusos de alta resistência são utilizados em ligações de peças sujeitas a receber grandes cargas, onde Bellei, Pinho e Pinho (2008, p. 119) citam que a AISC e a NBR 8800 estabelecem algumas premissas básicas para o uso de parafusos de alta resistência, sendo que tais situações podem ser classificadas como:

- a) Todas as emendas de pilares se a estrutura tiver uma altura igual ou maior que 40 m;
- b) Ligações de vigas e treliças das quais depende o sistema de contraventamento, ligações de vigas e treliças com pilares, e emendas de pilares nas estruturas com mais de 40 m de altura;
- c) Ligações e emendas de treliças de cobertura, ligações de treliças com pilares, emendas de pilares, ligações de contraventamento de pilares, ligações de mãos francesas ou mísulas usadas para reforço de pórticos, e ligações de peças suportes de pontes rolantes, nas estruturas com pontes rolantes de capacidade superior a 50kN;
- d) Ligações de peças sujeitas a ações que produzem impactos ou tensões reversas;
- e) Qualquer outra ligação que for especificada nos desenhos das estruturas.

Ainda segundo Bellei, Pinho e Pinho (2008, p. 119), o ASTM A325 e o ASTM A490 são os tipos básicos de parafusos de maior utilização, sendo o A325 constituído de aços de médio ou baixo carbono com limite de escoamento de 57 a 65 kN/cm² dependendo do seu diâmetro, enquanto o A490 é fabricado com aços de baixa liga e seu limite de escoamento fica entre 80 e 90 kN/cm² conforme seu diâmetro.

Rebites

Segundo Pfeil e Pfeil (2009, p. 63) os rebites são:

[...] conectores instalados a quente, o produto final apresenta duas cabeças. [...]. Pelo resfriamento, o rebite aperta as chapas entre si; o esforço de aperto é, entretanto, muito variável, não se podendo garantir um valor mínimo a considerar nos cálculos. Consequentemente, os rebites eram calculados pelos esforços transmitidos por apoio do fuste nas chapas e por corte na seção transversal do fuste [...].

Ligações mistas

Este tipo de ligação são aquelas que combinam a solda com os parafusos, podendo gerar certa economia no valor da obra por possibilitar a escolha do melhor tipo de ligação para cada situação, acrescentando também uma maior segurança da estrutura (BELLEI; PINHO; PINHO, 2008).

Para Bellei; Pinho e Pinho (2008, p. 131) as vantagens e desvantagens das ligações mistas são:

Vantagens

- Rapidez na montagem de campo, permitindo que se faça a montagem da parte parafusada e em seguida possa se iniciar a solda com maior segurança.
- Menor custo de solda na operação de campo em relação às ligações totalmente soldadas, pois essas só serão usadas nas mesas.

Desvantagens

- Maior preparação das peças na fabricação, pois parte deve ser preparada para solda de campo e parte deve sair com furo.

Sistemas Estruturais

Para Bellei, Pinho e Pinho (2008, p. 74) os principais componentes das estruturas dos edifícios são:

[...] formados principalmente por componentes estruturais horizontais (vigas) e verticais (pilares) e as cargas horizontais devidas à ação dos ventos têm sempre uma grande influência no seu dimensionamento.

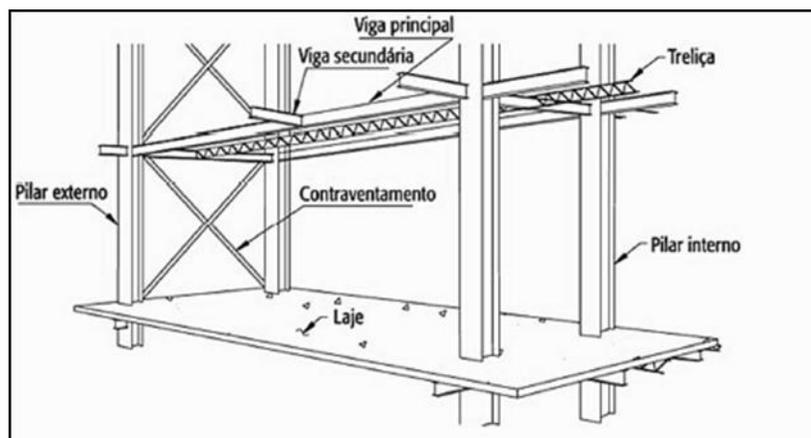


Figura 2 – Componentes estruturais típicos de um edifício

Fonte: BELLEI e PINHO (2008)

