

**UNIEVANGÉLICA**

**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**FRANCISCO LIMA DE SOUSA  
RODRIGO DA VEIGA FERREIRA**

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE ESTRUTURAS  
METÁLICAS E DE CONCRETO**

**ANÁPOLIS / GO**

**2021**

**FRANCISCO LIMA DE SOUSA  
RODRIGO DA VEIGA FERREIRA**

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE ESTRUTURAS  
METÁLICAS E DE CONCRETO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

**ORIENTADOR: ROGÉRIO SANTOS CARDOSO**

**ANÁPOLIS / GO: 2021**

## FICHA CATALOGRÁFICA

SOUZA, FRANCISCO LIMA DE/ FERREIRA, RODRIGO DA VEIGA

Estudo comparativo entre estruturas metálicas e de concreto  
89P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2021).

TCC - UniEVANGÉLICA

Curso de Engenharia Civil.

- |             |                       |
|-------------|-----------------------|
| 1. Concreto | 2. Estrutura metálica |
| 3. Aço      | 4. Estrutura          |
| I. ENC/UNI  | II. Bacharel          |

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SOUZA, Francisco Lima de; FERREIRA, Rodrigo da Veiga. Estudo comparativo entre estruturas metálicas e de concreto. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA, Anápolis, GO, 89p. 2021.

## CESSÃO DE DIREITOS

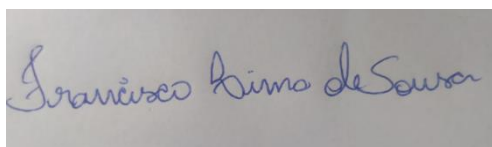
NOME DO AUTOR: Francisco Lima de Sousa

Rodrigo da Veiga Ferreira

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Estudo comparativo entre estruturas metálicas e de concreto

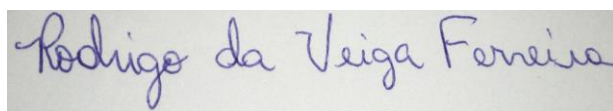
GRAU: Bacharel em Engenharia Civil ANO: 2021

É concedida à UniEVANGÉLICA a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



Francisco Lima de Sousa

E-mail: franlima894@gmail.com



Rodrigo da Veiga Ferreira

E-mail: engcivilrodrigoveiga@gmail.com

**FRANCISCO LIMA DE SOUSA  
RODRIGO DA VEIGA FERREIRA**

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE ESTRUTURAS  
METÁLICAS E DE CONCRETO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE  
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS  
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL**

**APROVADO POR:**



---

**ROGÉRIO SANTOS CARDOSO, Mestre (UniEVANGÉLICA)  
(ORIENTADOR)**



---

**EDUARDO MARTINS TOLEDO, Mestre (UniEVANGÉLICA)  
(EXAMINADOR INTERNO)**



---

**ANA LÚCIA CARRIJO ADORNO, Doutora (UniEVANGÉLICA)  
(EXAMINADORA INTERNA)**

**DATA: ANÁPOLIS/GO, 24 DE MAIO de 2021.**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pois sem Ele nada seria possível. Agradeço pela coragem e fé dada, e por ser o motivo pelo qual nunca me deixei abater com os problemas do dia-a-dia, procurando sempre mais forças para continuar. Agradeço à minha família em especial aos meus Pais e irmãos. Agradeço pelo apoio de todos os meus amigos e a pessoas que contribuíram ao meu conhecimento. Agradeço à todos os meus professores pelo apoio e aprendizado. Agradeço pelo apoio do nosso orientador Rogério Cardoso. Agradecimentos por toda a vivência acadêmica, apoio prestado e qualidade no ensino ofertado pelo curso de Engenharia Civil e à UniEVANGÉLICA.

Rodrigo da Veiga Ferreira

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pois somente Ele que nos dá sabedoria e força para alcançar os nossos objetivos ao longo de nossas vidas. Foram muitos dias de luta para estar aqui, ao longo da faculdade foram muitas noites estudando muitas madrugadas e durante o dia a correria das obras nos estágios, me fascinava cada vez mais e tinha a certeza de que tinha escolhido o curso certo para seguir minha carreira profissional. Cada professor da instituição tem sua participação também por ter ajudado de todas as formas as vezes reconhecendo o meu esforço e dando animo pra continuar nas horas difíceis. Também à minha família, que lutou bastante para estar onde estou hoje, também ao nosso orientador, Rogério Cardoso que deu todas as ferramentas para a realização do presente estudo.

Francisco Lima de Sousa

## **RESUMO**

Os sistemas construtivos se reinventam a cada dia, em sua diversificada cadeia, que formam obras icônicas, repassadas de geração pra geração. Mesmo que com sistemas construtivos variados, a preferência pela utilização de concreto armado, ainda prevalece em relação às outras. Afim de comparar o meio construtivo mais usual, foi elaborado um estudo comparativo entre um mesmo projeto construído, usando estrutura de concreto armado e estruturas metálicas, comparando aspectos como o tempo de execução para cada tipo, análise orçamentária e a viabilidade para cada método. Em decorrência ao aumento seguido do aço, o único quesito em que a estrutura metálica se sobressaiu ao concreto foi em relação ao tempo, como de costume, obras em estruturas metálicas terem um prazo de execução menor que obras em concreto armado, tendo um ganho de tempo estimado por cronograma de 315 dias em relação ao tempo de execução do concreto armado. A diferença no custo final da obra usando o concreto armado teve uma diferença considerável, apesar de o tempo de execução ser mais longo. A escolha do sistema a ser usado, levará em conta à finalidade da edificação a ser construída.

### **PALAVRAS-CHAVE:**

Concreto. Aço. Estrutura metálica. Estrutura.

## **ABSTRACT**

Construction systems are reinvented every day, in their diverse chain, which form iconic works, passed on from generation to generation. Even with different construction systems, the preference for the use of reinforced concrete still prevails over others. In order to compare the most usual constructive means, a comparative study was elaborated between the same constructed project, using reinforced concrete structure and metallic structures, comparing aspects such as the execution time for each type, budget analysis and the viability for each method. Due to the continuous increase in steel, the only question in which the metallic structure stood out over concrete was in relation to time, as usual, works in metallic structures have a shorter execution time than works in reinforced concrete, with a gain of estimated time per schedule of 315 days in relation to the execution time of the reinforced concrete. The difference in the final cost of the work using reinforced concrete had a considerable difference, despite the longer execution time. The choice of the system to be used will take into account the purpose of the building to be built.

### **KEYWORDS:**

Concrete. Steel. Metallic structure. Structure.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ensaio para a determinação da resistência à tração do concreto.....	18
Figura 2 - Módulo de elasticidade ou de deformação longitudinal .....	19
Figura 3 - Edifício <i>Home Insurance Building</i> .....	25
Figura 4 - Ações atuantes numa estrutura .....	29
Figura 5 - Ações atuantes numa estrutura .....	30
Figura 6 – Representação da planta baixa do terreno.....	34
Figura 7 - Representação da planta baixa do 1º pavimento .....	35
Figura 8 - Representação da planta baixa do 2º pavimento.....	36
Figura 9 - Representação da planta baixa do 3º pavimento.....	37
Figura 10 - Representação do corte A-A .....	38
Figura 11 - Vista fachada lateral do edifício em concreto armado.....	39
Figura 12 - Vista interna do edifício em concreto armado .....	39
Figura 13 - Vista da cobertura do edifício em concreto armado .....	40
Figura 14 - Vista fachada lateral e posterior.....	40
Figura 15 - Vista fachada frontal do edifício.....	41
Figura 16 - Planta de forma do edifício .....	41
Figura 17 - Pórtico 3D do edifício.....	42
Figura 18 - Planta de locação dos pilares. ....	42
Figura 19 - Isopletas da velocidade básica $V_0$ (m/s).....	44
Figura 20 - Isométrica estrutura metálica .....	45
Figura 21 - Planta de locação .....	46
Figura 22 - Planta de forma .....	46

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Memória de cálculo do tempo de elaboração do projeto em concreto armado .....	49
Tabela 2 - Memória de cálculo do tempo de elaboração do projeto em aço .....	50
Tabela 3 - Custo materiais da estrutura em estrutura metálica .....	54
Tabela 4 - Custo mão-de-obra da estrutura em estrutura metálica .....	54

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Tempo em minutos para elaboração dos projetos .....	51
Gráfico 2 - Valor dos materiais de superestrutura de cada estrutura .....	53
Gráfico 3 - Dias necessários para execução das estruturas.....	55

## **LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA**

ABNT	Associação brasileira de normas técnicas
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CA	Concreto armado
DML	Depósito de material de limpeza
FC	Resistência à compressão simples
FCT	Resistência à axial
IBGE	Instituto brasileiro de geografia e estatística
NBR	Norma brasileira

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
1.1 JUSTIFICATIVA.....	14
1.2 OBJETIVOS .....	14
<b>1.2.1 Objetivo geral .....</b>	<b>14</b>
<b>1.2.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>14</b>
1.3 METODOLOGIA .....	15
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	15
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>16</b>
2.1 CONCRETO SIMPLES.....	16
<b>2.1.1 Normas técnicas e ensaios para o concreto .....</b>	<b>17</b>
<b>2.1.2 Propriedades do concreto .....</b>	<b>17</b>
2.2 CONCRETO ARMADO .....	19
<b>2.2.1 Aços para concreto armado.....</b>	<b>21</b>
2.3 AÇO .....	22
<b>2.3.1 Propriedades do aço .....</b>	<b>23</b>
2.3.1.1 Ductibilidade.....	23
2.3.1.2 Fragilidade .....	23
2.3.1.3 Resiliência e tenacidade.....	23
2.3.1.4 Dureza.....	24
2.3.1.5 Efeito de temperatura elevada .....	24
2.3.1.6 Fadiga .....	24
2.3.1.7 Corrosão.....	24
2.4 ESTRUTURAS METÁLICAS .....	24
2.5 PROJETO ESTRUTURAL.....	27
<b>2.5.1 Projeto de estruturas metálicas.....</b>	<b>28</b>
2.5.1.1 Ações permanentes .....	29
2.5.1.2 Ações variáveis.....	29
2.6 FUNDAÇÃO .....	30
2.7 CRONOGRAMA.....	31
2.8 ORÇAMENTO .....	31
<b>3 ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>33</b>
3.1 DESCRIÇÃO DA EDIFICAÇÃO .....	33

3.2	PROJETO EM CONCRETO ARMADO .....	38
3.2.1	Ações permanentes .....	43
3.2.2	Ações variáveis.....	43
3.2.3	Lajes.....	44
3.2.4	Vigas .....	44
3.2.5	Pilares .....	45
3.2.6	Fundação .....	45
3.3	PROJETO EM ESTRUTURA METÁLICA .....	45
3.3.1	Ações permanentes .....	46
3.3.2	Ações variáveis.....	47
3.3.3	Lajes.....	47
3.3.4	Vigas .....	48
3.3.5	Pilares .....	48
3.3.6	Fundação .....	48
4	RESULTADOS .....	49
4.1	PROJETO EM CONCRETO ARMADO .....	49
4.2	PROJETO EM ESTRUTURA METÁLICA .....	50
4.3	ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS PROJETOS EM CONCRETO ARMADO E ESTRUTURA EM AÇO .....	51
4.4	ANÁLISE ORÇAMENTÁRIA .....	52
4.4.1	Orçamento estrutura em concreto armado.....	52
4.4.2	Orçamento de estrutura metálica .....	53
4.4.3	Análise comparativa entre orçamentos da estrutura metálica e concreto armado 53	
4.5	ANÁLISE DO TEMPO DE EXECUÇÃO DA ESTRUTURA.....	54
4.5.1	Análise comparativa entre o tempo de execução das estruturas em concreto armado e metálica.....	54
5	CONCLUSÃO.....	56
	REFERÊNCIAS.....	57
	APÊNDICE A – Planilha orçamentária da estrutura em concreto armado .....	60
	APÊNDICE B – Cronograma de obra em estrutura metálica .....	64
	APÊNDICE C – Cronograma de obra em estrutura de concreto armado .....	73

## 1 INTRODUÇÃO

O uso do aço na construção civil sempre foi associado à inovação, rapidez e modernidade. A primeira construção a empregar o aço de forma industrial foi a da ponte sobre o Rio Severn, na Inglaterra, no século XVIII. Foi a partir daí que se provou a possibilidade de levantar grandes estruturas com um material mais leve e resistente. A construção da Torre Eiffel, em Paris, é um dos maiores exemplos dessa época. Data-se o início de sua obra em 1887 e, apesar de possuir mais de 7 mil toneladas de ferro, é relativamente leve, já que possui mais de 300 metros de altura (GALVAMINAS, 2020).