Edifício Garagem

Segundo Bevilaqua (2016):

No início do século XX já era possível observar a necessidade da construção de edifícios-garagem, dada a falta de espaço nas cidades para abrigar os veículos dos habitantes. Em 1925 surge o primeiro edifício-garagem, na cidade de Berlim, Alemanha, onde os veículos eram transportados para os pisos superiores por meio de elevadores. Entretanto, somente depois da Segunda Guerra Mundial, nos anos 1950, iniciou-se a construção sistemática de edifícios-garagem na Europa.

No Brasil, o primeiro edifício-garagem foi construído em 1954, na cidade de São Paulo. O Edifício Garagem América possui 15 andares e capacidade para 500 automóveis e está em operação até hoje. Atualmente, as empresas de estacionamento exploram os últimos espaços nas áreas centrais das cidades. Essas áreas são, em sua maioria, subaproveitadas com estacionamentos térreos. A utilização de edifícios-garagem permite o aumento do número de vagas e do faturamento, que pode chegar a três vezes ou mais.

Tipos de edifícios garagem

Para Bevilaqua (2016):

Os edifícios-garagem podem ser divididos em três grandes grupos: edifícios com rampas de acesso aos veículos, edifícios com elevadores que movimentam os veículos entre os pavimentos e edifícios-garagem automatizados, nos quais não há a necessidade de corredores de acesso e a movimentação dos veículos é feita por dispositivos hidráulicos.

Com isto pode se destacar que o funcionamento do estacionamento vertical comum com rampas utiliza uma área maior do que os automatizados, pois necessita de espaços para a circulação dos veículos no seu interior para os usuários conduzirem seus veículos até uma vaga livre.

Estacionamento Vertical Automatizado

Os estacionamentos verticais são edifícios-garagem aonde a condução interna do veículo até a vaga de armazenamento é totalmente automatizada, dispensando a necessidade dos usuários terem acesso ao interior da edificação, pois os veículos são levados até as vagas por um equipamento robotizado

semelhante a um elevador. Constituído de estrutura metálica tais edificações não necessitam de lajes para piso assim como elementos para fechamentos, e são chamadas de MAPS que traduzindo para o português significa sistema de estacionamento modular automatizado (REZENDE; GOUVEIA, 2006 apud PORTAL METALICA, Ca. 2010).

O funcionamento desta edificação consiste em um manobrista-robô que pega o veículo no trilho, eleva verticalmente, move lateralmente e estaciona o carro onde existir vaga, tendo como serviço para os funcionários apenas a operação do equipamento. Sendo composto por células que comportam dois ou quatro veículos, os módulos de estacionamento possuem dimensões que atendem a maioria dos modelos de automóveis (REZENDE; GOUVEIA, 2006 apud PORTAL METALICA, Ca. 2010).

Como destaque deste tipo de módulo de estacionamento automatizado podem ser citados o sistema módulo lateral, sistema duplo 4, sistema módulo circular 4 e o sistema módulo circular 12 (REZENDE; GOUVEIA, 2006, apud PORTAL METALICA, Ca. 2010).

Sistema Módulo Duplo 4:

Cada módulo poderia comportar dois veículos de cada lado da estrutura, sendo, então, um total de quatro veículos por conjunto de módulo. O espaço entre os módulos é destinado para o movimento do equipamento transportador, que teriam movimentos horizontais e verticais. O elevador deverá ter uma coluna vertical, que se movimenta 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 (como descrito no Sistema Módulo Lateral). Para a implantação de cada módulo é necessário um espaço de 4,50 m x 15,00 m, incluindo uma área livre no centro da estrutura de 4,50 m x 5,00 m destinada ao elevador. Essa tipologia de MAPS apresenta um rendimento de 11,25 m²/vaga.

O ponto negativo desta tipologia é o tempo de guardar e retirar os veículos. Como no sistema só há um único dispositivo de transporte, o processo perde agilidade. Para reduzir o tempo de operação a solução é investir em equipamentos mais velozes ou então aumentar o número de dispositivos, o que o que representa a perda de duas vagas por cada equipamento transportador (REZENDE; GOUVEIA 2006 apud PORTAL METALICA, Ca. 2010).

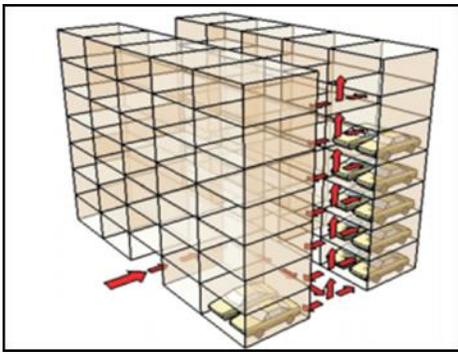


Figura 3 – Sistema modulo duplo 4

Fonte: REZENDE e GOUVEIA (2006)

Sistema Módulo Circular 4:

Para essa tipologia de sistema pode-se adotar como solução as mesmas configurações apresentadas no Sistema Módulo Duplo 4. A diferença, porém, é a disposição: no Sistema Módulo Circular 4 ela é em forma radial, totalizando quatro módulos por pavimento. Nesse tipo de sistema, o elevador não tem a capacidade de movimento horizontal, apenas movimento vertical e capacidade de rotação da plataforma dos veículos. Esse giro permite que o dispositivo de transferência dos veículos fique em posição adequada em relação à vaga. Essa tipologia de MAPS apresenta um rendimento de 11,53 m²/vaga (REZENDE; GOUVEIA 2006 apud PORTAL METALICA, Ca. 2010).

Sistema Módulo Circular 12:

Essa tipologia apresenta solução semelhante ao Sistema Módulo Circular 4, porem:

[...] a forma radial abriga até doze veículos por pavimento[...]. Para a implantação dessa solução, são necessários espaços muito maiores, mas, em compensação, o número de vagas também é maior.

A ampliação desse sistema pode ser feita aumentando-se o número de módulos por pavimento e, conseqüentemente, atingindo uma maior otimização dos espaços.

Essa tipologia de MAPS apresenta um rendimento de 17,20 m²/vaga (REZENDE; GOUVEIA, 2006, p. 281).

Como vantagens deste tipo de estacionamento podem ser citados aspectos desde a sua construção até o dia-a-dia como, por exemplo, a estrutura é construída a partir de estruturas metálicas, o que possibilita maior agilidade na construção. Se comparados a estacionamentos subterrâneos convencionais, os estacionamentos verticais são até 30% mais baratos, pois dispensam escavações e

obras de contenção, diminuindo assim a geração de entulho. Além disso, com os estacionamentos verticais minimizam o espaço ocupado pelos veículos, toda a área da construção do de ser otimizada, proporcionando um melhor aproveitamento do terreno, bem como dispensar a necessidade de rampas, escadas, elevadores, sistemas de ventilação, manobristas além de proporcionar um maior numero de vagas do que estacionamentos convencionais de mesmas dimensões (PORTAL METALICA, Ca. 2010).