Atualmente, o aço tem sido de grande importância para a construção civil, uma vez que as palavras “Tempo” e “Qualidade” são extremos importantes na pirâmide de produção e o aço consegue cumprir muito bem essas duas definições, fazendo parte da modernização da construção e urbanização mundial (GOMES *et al.*, 2018).

Desde o tempo de Roma, até o presente momento, o concreto apresenta constante evolução. A engenharia emprega o concreto nos seus diversos campos e, às vezes, sob ambientes extremamente agressivos. Uma infinidade gama de concretos foi criada para se adaptar aos novos e desafiadores usos, utilizando uma enorme cadeia de cimentos, agregados, adições, aditivos e formas de aplicação, como o concreto armado, protendido, projetado dentre outros mais. “Encontra-se concreto na fundação de plataformas petrolíferas dos oceanos ou enterrado a centenas de metros abaixo da terra, em fundações, túneis e 40 minas a 452m acima do solo, em arranha-céus” (KAEFER, 1998).

O consumo em grande escala do concreto como material na construção civil se deve a características como a facilidade de execução de elementos em suas diversas formas e tamanhos, a disponibilidade dos materiais constituintes que são características bastante peculiares em se comparado a outras opções de construção existentes (ANDRADE, 1997).

O concreto é o material mais usado em construções no Brasil e no mundo. No que relata a Revista Concreto & Construções (PEDROSO, 2009), estima-se que anualmente são consumidas 11 bilhões de toneladas de concreto, o que dá, segundo a *Federación Iberoamericana de Hormigón Premesclado* (FIHP), aproximadamente, um consumo médio de 1,9 toneladas de concreto por habitante por ano, valor inferior apenas ao consumo de água. No Brasil, o concreto que sai de centrais dosadoras gira em torno de 30 milhões de metros cúbicos.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

O planejamento da obra é com certeza um dos mais importantes fatores para a correta execução, de uma obra seja de qualquer categoria. Na construção civil, antes do início da execução é imprescindível a escolha dos tipos de materiais a serem usados, e é nessa fase que se deve atentar a todos os detalhes da obra.

Os materiais concreto e aço são comuns na área da construção. O concreto é um dos materiais mais usados na construção civil, alinhando resistência, durabilidade, uma gama maior nas possibilidades de uso, por se encaixar em diferentes geometrias de forma fácil e aceitável dentre outros. O aço na construção é sinônimo de ganho de tempo na execução da obra, canteiro limpo e organizado, redução de possíveis erros dentre outros.

A escolha de uma das duas opções de materiais a serem utilizados em determinada obra deve ser feita após estudos comparativos de projetos para cada tipo de obra, levando em conta custos, durabilidade e tempo de execução do tipo de construção a ser implantado.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

Esta pesquisa tem como intuito principal a comparação de dois projetos, um em estrutura metálica fornecido pela RC Metálicas Ltda. E outro adaptado pelos autores afim de comparar o tempo de execução de cada projeto, além do orçamento e cronograma para cada tipo de projeto esclarecer e ainda as principais dúvidas quanto ao emprego de cada tipo de material para os mais diversos tipos de obras.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Comparar sistemas construtivos em concreto e aço;
- Apresentar o tipo de obra em que é mais favorável o uso de determinado material;
- Análise orçamentária comparativa entre projetos em aço e concreto;
- Análise do tempo de execução em obras de aço e concreto.



### 1.3 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do presente trabalho foi adaptado um projeto arquitetônico pelos autores dessa pesquisa e foram elaborados dois projetos estruturais, um de aço, outro de concreto. O projeto de estrutura metálica foi elaborado pela empresa RC Construções Metálicas Ltda, utilizando o software STRAP (SAE – Sistemas de Análise Estrutural Ltda). O projeto em concreto armado foi elaborado pelos próprios autores, utilizando-se o software de cálculo estrutural AltoQi Eberick (S3ENG – TECNOLOGIA APLICADA À ENGENHARIA S/A), ambos projetos foram elaborados de acordo com as normas para cada método e material construtivo, que serão apresentadas no decorrer deste trabalho.

Utilizando-se de uma arquitetura comum, os dois projetos estruturais elaborados para o mesmo edifício, um em concreto, o outro em aço, tornará possível estabelecer comparativos orçamentários para cada tipo de estrutura, desde o tempo empregado na realização de cada projeto, até o tempo previsto para a execução para cada tipo de obra. Nesse comparativo, além do tempo, preço e viabilidade de cada modelo estrutural serão comparados e assim, vantagens e desvantagens serão apresentadas.

### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Os assuntos discutidos neste trabalho de conclusão de curso foram distribuídos em capítulos, sendo que o primeiro capítulo aborda a introdução, onde apresenta-se uma exposição do contexto histórico dos dois materiais abordados neste trabalho, aço e concreto, a justificativa, os objetivos geral e específico e a metodologia do presente trabalho.

O segundo capítulo apresenta uma revisão bibliográfica, sobre assuntos recorrentes ao concreto armado e ao aço na construção civil.

No capítulo três, os dois projetos estão apresentados. A análise dos resultados e os comparativos são apresentados no capítulo quatro. A conclusão encontra-se no capítulo cinco.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 CONCRETO SIMPLES

O concreto é um material resultante da aglomeração de agregados miúdos e graúdos, por uma pasta de cimento eventualmente contendo aditivos, é denominado fresco enquanto a pasta estiver no estado fluido ou plástico e permitir uma rearrumação das partículas constituintes por uma ação dinâmica qualquer (SOBRAL, 2000).

O concreto é o material de construção mais consumido no mundo. Sua vasta utilização é decorrente de uma combinação positiva de fatores tecnológicos e econômicos, destacando-se sua natureza fluida inicial e o subsequente processo de endurecimento (cura) decorrente das reações de hidratação do cimento. Estas características possibilitam que a moldagem de corpos com alta resistência e geometrias variáveis seja realizada de maneira simples e com custos relativamente reduzidos (ROMANO *et al.*, 2020).

O concreto pode ser fabricado usando diferentes tipos de cimentos e também conter pozolanas, como cinza volante, escória de alto-forno, adições minerais, sílica ativa, agregados de concreto reciclado, polímeros, aditivos e fibras.

A NBR 7211 (ABNT, 2019) Agregados para concreto – Especificação, especifica os requisitos exigíveis para recepção e produção dos agregados miúdos e graúdos destinados à produção de concretos de cimento Portland. Esta norma se aplica apenas aos agregados de origem natural, já encontrados fragmentados ou resultantes da britagem de rochas.

De acordo com a NBR 7211 (ABNT, 2019) são considerados agregados miúdos, os grãos de areia de origem natural ou resultante da britagem de rochas estáveis – ou a mistura de ambas – que passam pela peneira de 4,8 mm e ficam retidos na peneira de 0,075 mm, admite-se que um material passa pela peneira quando a parte retida não ultrapassa 5% do total. A mesma norma define agregado graúdo o pedregulho ou a brita proveniente de rochas estáveis – ou a mistura de ambos - cujos os grãos passam pela peneira com abertura de malha de 75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 4,75 mm. Admite-se que um material é retido pela peneira quando a parte que passa pela peneira não ultrapassa 5% do total.

### 2.1.1 Normas técnicas e ensaios para o concreto

Pode-se citar as seguintes normas com diretrizes a observar para a produção de estruturas em concreto:

- NBR 5738:2015 — concreto — procedimento para moldagem e cura de corpos de prova;
- NM 67:1998 — concreto — determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone;
- NBR 5739:2018 — concreto — ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos;
- NBR 6118:2014 — projeto de estruturas de concreto — procedimento; „ NBR 7222:2011 — concreto e argamassa — determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos;
- NBR 8522:2017 — concreto — determinação do módulo estático de elasticidade à compressão.

De modo geral, a norma regulamentadora brasileira que define critérios gerais para o projeto das estruturas de concreto, de edifícios, pontes, obras hidráulicas, portos ou aeroportos, etc., executados em concreto simples, armado ou protendido, exceto aqueles que utilizam concreto leve, pesado ou outros especiais é a NBR 6118 (ABNT, 2014), um documento que traz referências de outras normas complementares que estabelecem ensaios para as estruturas.

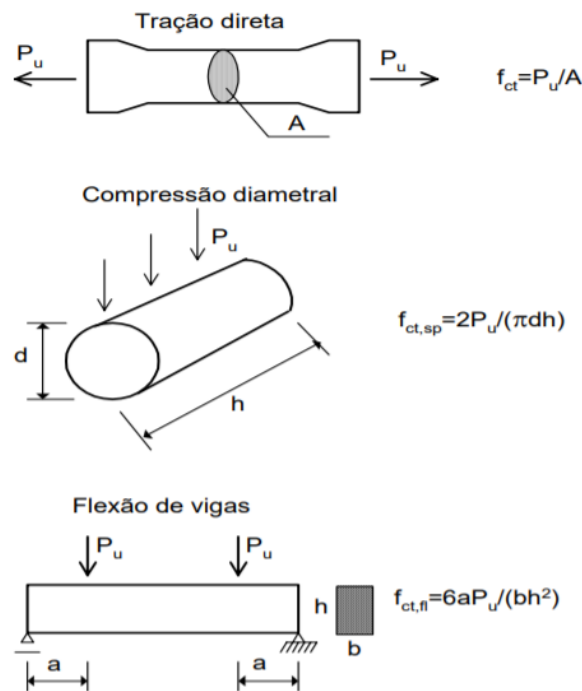
### 2.1.2 Propriedades do concreto

As principais propriedades mecânicas do concreto são: resistência à compressão, resistência à tração e módulo de elasticidade. Normalmente, os testes são realizados para controlar a qualidade e atender às especificações.

A resistência à compressão simples, denominada  $f_c$ , é a característica mecânica mais importante. Para determiná-la em um lote de concreto, são moldados e preparados corpos de prova para ensaio segundo a NBR 5738 (ABNT, 2016), os quais são ensaiados segundo a NBR 5739 (ABNT, 2018) – Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos (LISBOA *et al.*, 2017).

A resistência à tração do concreto pode ser determinada em três ensaios diferentes: ensaio de tração axial, ensaio de compressão diametral ou ensaio de flexão de vigas. Geralmente, o termo resistência à tração que é encontrado nas normas de projeto refere-se à resistência à tração axial (tração direta),  $f_{ct}$ . Na Figura 1, indicam-se os esquemas dos três ensaios utilizados.

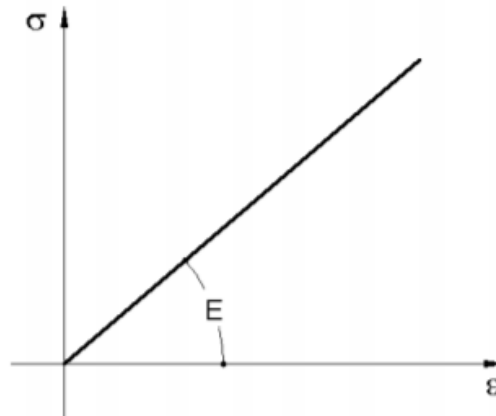
**Figura 1 - Ensaios para a determinação da resistência à tração do concreto**



Fonte: ARAÚJO, 2001.