METODOLOGIA

O dimensionamento da estrutura foi realizado conforme segundo NBR 6123 (ABNT, 2013) - Forças devidas ao vento em edificações, NBR 6120 (ABNT, 2014) – Cargas para o cálculo de estruturas de edificações e NBR 8800 (ABNT, 2008) - Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios, utilizando o software Ftool para cálculo das reações, esforço cortante e momento fletor das vigas e pilares. No projeto arquitetônico foram respeitadas as leis municipais referentes à ocupação do solo, e com a utilização do software AutoCad realizado projeto arquitetônico.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com base nos critérios adotados foi selecionado o terreno localizado na Avenida Barrão do Rio Branco, numero 245, terreno este que proporcionou realizar projeto arquitetônico com as seguintes dimensões: 37 m de largura x 29,70 m comprimento, pé direito de 3 metros cada andar, com 4 andares totalizando 15 m de altura. Disponibilizando espaço para implantação de elevador para pessoas e escadas, 146 vagas de estacionamento onde 108 com 2,50 m x 5,50, e 38 de 2,50 m x 5,30 m.

O dimensionamento da estrutura foi realizado conforme segundo NBR 6123 (ABNT, 2013) - Forças devidas ao vento em edificações, NBR 6120 (ABNT, 2014) – Cargas para o calculo de estruturas de edificações e NBR 8800 (ABNT, 2008) - Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Levando em consideração as dimensões citadas anteriormente e como

fechamento lateral utilizado tijolo de alvenaria furado, reboco dos dois lados da parede, no lugar do elevador de carros e de pessoas a carga considerada foi da casa de maquinas conforme NBR 6120 (ABNT, 2014) – Cargas para o calculo de estruturas de edificações, assim calculado as reações e momentos no Ftool, e dimensionamento das vigas, pilares, chapas de fixação, parafusos, chumbadores e base dos pilares realizados manualmente.

Os resultados encontrados proporcionaram moldar uma estrutura com as seguintes características apresentadas na tabela abaixo.

Tabela 1 – Dimensionamento da Estrutura

Vigas	Perfil I Açominas – W 610 x 113,0
Pilares	Perfil I Soldado – CVS 600 x 412
Parafusos	4 parafusos A325 – 1” (cada chapa de fixação)
Chapas de Fixação	5/16” ou 7,7 mm
Base dos Pilares	2” ou 45 mm
Chumbadores	4Ø 20mm (cada base)

Fonte: (AUTOR, 2016)

CONCLUSÃO

Com a elaboração do presente trabalho, realizando pesquisa em diversas fontes, o conhecimento adquirido proporcionou um maior entendimento sobre construção em estrutura metálica, desde o princípio da sua utilização na civilização datada aproximadamente em 6 mil a.C. até os tempos atuais, além de trazer uma maior compreensão das características técnicas referentes a estruturas metálicas.

Como grande vantagem para os demais sistemas construtivos, as construções em estruturas metálicas podem reduzir consideravelmente o valor final da obra, muito se deve a agilidade na construção, assim diminuindo os gastos com a mão de obra, bem como a possibilidade de industrializar parte da construção, que proporciona um controle rigoroso dos matérias reduzindo o desperdício do mesmo, sendo também reduzido os gastos com a fundação, por se tratar de um material leve, viabilizando construções com um peso final menor se comparados a estruturas de concreto armado. Como outro destaque das construções em estruturas metálicas é a facilidade na manutenção, sendo possível

a substituição de elementos estruturais com problemas de maneira prática e rápida, onde tal elemento estrutural pode ser reaproveitado em outra estrutura, situação que não ocorre com estruturas de concreto armado.

A falta de espaço nos grandes centros urbanos para armazenamento de veículos já é uma realidade que cria diversas dificuldades para a população que, necessita cada vez mais desprender o menor tempo possível na busca de vagas para estacionar seus veículos. Para ampliar o número de vagas de estacionamento de veículos surgiram os estacionamentos verticais e posteriormente os estacionamentos verticais automatizados. O estacionamento vertical comum consiste em uma edificação de múltiplos andares com rampas e espaços para a circulação dos automóveis, onde o usuário necessita adentrar na edificação com seu veículo e conduzi-lo até uma vaga livre. Como grande diferença do estacionamento vertical comum o estacionamento vertical automatizado não necessita de rampas e áreas para circulação de veículos, pois os usuários não tem acesso ao interior da edificação, portanto permitindo um maior aproveitamento da área do terreno, sendo que o veículo é conduzido e retirado da vaga através de um elevador automatizado.