O módulo de elasticidade ou módulo de Young é a razão de uma tensão aplicada sobre um corpo e a deformação nele verificada. Sabe-se da resistência dos materiais que a relação entre tensão e deformação, para determinados intervalos, pode ser considerada linear (Lei de Hooke), ou seja,  $\sigma = E \varepsilon$ , sendo  $\sigma$  a tensão,  $\varepsilon$  a deformação específica e  $E$  o módulo de elasticidade ou módulo de deformação longitudinal (Figura 2).

A NBR 6118 (ABNT, 2014), item 8.2.8 especifica que o módulo de elasticidade ( $E_{ci}$ ) deve ser obtido segundo os métodos de ensaio estabelecidos pela NBR 8522 (ABNT, 2017), para o concreto aos 28 dias de idade.

**Figura 2 - Módulo de elasticidade ou de deformação longitudinal**

Fonte: LIBÂNIO, 2004.

A tangente do ângulo alfa é numericamente igual ao módulo de elasticidade.

## 2.2 CONCRETO ARMADO

A fim de resolver um problema muito grave naquela época, a fraca resistência à tração do concreto como pedra artificial, o concreto armado teve seu surgimento no século XIX, na Europa. Nos dias de hoje, o concreto é o material mais usado na construção de estruturas de edificações e grandes obras viárias como pontes, passarelas, viadutos etc. A utilização do concreto armado é conhecida no mundo todo, sendo que sua estrutura em ambientes não agressivos dura mais de cem anos e sem manutenção (BOTELHO, 2006).

Assim como as pedras naturais, o concreto apresenta alta resistência à compressão, o que o torna um excelente material a ser empregado em elementos estruturais primariamente submetidos à compressão, como pilares por exemplo, já por outro lado, suas características de fragilidade e baixa resistência à tração limitam seu uso isolado em elementos submetidos totalmente ou parcialmente à tração, como lajes, vigas, tirantes e outros elementos fletidos. Para contornar essas limitações, o aço é usado em conjunto com o concreto, e convenientemente posicionado na peça de modo a resistir às tensões de tração. O aço tende a trabalhar de forma satisfatória no que diz respeito às tensões de compressão, e nos pilares auxilia o concreto. O concreto armado é formado por um conjunto de barras de aço, que forma a armadura envolvida pelo concreto um excelente material para ser empregado na estrutura de uma obra (BASTOS, 2019).

A NBR 6118 (ABNT, 2014) define elementos de concreto armado: aqueles cujo comportamento estrutural depende da aderência entre concreto e armaduras, e nos quais não se aplicam alongamentos iniciais das armaduras antes da materialização dessa aderência. Esta Norma fixa os requisitos básicos exigíveis para projeto de estruturas de concreto simples, armado e protendido, excluídas aquelas em que se empregam concreto leve, pesado ou outros especiais. Estabelece ainda os requisitos gerais a serem atendidos pelo projeto como um todo, bem como os requisitos específicos relativos a cada uma de suas etapas.

As vantagens e desvantagens do concreto são importantes considerações nas decisões que o projetista deve ter na escolha do concreto armado como material estrutural. O professor da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, Msc. Luiz Carlos de Almeida, lista como vantagens do uso do concreto armado:

- a) Facilidade de adaptação às formas construtivas;
- b) Monolitismo;
- c) Economia na construção e de manutenção;
- d) Boa resistência aos esforços dinâmicos (choques e vibrações);
- e) Segurança contra o fogo.

E como desvantagens:

- a) Peso próprio elevado;
- b) Peça fissurada;
- c) Formas e escoramentos.

A vida útil de uma estrutura de concreto depende de vários fatores, inclusive do grau de importância da obra, motivo pelo qual não existe fixação de um valor mínimo explicitado na norma. Tecnicamente é recomendável adotar vida útil de projeto de pelo menos um ano para obras de caráter provisório, transitório ou efêmero. Conforme as normas internacionais BS 7543 e CEN/EM 206, poderão ser adotados períodos de 50, 75 ou até mais de 100 anos para pontes e outros tipos de obras de caráter permanente (HELENE, 2001).

Segundo Helene (2001), “a vida útil da estrutura depende tanto do desempenho dos elementos e componentes estruturais propriamente ditos quanto dos demais componentes e partes da obra”. A princípio, fica a cargo do proprietário da obra, amparado pelos responsáveis do projeto arquitetônico e estrutural, a definição da extensão da vida útil do projeto da estrutura, deixando registrado na documentação técnica da obra. É também de total relevância o papel dos órgãos financiadores em analisar os projetos e suas condições de exposição, a fim de

garantir a vida útil de projeto no período de amortização do investimento realizado (MORENO JÚNIOR & ROQUE, 2005).

### 2.2.1 Aços para concreto armado

No início do emprego do concreto armado, na construção, utilizavam-se principalmente barras redondas laminadas em bruto e, às vezes, ferros chatos e angulares, que eram ancorados no concreto por meio de ganchos nas suas extremidades. Nessa época a tensão de trabalho na armadura era baixa, de modo que as propriedades de aderência das barras eram suficientes. No entanto, com o aparecimento dos aços de alta resistência foi necessário melhorar a capacidade de aderência das barras (ALMEIDA, 2002).

O aço é a liga mais usada na construção civil por sua grande utilização como armação no concreto armado. Conforme a quantidade de carbono presente na composição da liga, tem-se a seguinte classificação e denominações: aço, entre 0,2 e 1,7% de carbono. Classificam-se em três principais grupos, os aços estruturais para concreto armado: aços de dureza natural laminados a quente, aços encruados a frio e aço *patenting*.

Os aços de dureza natural são os denominados “aços comuns”, CA-25 (limite de escoamento de 250 MPa), CA-50 e CA-60, sendo os dois últimos quase os únicos fabricados atualmente. Os aços de dureza natural, laminados a quente, não sofrem tratamento após a laminação. Na maior parte dos casos, são caracterizados pela existência de um patamar de escoamento no diagrama tensão-deformação e por grandes deformações de ruptura no ensaio de tração. Como são laminados a quente, não perdem suas propriedades se forem aquecidos. Em razão disso, podem ser soldados e não sofrem demasiadamente com a exposição a chamas moderadas, em caso de incêndio (CRIVELARO & MARCOS, 2020).

Ainda de acordo com Crivelaro & Marcos (2020), os aços encruados a frio são originalmente aços de dureza natural, que passam por algum processo mecânico para se obter um aumento de resistência. Os processos mais utilizados são os de tração e de torção. Os aços encruados por tração são denominados aços trefilados. No processo de trefilação, há uma compressão diametral do fio durante sua passagem pela fieira a uma tração elevada, ambas respondendo pela mudança da textura do aço e pelo aumento de sua resistência. Esse aumento é obtido por conta da grande perda de tenacidade. O alongamento de ruptura diminui de 20 para um valor entre 6% e 8%.

O aço *patenting* é utilizado em concreto protendido e não será abordado neste trabalho.

## 2.3 AÇO

Desde o século XVIII, quando se iniciou a utilização de estruturas metálicas na construção civil, até os dias atuais, o aço tem possibilitado aos arquitetos, engenheiros e construtores, soluções arrojadas, eficientes e de alta qualidade. Das primeiras obras – como a Ponte *Ironbridge* na Inglaterra, de 1779 – aos ultramodernos edifícios que se multiplicaram pelas grandes cidades, a arquitetura em aço sempre esteve associada à ideia de modernidade, inovação e vanguarda, traduzida em obras de grande expressão arquitetônica e que invariavelmente traziam o aço aparente. No entanto, as vantagens na utilização de sistemas construtivos em aço vão muito além da linguagem estética de expressão marcante; redução do tempo de construção, racionalização no uso de materiais e mão de obra e aumento da produtividade, passaram a ser fatores chave para o sucesso de qualquer empreendimento (INABA, 2020).

Um dos principais motivos que levaram ao tardio uso do ferro no Brasil (e conseqüentemente do aço), foram as altas temperaturas, necessárias para sua fabricação, e que encareciam seu processo de fabricação, dificultando tanto a popularização quanto a comercialização (FERRAZ, 2005).

O uso do aço proporcionou uma revolução nos padrões arquitetônicos, não só pelo tamanho das estruturas, que agora eram possíveis, mas principalmente pelo melhor aproveitamento do espaço. Com estruturas metálicas, menos pilares são necessários para sustentar a construção, dessa maneira mais espaço útil é possível no interior das construções. O aço para construção civil pode ser disponibilizado de diversas maneiras pelas indústrias siderúrgicas. Entre as formas mais comuns estão as chapas finas, as chapas grossas, os perfis laminados, os tubos, cabos e as barras (vergalhões) de aço.

O aço é um produto resultante das interações entre o ferro (Fe), o carbono (C) e outros componentes, que se encontra em bastante expansão quanto a sua utilização nas obras. A característica altamente flexível torna o aço um produto de destaque no cenário mundial, tornando-o procurado e exigido por arquitetos e engenheiros (DIAS, 2001).

São conhecidas, atualmente, mais de 3 mil tipos de aços dos quais existe uma parte designada especificamente para a construção civil, ou seja, só é usada para finalidades construtivas. Nessa área de atuação do aço, ele pode ser empregado de duas maneiras: nas edificações, onde a base da estrutura é montada com componentes de aço, ou ele pode ser



empregado também, nas formas de armadura, complementado a estrutura de concreto armado (MANDOLESI, 1981).

### 2.3.1 Propriedades do aço

As seguintes características físicas podem ser adotadas em todos os tipos de aço estrutural na faixa normal de temperaturas atmosféricas (PFEIL, 2009):

- Módulo de elasticidade  $E = 200.000 \text{ MPa}$ ;
- Coeficiente de Poisson  $\nu = 0,3$ ;
- Coeficiente de dilatação térmica  $\beta = 12 \times 10^{-6}$  por  $^{\circ}\text{C}$ ;
- Massa específica  $\rho_a = 7850 \text{ kg/m}^3$ .

#### 2.3.1.1 Ductibilidade

Classifica-se dúctil o material que se deforma de acordo com a ação das cargas, quando submetido a tensões locais elevadas, sofrem deformações plásticas capazes de redistribuir as tensões. Isso faz com que numa ligação parafusada ocorra uma distribuição uniforme da carga entre parafusos. (PFEIL, 2009)

#### 2.3.1.2 Fragilidade

Devido a ação de diversos agentes naturais como: baixas temperaturas ambientais, efeitos térmicos locais causados, por exemplo, por solda elétrica, os aços podem se tornar frágeis. O procedimento de solda em estruturas metálicas é de suma importância por vários acidentes ocasionados, por exemplo, devido a forma inadequada de solda. (PFEIL, 2009)

#### 2.3.1.3 Resiliência e tenacidade

Resiliência é a capacidade de absorver energia mecânica em estado elástico. Logo, resiliência é a quantidade de energia elástica que pode ser absorvida por unidade de volume do metal tracionado. Já a tenacidade do material é a energia total elástica e plástica que ele pode absorver por unidade de volume até a sua ruptura. (PFEIL, 2009)

#### 2.3.1.4 Dureza

Resistência ao risco ou abrasão. É a resistência que a superfície do material oferece à penetração de uma peça de maior dureza. (PFEIL, 2009)

#### 2.3.1.5 Efeito de temperatura elevada

As temperaturas elevadas alteram as propriedades físicas dos aços. Temperaturas acima de 100°C tendem a eliminar o limite de escoamento bem definido. (PFEIL, 2009)

#### 2.3.1.6 Fadiga

Quando as peças metálicas trabalham sob efeito de esforços repetidos em grande número, pode acontecer inferiores às atingidas em ensaios estáticos. A resistência à fadiga é determinada no dimensionamento de peças sob ação de efeitos dinâmicos, como peças de máquinas, de pontes etc. (PFEIL, 2009)

#### 2.3.1.7 Corrosão

Corrosão é o processo de reação do aço com elementos presente no ambiente em que se encontra exposto, onde resultado dessa reação seja muito parecido ao minério de ferro. Para se proteger contra corrosão dos aços expostos ao ar é usualmente feito por galvanização ou por pintura. (PFEIL, 2009)

### 2.4 ESTRUTURAS METÁLICAS

A multifuncionalidade é a característica mais significativa das fábricas de estruturas metálicas. As fábricas de estruturas metálicas geralmente realizam vários tipos de atividades, por exemplo: a fabricação de estruturas de pontes de longo vão pode ser realizada simultaneamente com a fabricação de edifícios de múltiplos pavimentos ou estruturas industriais. A rapidez e discrição de fabricação e montagem de cada uma dessas estruturas é uma vantagem para os profissionais que detalham peças e aos demais que a fabricam (GUARNIER, 2009).

A primeira construção de andares múltiplos em estruturas metálicas, de dez pavimentos e o primeiro do mundo com estrutura de aço, foi projetada pelo Engenheiro *William Le Baron Jenney*, edifício *Home Insurance Building*, em 1885, em Chicago. O elevador surgiu como um fator de viabilização para estes grandes empreendimentos, sua primeira apresentação aconteceu em 1853, pela *Elisha Graves Otis*, na exposição de *Nova York*. O prédio curto de 42 metros de altura e 10 andares fazem dele o primeiro arranha-céu da história (SÁ & SANTOS, 2014). A Figura 3 exibe o edifício *Home Insurance Building*, construído pelo arquiteto William Le Baron Jenney em 1885, e derrubado em 1931. O emprego do aço como material estrutural rendeu o título de arranha-céu ao edifício mesmo sem ser o mais alto da cidade de Chicago e a sua passagem à posteridade pelo fato de representar uma profunda inovação tecnológica na construção do momento.

**Figura 3 - Edifício *Home Insurance Building***



Fonte: [www.worldofarchi.com](http://www.worldofarchi.com), 2020.

A indústria de estruturas metálicas, amplamente difundida em países como Estados Unidos, Reino Unido e Alemanha há décadas, vem apresentando um expressivo crescimento no Brasil, nos últimos anos. O consumo de aço destinado às estruturas metálicas passou de 324 mil toneladas, em 2002, para 1,6 milhão de toneladas, em 2009, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), e os desembolsos do BNDES destinados a

empresas do setor saltaram de cerca de R\$ 6 milhões, em 2001, para mais de R\$ 156 milhões, em 2010 (FALEIROS *et al*, 2020).

Estrutura em aço é a aposta que o mercado brasileiro quer investir em novos produtos. De maneira tardia, mas em constante evolução, este método construtivo permite um projeto liberalista, com uma maior chance de criar e usar a imaginação, o que seria praticamente impossível, com a utilização do concreto armado, por ser um material pesado, que não possui essa flexibilidade, limitando a execução de formas com criações peculiares (CORTEZ *et al*, 2017).

A seguir, apresentam-se as vantagens e desvantagens no uso das estruturas metálicas, de acordo com o blog Metalrio Estruturas Metálicas (2018).

Vantagens:

- a) Economia no acabamento da Construção – Pela razão do padrão de acabamento ser mais uniforme na estrutura metálica, conseqüentemente é possível utiliza-la de forma aparente, sem prejuízo na estética.
- b) Canteiro de obras mais enxuto – devido a menor movimentação de materiais e como resultado uma construção mais limpa.
- c) Grandes vãos— Em contraste com os demais outros modelos de construção, nas estruturas metálicas é possível obter maiores vãos livres, o que conseqüentemente dá maior liberdade de uso do espaço;
- d) Peso— Pela razão de serem mais leves, as estruturas em aço podem reduzir em até 30% o custo das fundações;
- e) Reciclabilidade—Devido o aço ser 100% reciclável e as estruturas poderem ser desmontadas e reaproveitadas, conseqüentemente há uma menor geração de rejeitos;
- f) Compatibilidade com outros materiais—Devido o aço ser compatível com qualquer tipo de material de fechamento, o mesmo conseqüentemente admite desde tijolos e blocos até painéis dry-wall;
- g) Menor prazo de execução— Como resultado da fabricação da estrutura e a execução das fundações serem realizadas em paralelo, é possível trabalhar em diversas frentes de serviços simultaneamente. Como consequência, pode levar a uma redução de até 40% no tempo de execução quando comparado com os processos convencionais;
- h) Flexibilidade de uso—Não há limitações para o tipo de configuração dos edifícios com estrutura em aço. Além de serem indicada nos casos onde há necessidade de adaptações, ampliações, reformas e mudança de ocupação de edifícios. Tornam

também mais fácil a passagem de dutos como água, ar condicionado, eletricidade, telefonia etc.

Desvantagens:

- a) Falhas nas execuções e possíveis danos nas edificações por consequência de não possuir mão de obra qualificada e treinada;
- b) Vulnerabilidade á corrosão devido a utilização de materiais fora dos padrões de qualidade e manutenção de sistemas protetivos, tais como pinturas e preparo dos materiais de forma adequada;
- c) Ruídos na construção como resultado do não dimensionamento e apresentados ao cliente os melhores conceitos para cada tipo de ambiente;

## 2.5 PROJETO ESTRUTURAL

A definição do sistema estrutural é uma etapa inicial de projeto. A escolha do sistema estrutural adequado proporciona benefício para o conjunto da obra: menor peso da estrutura, facilidade de fabricação, rapidez de montagem e, por consequência, menor custo. Este pode ser definido a partir da avaliação de um projeto arquitetônico.

As soluções adotadas na etapa de projeto têm amplas repercussões em todo o processo de construção e na qualidade final do produto a ser entregue ao cliente. É na etapa de projeto que acontecem a concepção e o desenvolvimento do produto que devem ser baseados na identificação das necessidades dos clientes em termos de desempenho, custos e condições de exposição a que será submetida a edificação. A solução adotada também tem forte impacto sobre a execução da obra, pois define partidos, detalhes construtivos e especificações que permitem maior ou menor facilidade de execução definindo os custos da obra. A qualidade do projeto depende ainda da qualidade da descrição da solução ou de sua apresentação, resultante da clareza e da precisão do projeto executivo, dos memoriais descritivos, do dimensionamento e das especificações técnicas (USUDA *et al.*, 2003).

Estrutura é a parte resistente da construção e tem as funções de suportar as ações e as transmitir para o solo.

A estrutura de uma edificação (ou de outro objeto) é responsável por manter intacta a forma da edificação sob a influência das forças, das cargas e de outros fatores ambientais aos quais ela está sujeita. É importante que a estrutura como um todo (ou qualquer parte dela) não desmorone, rompa ou se deforme até um grau inaceitável, quando sujeita a tais forças ou cargas.

O estudo de estruturas envolve a análise das forças e tensões que ocorrem em uma estrutura e o projeto de componentes adequados para suportar tais forças e tensões (GARRISON, 2018).

A NBR 6118 (ABNT, 2014) estabelece os requisitos básicos exigíveis para o projeto de estruturas de concreto simples, armado e protendido, excluídas aquelas em que se empregam concreto leve, pesado ou outros especiais. A NBR 6118 (ABNT, 2014) se aplica a todo tipo de estrutura de concreto, mas não a todo tipo de concreto. Esta Norma aplica-se às estruturas de concretos normais, identificados por massa específica seca maior do que  $2\,000\text{ kg/m}^3$ , não excedendo  $2\,800\text{ kg/m}^3$ , do grupo I de resistência (C20 a C50) e do grupo II de resistência (C55 a C90), conforme classificação da NBR 8953 (ABNT, 2015). Entre os concretos especiais excluídos desta norma estão o concreto-massa e o concreto sem finos.

As ações permanentes ocorrem com valores constantes ou de pequena variabilidade, durante praticamente toda a vida da estrutura. As ações permanentes são subdivididas em diretas e indiretas, sendo que as ações permanentes diretas correspondem ao peso próprio da estrutura, alvenarias, peso de equipamentos fixos, revestimentos etc. As ações permanentes indiretas dizem respeito aos recalques de apoio, imperfeições geométricas de pilares, retração e fluência do concreto e protensão.

As ações variáveis são aquelas cujos valores têm variação significativa em torno da média, durante a vida da construção. Podem ser fixas ou móveis, estáticas ou dinâmicas, pouco variáveis ou muito variáveis. São exemplos: cargas de uso (pessoas, mobiliário, veículos etc.) e seus efeitos (frenagem, impacto, força centrífuga), vento, variação de temperatura, empuxos de água, alguns casos de abalo sísmico etc (PINHEIRO *et al.*, 2003).

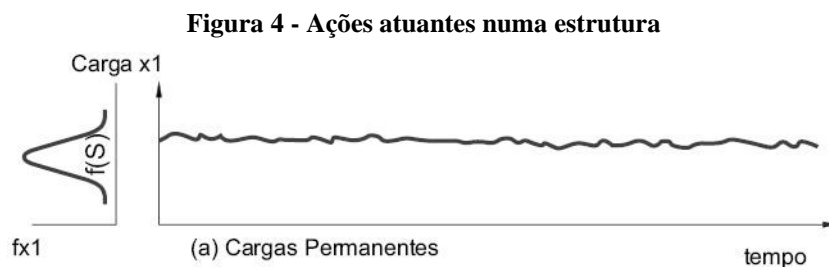
### **2.5.1 Projeto de estruturas metálicas**

A primeira coisa a se fazer ao se iniciar o anteprojeto estrutural é o lançamento estrutural e o detalhamento das ligações dos elementos estruturais (rígida/flexível, soldada/parafusada). Os detalhes de ligação são impostos pelo engenheiro projetista, baseado em fatores como imposição da arquitetura, energia elétrica no local da obra, economia devido ao tipo de ligação, qualidade de montagem e inspeção, transporte dos perfis, sistema de estabilização vertical (contraventamentos), problemas de fadiga etc. Só então se faz um pré dimensionamento dos perfis e a obtenção dos esforços solicitantes. A verificação dos perfis e das ligações, diferentemente do concreto, é feita comparando-se os esforços solicitantes com a resistência da peça ou ligação. As vigas de aço normalmente são biapoiadas.

A padronização de uma estrutura metálica é uma das primeiras coisas que pode ser percebida para quem trabalha com este sistema. Deve-se levar em consideração o comprimento das peças devido a problemas com transporte. A estrutura de aço depende do concreto para compor elementos estruturais, como: lajes mistas, vigas mistas e pilares mistos. Também as fundações e os reservatórios dos edifícios, em sua quase totalidade, são executadas em concreto. A unidade de medida utilizada nas estruturas de aço é o milímetro (CASTRO, 1999).

#### 2.5.1.1 Ações permanentes

As ações permanentes atuam de modo contínuo na estrutura, incluem peso próprio da estrutura e peso de todos os elementos componentes da construção, tais como pisos, paredes permanentes, revestimentos e acabamentos, instalações e equipamentos fixos. Na Figura 4 é mostrada uma avaliação da ação atuante em uma estrutura submetida ao carregamento permanente.