Tendo como base os critérios adotados para selecionar o terreno, o mesmo atende as necessidades para implantação de um edifício garagem automatizado, possibilitando a elaboração de projeto arquitetônico que seguindo recomendações da legislação municipal sobre a ocupação do terreno, proporcionou projetar o edifício com 37 m por 27,70 m, com 3 metros de pé direito em cada andar, com 4 andares totalizando 15 m de altura. Disponibilizando 38 vagas de estacionamento do 3º e 4º andar, 36 no 2º e 34 no 1º andar, totalizando 146 vagas de estacionamento, sendo 38 de 2,50 m x 5,30 m, e 108 vagas de 2,50 m x 5,50 m, dimensões estas que comportam a maioria dos tamanhos de carros utilitários nacionais.

Com o dimensionamento da estrutura metálica do edifício segundo NBR 6123 (ABNT, 2013) - Forças devidas ao vento em edificações, NBR 6120 (ABNT, 2014) – Cargas para o cálculo de estruturas de edificações e NBR 8800 (ABNT, 2008) - Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios, pode ser moldado a estrutura com vigas de perfil I Açominas – W 610 x 113,0, e pilares também em perfil I soldado – CVS 600 x 412, comprovando em

cálculos que os mesmos absorvem os esforços aplicados sobre os mesmos, bem como os demais elementos da estrutura.

Desta forma com o projeto arquitetônico elaborado e a estrutura da edificação dimensionada, para complementar o estudo sobre o assunto, pode ser realizado o projeto de automatização do edifício garagem, trazendo detalhes técnicos de máquinas e sistemas necessários para a realização do mesmo. Entre outro ponto a ser explorado, cabe uma análise de viabilidade da construção do edifício garagem automatizado, para comprovar se é viável ou não a sua construção no terreno escolhido ou para a cidade de Caçador-SC como um todo, mesclando informações sobre a estrutura e sobre a automatização do edifício podendo assim obter informações mais detalhadas sobre investimentos necessários para implantação do mesmo.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6120**: cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6123**: Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8800**: projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro, 2008.

BELLEI, Ildony H; PINHO, Fernando O; PINHO, Mauro O. **Edifícios de múltiplos andares em aço**. 2. ed. São Paulo: Pini, 2008.

BEVILAQUA, Rosane. **Edifícios Garagem Estruturados em Aço**, São Paulo, 02 Set. 2010. Disponível em:
<<http://www.abcem.org.br/construmetal/2010/downloads/contribuicoes-tecnicas/19-edificios-garagem-estruturados-em-aco.pdf>>. Acesso em: 20 Mar. 2016.

BIAJANTE, Camila. **Estacionamentos mas competitivos**: O desafio de otimizar espaços e surpreender os usuários, Abr. 2013. Disponível em:
<<http://www.revistainfra.com.br/portal/Textos/?Entrevistas/13656/Estacionamentos-mais-competitivos->>>. Acesso em: 14 Mar. 2016.

CENTRO DE INFORMAÇÃO METAL MECÂNICA - CIMM. **O que é Ductilidade.**

Disponível em: <<http://www.cimm.com.br/portal/verbetes/exibir/440-ductilidade>>. Acesso: 07 de Mar. 2016.

CENTRO DE INFORMAÇÃO METAL MECÂNICA - CIMM. **O que é Fadiga.** Disponível em: <<http://www.cimm.com.br/portal/verbetes/exibir/475-fadiga>>. Acesso: 07 de Mar. 2016.

CENTRO DE INFORMAÇÃO METAL MECÂNICA - CIMM. **O que é Resiliência.** Disponível em: <<http://www.cimm.com.br/portal/verbetes/exibir/443-resiliencia>>. Acesso: 08 de Mar. 2016.

CENTRO DE INFORMAÇÃO METAL MECÂNICA - CIMM. **O que é Tenacidade.** Disponível em: <<http://www.cimm.com.br/portal/verbetes/exibir/437-tenacidade>>. Acesso: 08 de Mar. 2016.