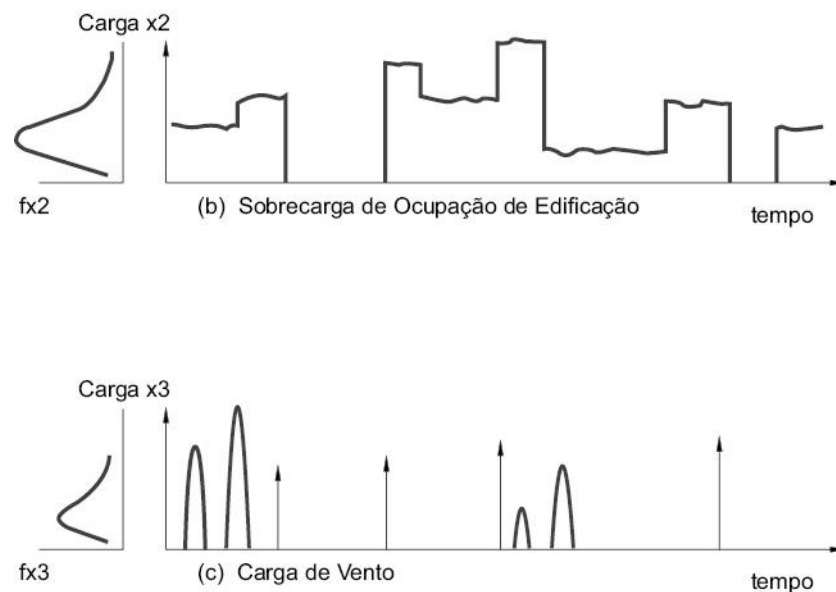


Fonte: ANDRADE e VELLASCO, 2016, p.06.

#### 2.5.1.2 Ações variáveis

As ações variáveis podem ou não atuar na estrutura em determinado instante da vida útil desta. Ações variáveis incluem as sobrecargas decorrentes do uso e ocupação da edificação, tais como equipamentos, divisórias, móveis, sobrecargas em coberturas, pressão hidrostática, empuxo de terra, vento e variação de temperatura.

**Figura 5 - Ações atuantes numa estrutura**



Fonte: ANDRADE e VELLASCO, 2016, p.06.

## 2.6 FUNDAÇÃO

As fundações são os elementos estruturais que transferem para o solo o peso próprio e o das cargas aplicadas na estrutura, são geralmente classificadas em fundações rasas ou profundas (MAGNANI, 1999).

No Brasil, até o século XIX, as estacas de fundação eram apenas de madeira. Na virada do século, passaram a integrar as opções de fundação as estacas de aço e de concreto. Em obras em terra, no início do século XX, eram comuns as estacas de concreto moldadas in situ, executadas após uma perfuração ou escavação do terreno. Os processos então adotados seguiam técnicas europeias e norte-americanas (DANZIGER, 2021).

Velloso e Lopes (2011) demonstram que os elementos necessários para a elaboração de um projeto de fundações são:

- a) Topografia da área: elemento onde se obtém o conhecimento planialtimétrico, os dados sobre talude, encostas e erosões no terreno;
- b) Dados geológico-geotécnicos: etapa que é feita a investigação do subsolo e coletados outros dados geológicos e geotécnicos como mapas, fotos aéreas e artigos de experiências referente à área;



c) Dados da estrutura a construir: definição do tipo e uso da edificação, do sistema estrutural, sistema construtivo e cargas que atuarão nas fundações;

d) Dados sobre construções vizinhas: elemento de descoberta sobre o número de pavimentos e carga média por andar, tipo de estrutura e fundação, desempenho da fundação, existência de subsolo e possíveis consequências de escavações.

É necessário o estudo do tipo de solo do local a ser construído para a escolha do tipo de fundação mais viável para o tipo de obra a ser executado.

## 2.7 CRONOGRAMA

O cronograma de obra tem como principal objetivo organizar as etapas de um projeto em diferentes categorias, garantindo que determinados prazos sejam atendidos e concluídos em um tempo adequado. É fundamental o cronograma para atender os prazos, programar compras, gerir e contratar mão de obra, controlar recursos financeiros, prevenir conflitos entre atividades, gerenciar riscos e imprevistos de natureza externa dentre outros.

Toda atividade do cronograma deve ter uma duração, sendo esta a quantidade de tempo em horas, dias, semanas ou meses, que a atividade demora para ser finalizada; existem atividades que têm duração fixa, independentemente da quantidade de equipamento e trabalhadores e, atividades cuja duração depende da quantidade de algum recurso, então, entende-se que a duração de cada tarefa depende da quantidade de serviço, da produtividade e da quantidade de recursos alocados (MATTOS, 2010).

Além de auxiliar o gestor da obra, o cronograma serve para estipular metas que a obra deve alcançar a cada mês de serviço, sendo que a cada atraso na categoria de execução pode acarretar em atraso de serviços que dependem do outro gerando, um transtorno maior no que diz respeito ao tempo e conseqüentemente atraso na entrega da obra.

## 2.8 ORÇAMENTO

O orçamento de obra é um documento criado para visualizar o investimento necessário na execução de um projeto. Ele compreende desde os custos da concepção da edificação até a entrega da obra.

O ramo da engenharia que estuda os custos é a Engenharia de Custos, que segundo Dias (2011) é onde os princípios, normas, critérios e experiência são utilizados para resolução

de problemas de estimativa de custos, orçamentação, avaliação econômica, de planejamento e de gerência e controle de empreendimentos.

Porém, a utilidade do orçamento vai muito além do simples fato de se chegar a um custo total para a obra. A partir do orçamento pode-se responder perguntas como: Qual material deve ser adquirido, quando e em qual quantidade? Quantas pessoas são necessárias nas equipes? Quanto está previsto que se produza por dia? Quanto deve-se pagar pelo serviço feito por esta equipe? Vale à pena utilizar a grua nesta obra ao invés do transporte por elevador? Qual é a produtividade esperada para as equipes no canteiro? Ou seja, o orçamento permite que se tenham documentadas as informações que irão balizar todo o processo gerencial do empreendimento. Estas informações são essenciais para o planejamento e para o monitoramento e controle da obra (MARCHIORI, 2019).

De acordo com Baeta (2012) e Mattos (2006), são características de um orçamento de obras: (1) especificidade, parte do princípio que cada projeto (empreendimento) é único, logo cada orçamento também o será; (2) temporalidade, os valores e a evolução do desenvolvimento das documentações e plantas variam com o tempo; (3) aproximação, o processo de orçamentação é baseado em previsões (prognósticos), durante a sua elaboração existem várias incertezas intrínsecas, por exemplo, no uso de determinada produtividade que pode ou não ser a realidade na fase de execução.

### 3 ESTUDO DE CASO

#### 3.1 DESCRIÇÃO DA EDIFICAÇÃO

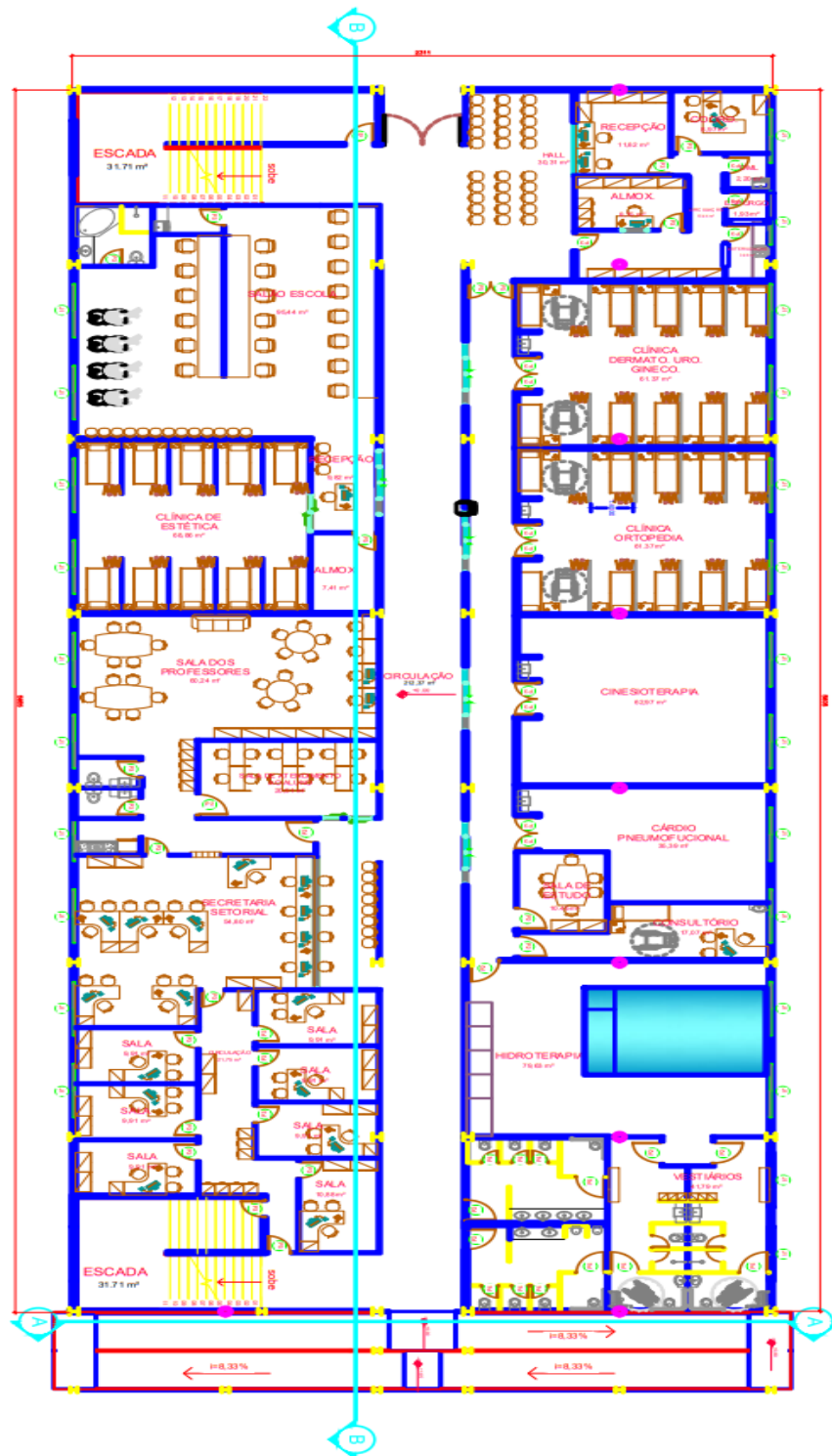
A edificação em estudo caracteriza-se um edifício educacional de 4 pavimentos, sendo 3 tipos e térreo. No pavimento térreo tem-se salas contempladas por corredor de circulação, hall, almoxarifado, recepção, coordenação, DML, expurgo, esterilização, circulação, clínica de dermatologia, urologia e ginecologia, clínicas de ortopedia, cinesioterapia, cárdio pneumofuncional, consultório, sala de estudo, hidroterapia, vestiários. Lado direito do pavimento tem-se escada, salão escola, recepção, almoxarifado, clínica de estética, sala dos professores, sala de atendimento ao aluno, secretaria setorial, 7 salas de aula, circulação, escada (fundo), totalizando aproximadamente 1.140 m<sup>2</sup>. No primeiro andar tem-se 3 laboratórios de fisioterapia, laboratório de informática, laboratório de design gráfico laboratório de fotografia, banheiros femininos e masculino, corredor de circulação, escadas, ateliê, 4 salas de aula, escada, totalizando aproximadamente 1.166 m<sup>2</sup>. No segundo andar tem-se 11 salas de aula, corredor de circulação, banheiro masculino e feminino, xérox, escadas, totalizando aproximadamente 1.194 m<sup>2</sup>. No terceiro andar tem-se 6 salas de aula, banheiro feminino e masculino, lado direito do andar encontram-se as escadas, laboratório de bebidas, 2 cozinhas sala de degustação, churrasqueira, 2 DML, expurgo, 3 despensas, adega, sanitários, panificação, confeitaria, totalizando aproximadamente 1.260 m<sup>2</sup>.

O edifício tem área total de construção de 2.944m<sup>2</sup> e altura total de 17,20 metros, considerando o ático, a altura do térreo é de 3,31 de piso a piso. O edifício é constituído por shafts (palavra inglesa utilizada para designar dutos verticais) afim de isentar a estrutura de furos para passagem de prumadas. As dimensões da projeção de frente da estrutura são de 23,11 metros e fundo, 56,00 metros, em cada lateral.

A arquitetura do edifício é adequada as normas municipais e de bombeiro, logo os projetos estruturais são passíveis da contemplação de todas as etapas projetuais de um edifício educacional.

As Figuras 6 a 10 facilitam a compreensão da arquitetura do edifício, pois são as representações das plantas.

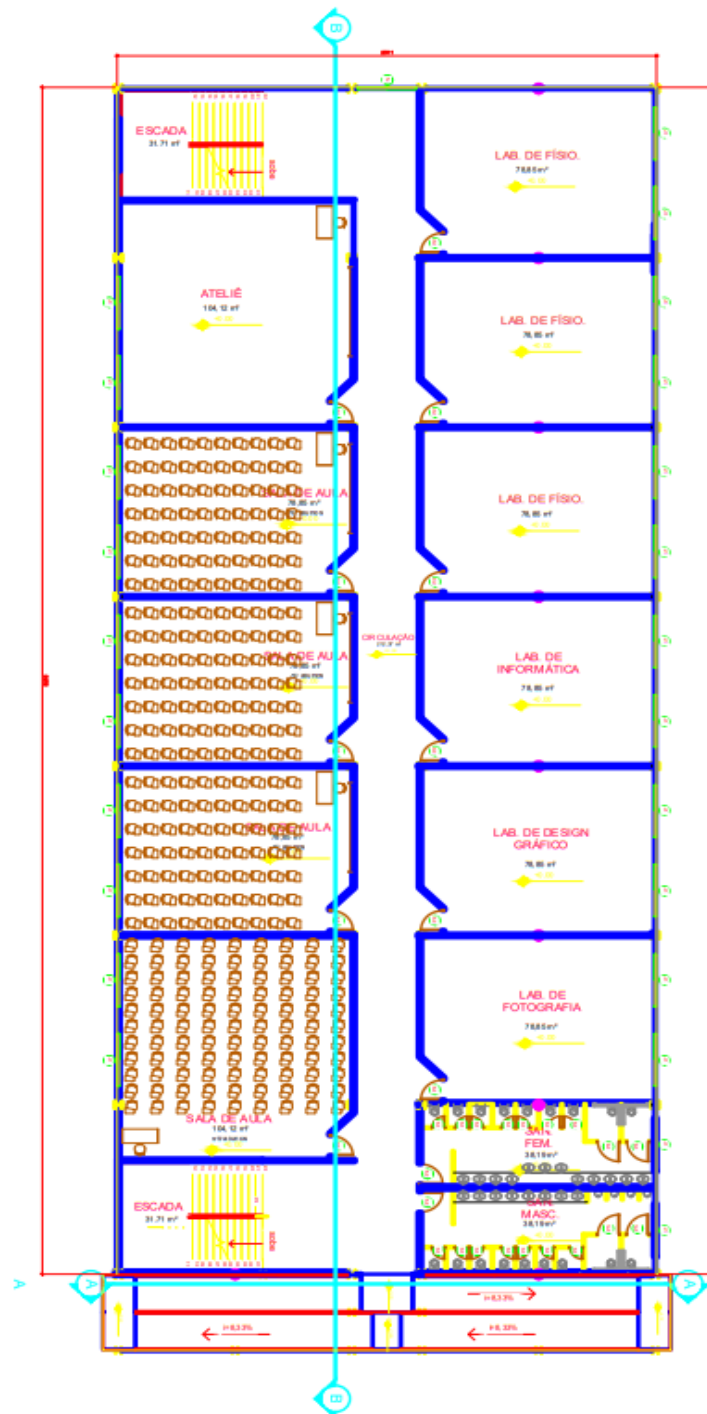
Figura 6 – Representação da planta baixa do terreno



TÉRREO  
1:200

Fonte: RC CONSTRUÇÕES METÁLICAS LTDA., 2021.

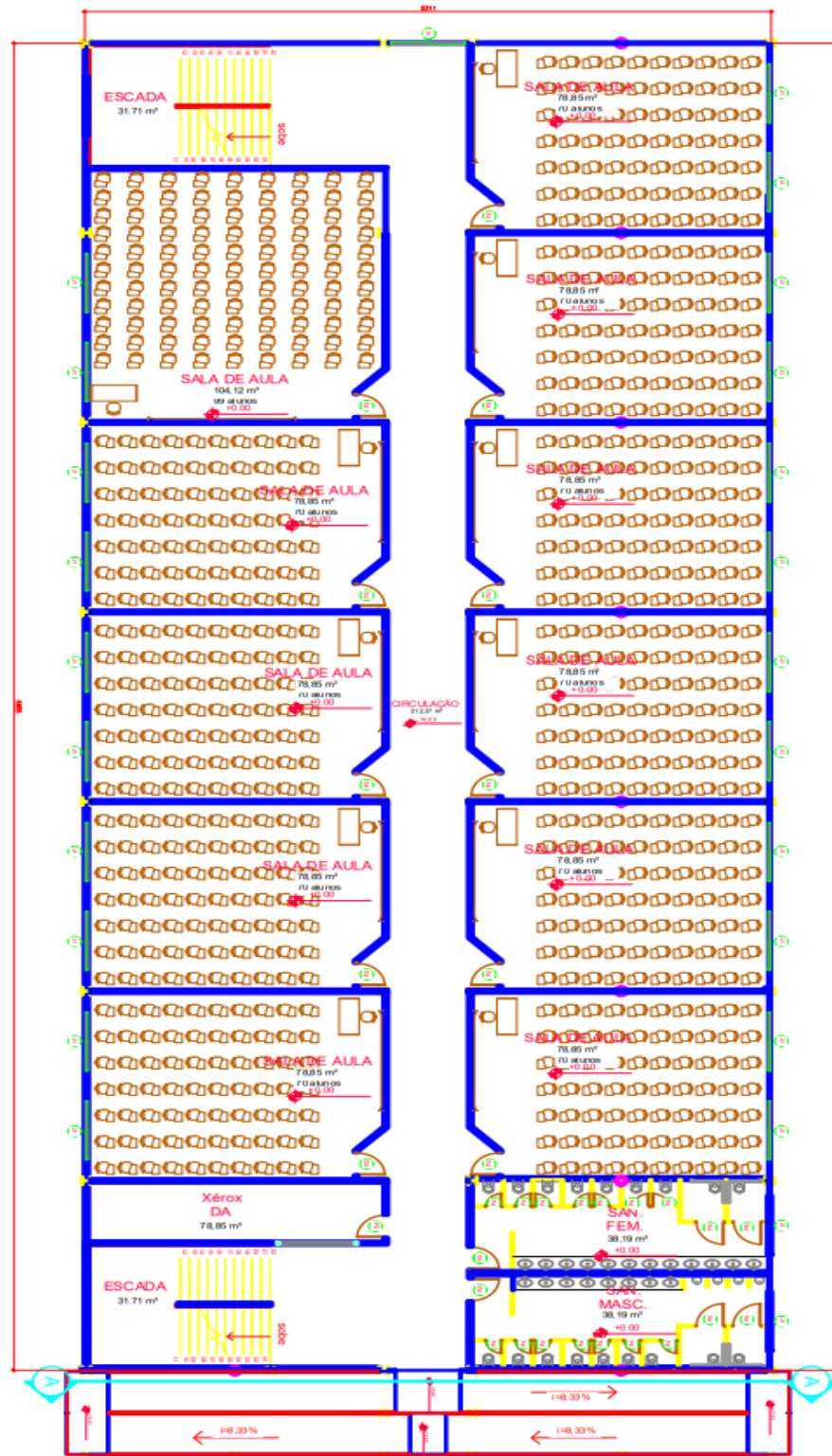
Figura 7 - Representação da planta baixa do 1º pavimento



1º ANDAR  
ESCALA 1:100

Fonte: RC CONSTRUÇÕES METÁLICAS LTDA., 2021.

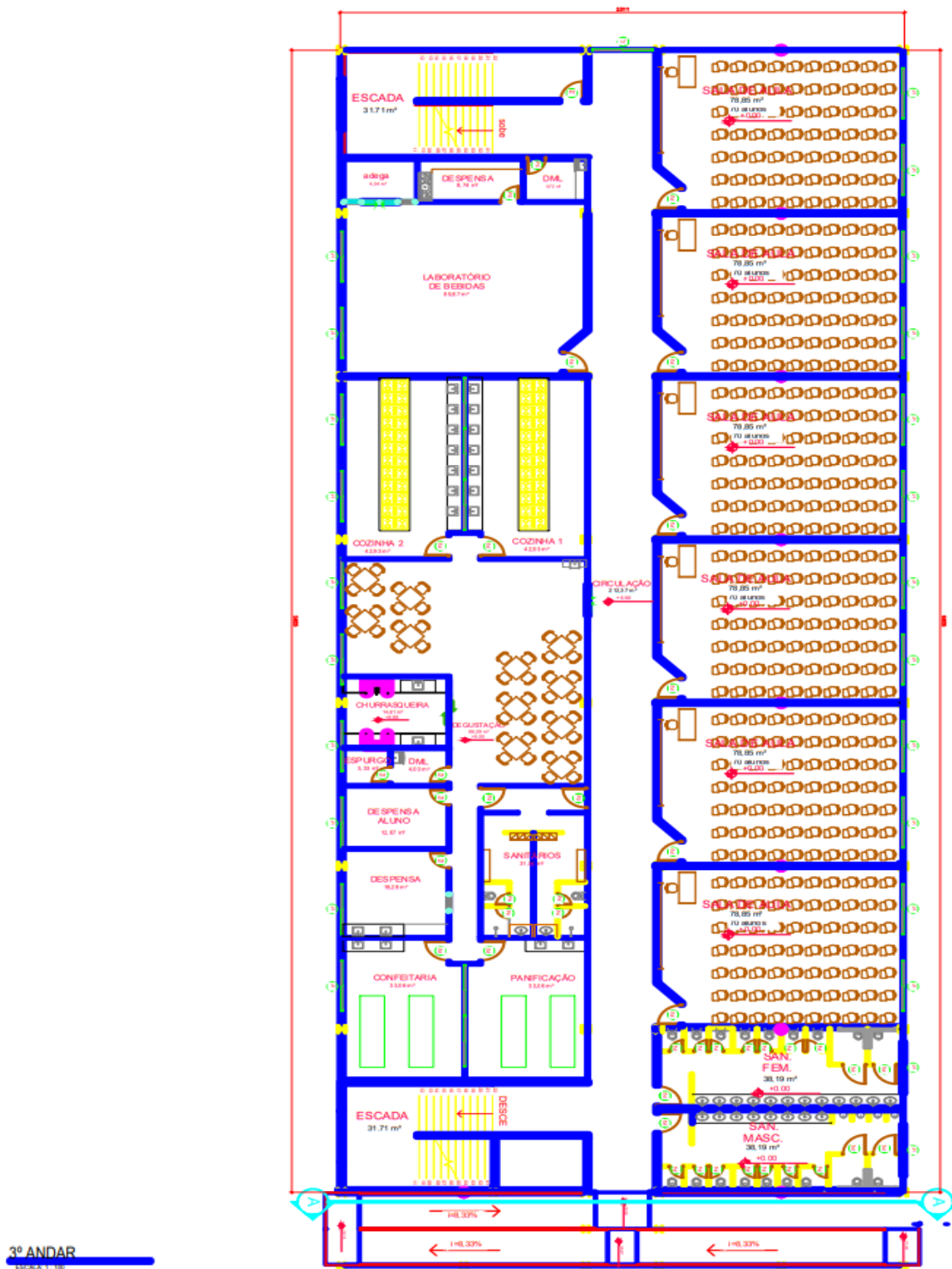
Figura 8 - Representação da planta baixa do 2º pavimento



2º ANDAR  
ESCALA 1:100

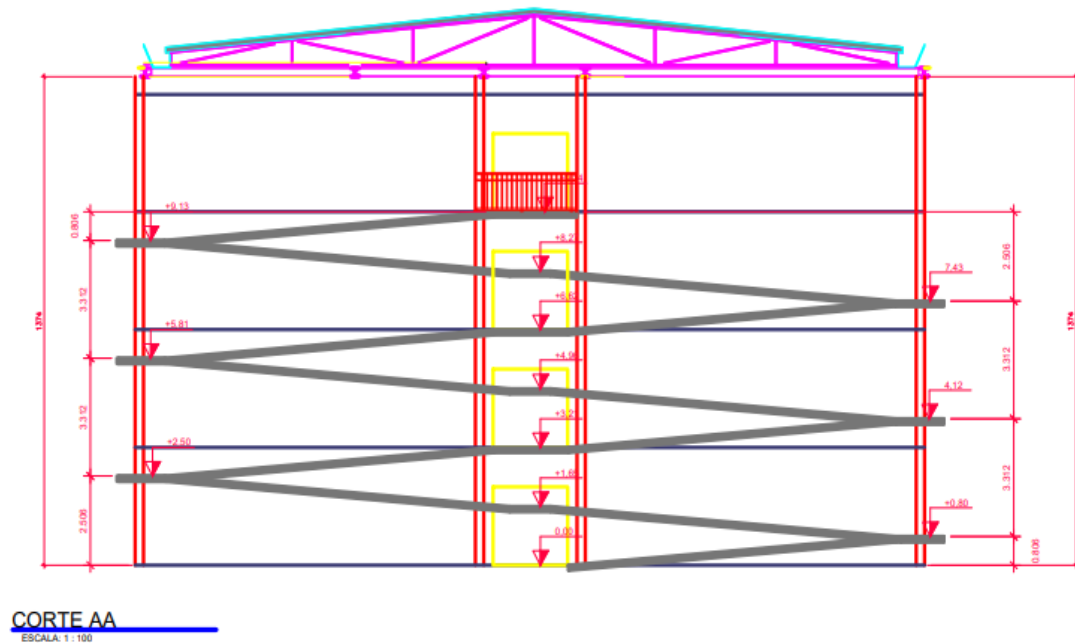
Fonte: RC CONSTRUÇÕES METÁLICAS LTDA., 2021.

Figura 9 - Representação da planta baixa do 3º pavimento



Fonte: RC CONSTRUÇÕES METÁLICAS LTDA., 2021.

Figura 10 - Representação do corte A-A



Fonte: RC CONSTRUÇÕES METÁLICAS LTDA., 2021.

### 3.2 PROJETO EM CONCRETO ARMADO

Para a estrutura de concreto armado foi utilizado concreto de 25 MPa e aços CA-50 e CA-60, em estribos. Foram distribuídas cargas conforme NBR 6120 (ABNT, 2019), dimensionamento conforme NBR 6118 (ABNT, 2014), cargas de vento conforme NBR 6123 (ABNT, 2013). As lajes utilizadas são do tipo treliçada com enchimento EPS, lajes de escada e rampas são do tipo maciça.

Devido à necessidade de o concreto ter seções maiores em seus elementos para vencer os mesmos vãos e cargas da estrutura metálica, foram criados mais pilares e vigas para satisfazer este quesito. A fundação é do tipo tubulão. A estrutura foi lançada de forma a não atrapalhar a execução das paredes da arquitetura, porém terá elementos aparente, assim como na estrutura metálica. A cobertura metálica considerada foi a mesma da estrutura metálica, utilizada apenas para cálculo da carga sobre a estrutura.

As Figuras 11 a 18 apresentam dados e características da estrutura do edifício em concreto armado, produzidas através do software de cálculo estrutural Eberick.



**Figura 11 - Vista fachada lateral do edifício em concreto armado**



Fonte: AUTORES, 2021.

**Figura 12 - Vista interna do edifício em concreto armado**



Fonte: AUTORES, 2021.

**Figura 13 - Vista da cobertura do edifício em concreto armado**



Fonte: AUTORES, 2021.

**Figura 14 - Vista fachada lateral e posterior**



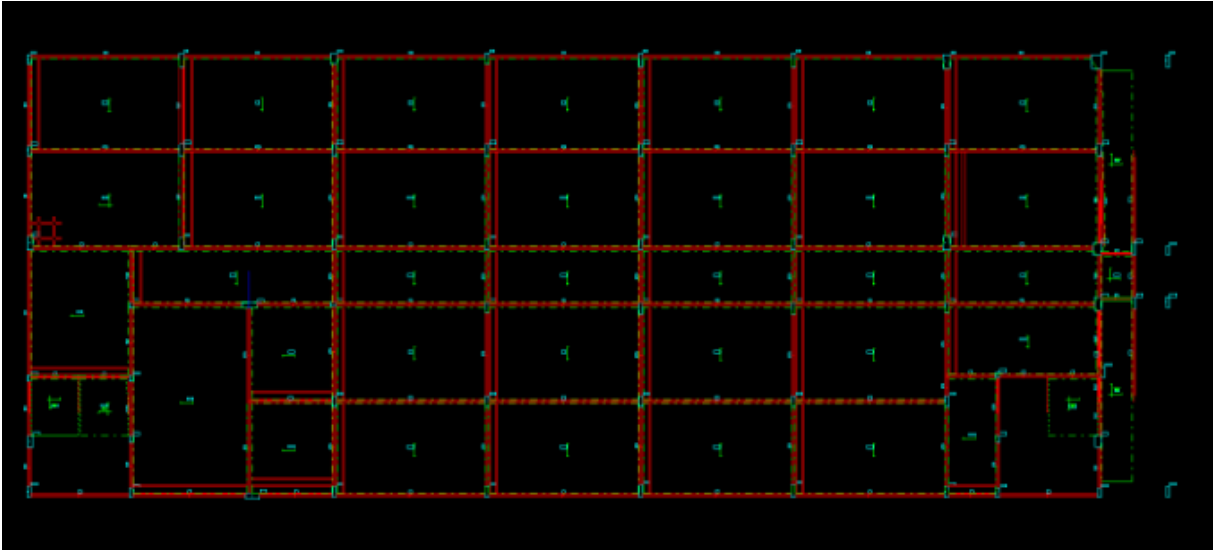
Fonte: AUTORES, 2021.

**Figura 15 - Vista fachada frontal do edifício**

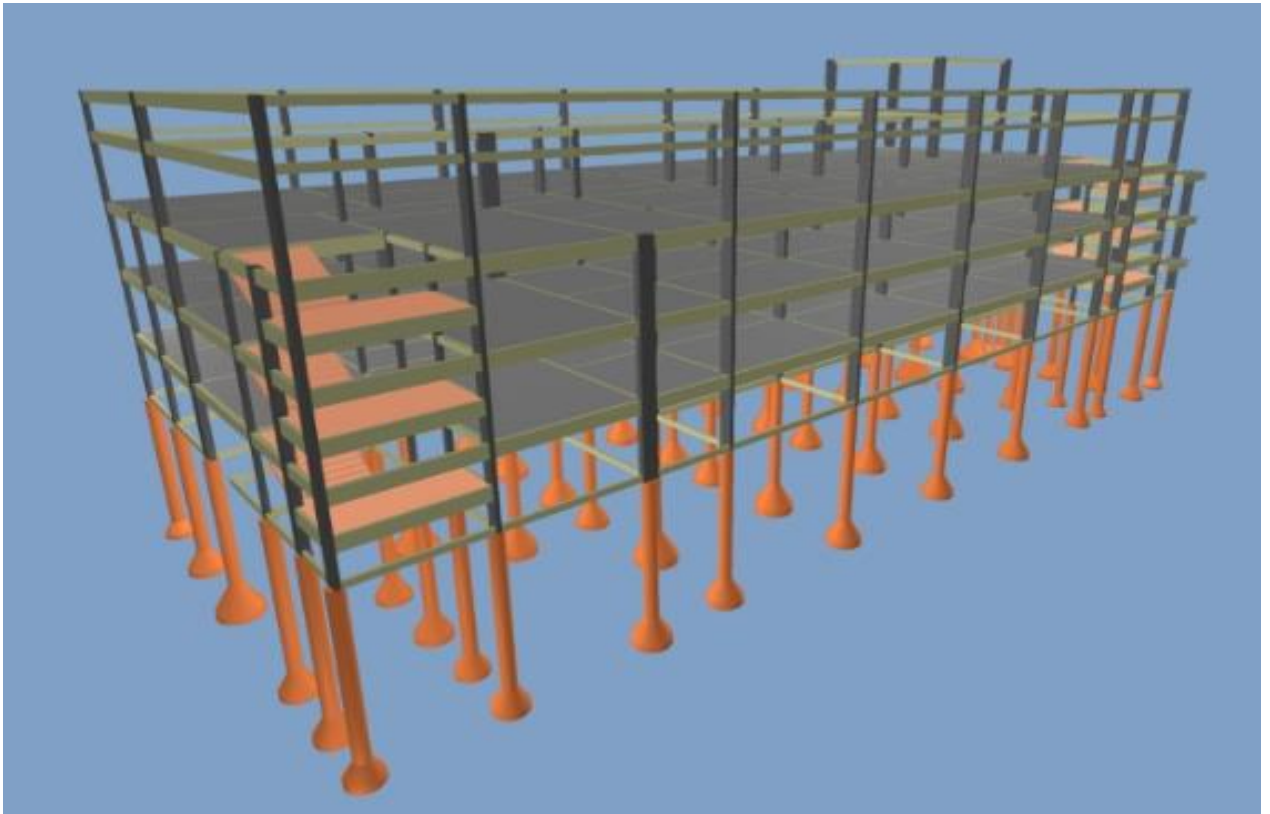


Fonte: AUTORES, 2021.

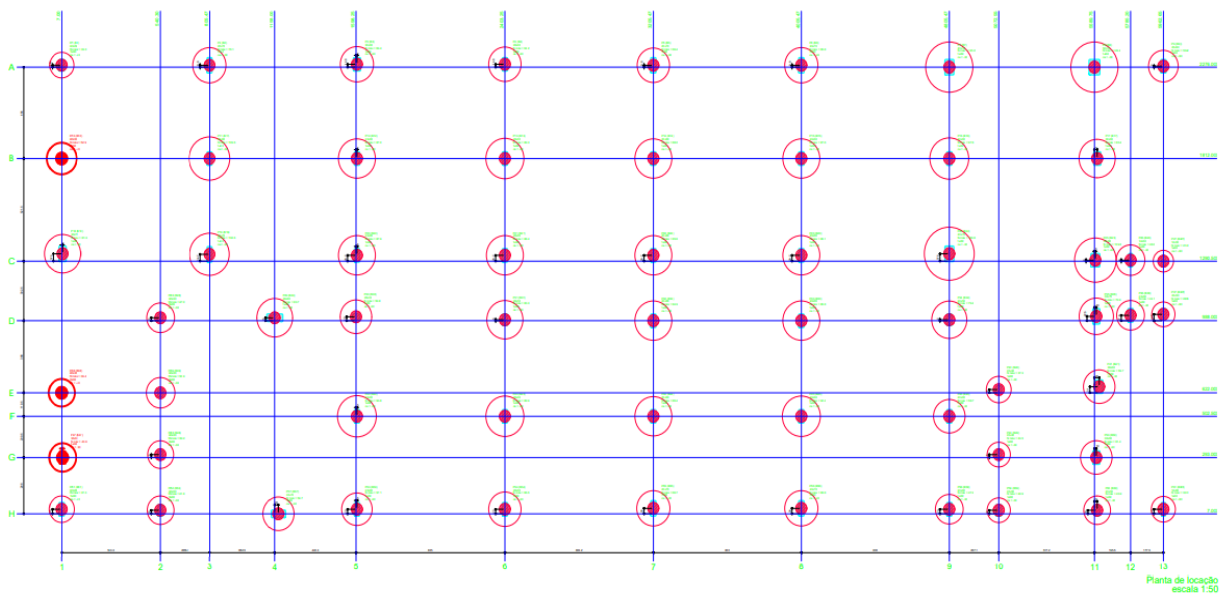
**Figura 16 - Planta de forma do edifício**



Fonte: AUTORES, 2021.

**Figura 17 - Pórtico 3D do edifício**

Fonte: AUTORES, 2021.

**Figura 18 - Planta de localização dos pilares.**

Fonte: AUTORES, 2021.

### 3.2.1 Ações permanentes

As ações permanentes usadas no cálculo da estrutura foram:

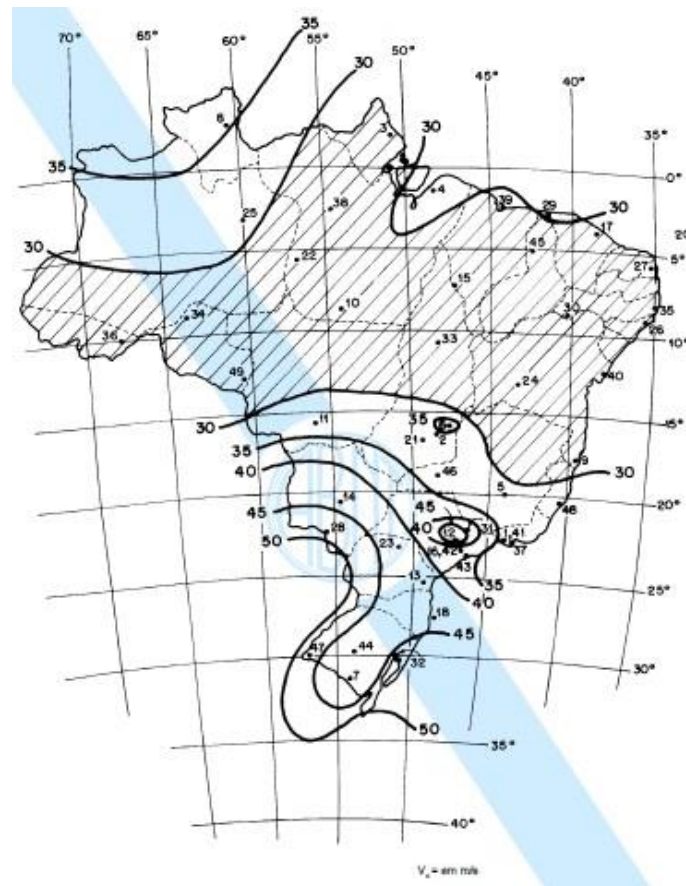
- a) Peso próprio – levando em conta a massa específica de  $2500 \text{ kg/m}^3$ , recomendada pela NBR 6118 (ABNT, 2014) para os elementos em concreto armado;
- b) Peso dos elementos construtivos de instalação permanentes – tendo em conta  $13 \text{ kN/m}^3$  o peso específico aparente do tijolo furado;  $18 \text{ kN/m}^3$  o tijolo maciço e  $19 \text{ kN/m}^3$ , argamassa de cal, cimento e areia (ABNT NBR 6120, 2019) para vedação dos pórticos, e uma carga vertical de  $1,1 \text{ kN/m}^2$ , para revestimento sobre laje.

### 3.2.2 Ações variáveis

As ações variáveis consideradas no cálculo da estrutura foram:

- a) Cargas acidentais previstas para o uso da construção – adotadas baseando-se na NBR 6120 (ABNT, 2019), atendendo a cargas verticais de  $2 \text{ kN/m}^2$  para salas de uso geral e banheiros de escritórios e  $3 \text{ kN/m}^2$ , para escadas e corredores com acesso ao público;
- b) Ação do vento – tendo como premissa a NBR 6123 (ABNT, 1988), considerando a velocidade básica do vento, para a região de Goiás, de  $35 \text{ m/s}$ , de acordo com o mapa de Isopletras do Brasil, uma edificação comercial com a topografia desta em local plano com poucas ondulações, terreno coberto por obstáculos numerosos e pouco espaçados em zona urbana, e a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal da edificação entre  $20 \text{ m}$  e  $50 \text{ m}$ .

**Figura 19 - Isopletas da velocidade básica  $V_0$  (m/s)**



Fonte: NBR 6123 (ABNT, 1988).

### 3.2.3 Lajes

As lajes utilizadas no projeto são do tipo treliçada com espessura de 14 cm e 16 cm, em locais que demandam maior carga, como o caso da laje da casa de máquinas do elevador. Foram utilizados aços CA60 e CA50, com bitolas entre 5,0 mm à 16,0 mm. Rampa e escada são lajes do tipo maciça.

### 3.2.4 Vigas

Foram utilizadas 3 seções diferentes de vigas para melhor atender o projeto, de forma a manter um padrão entre elas e não dificultar a execução, estas são de 20 cm x 60 cm, 14 cm x 60 cm, 20 cm x 70 cm. Assim, como nas lajes, foram utilizados aços CA60 e CA50, com seções entre 5,0 mm à 12,5 mm.

### 3.2.5 Pilares

Para os pilares foram utilizados 2 tipos de seções diferentes, porém, do mesmo modo que as vigas, mantendo um padrão entre eles, sendo estes de 20 cm x 50 cm, 20 cm x 70 cm. Os aços utilizados foram CA60 e CA50 com bitolas entre 5,0 mm à 16,0 mm.

### 3.2.6 Fundação

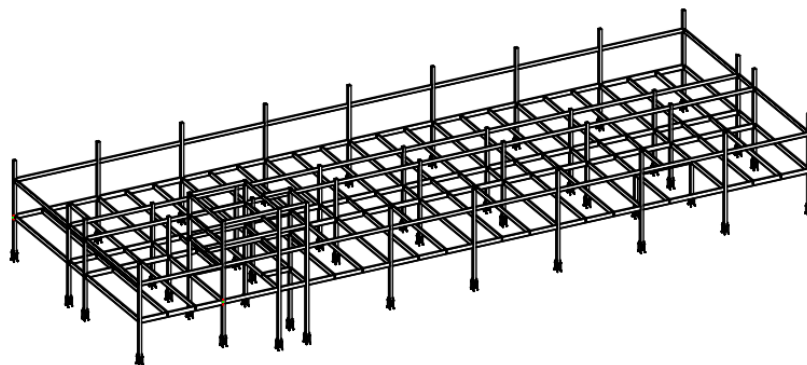
Para a fundação foi simulado um perfil de solo e neste foram considerados apenas profundidade de 6 metros, como a ideal para receber todas as fundações. Foram utilizados tubulões com fuste de 60 centímetros, visto que a NBR 6122 (ABNT, 2010) não exige uma dimensão menor que esta para tubulão, os aços empregados foram CA50 de bitolas 6,3 mm e 12,5 mm.

## 3.3 PROJETO EM ESTRUTURA METÁLICA

Para a estrutura em aço estrutural foram considerados para vigas e pilares módulo de elasticidade longitudinal de 20500 kN/cm<sup>2</sup>, coeficiente de Poisson 0,3, 7885 kN/cm<sup>2</sup> para módulo de elasticidade transversal e  $12 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  o coeficiente de dilatação térmica linear. Para as lajes, concreto de 25 MPa e 20 MPa, para infraestrutura constituída por elementos da fundação. Considerou-se classe II de agressividade, para a consideração do cobrimento mínimo e agregado para concreto com dimensão de 19mm.

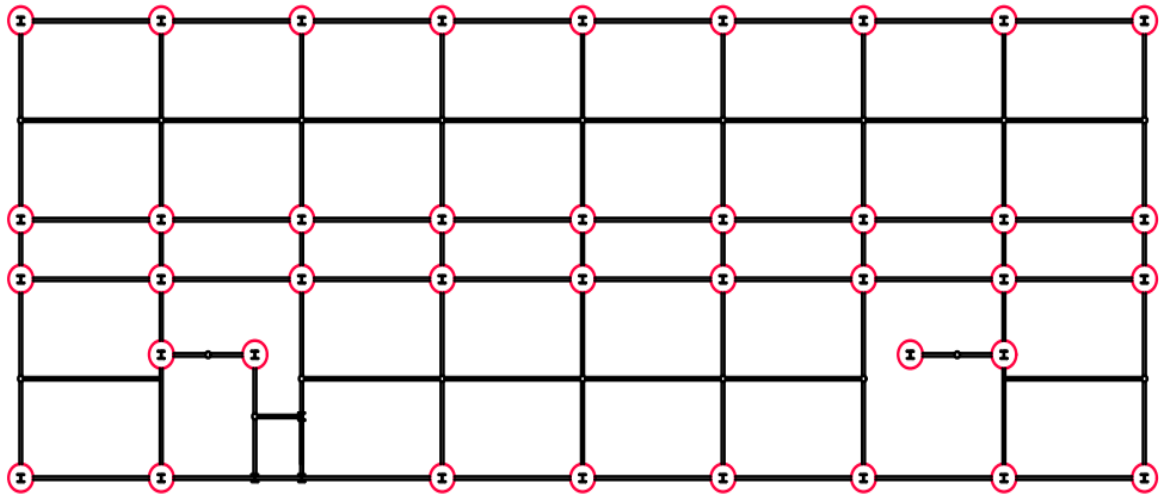
Para o cálculo foram consideradas ações permanentes e variáveis, assim como a NBR 8800 (ABNT, 2008) recomenda.

**Figura 20 - Isométrica estrutura metálica**



Fonte: RC CONSTRUÇÕES METÁLICAS LTDA., 2021.

Figura 21 - Planta de locação



Fonte: RC CONSTRUÇÕES METÁLICAS LTDA., 2021.

Figura 22 - Planta de forma



Fonte: RC CONSTRUÇÕES METÁLICAS LTDA., 2021.

### 3.3.1 Ações permanentes

As ações permanentes utilizadas no cálculo da estrutura foram:

- a) Peso próprio – Devido às lajes do projeto de aço serem do tipo maciça em concreto armado, foi utilizada a massa específica de  $2\,500\text{ kg/m}^3$ , recomendada pela NBR 6118 (ABNT, 2014) e para as peças em aço,  $7850\text{ kg/m}^3$ , conforme NBR 8800 (ABNT, 2008);
- b) Peso dos elementos construtivos fixos e de instalações permanentes – são os



mesmos considerados para a estrutura em concreto armado, visto que a edificação é a mesma, ou seja,  $13 \text{ kN/m}^3$ , o peso específico aparente do tijolo furado;  $18 \text{ kN/m}^3$ , o tijolo maciço e  $19 \text{ kN/m}^3$ , argamassa de cal, cimento e areia (ABNT NBR 6120, 2019) para vedação dos pórticos, e uma carga vertical de  $1,1 \text{ kN/m}^2$ , para revestimento sobre laje.

### 3.3.2 Ações variáveis

As ações variáveis consideradas no cálculo da estrutura foram as mesmas utilizadas para cálculo do concreto armado, sendo elas:

- a) Cargas acidentais previstas para o uso da construção – baseadas na NBR 6120 (ABNT, 2019), considerando  $2 \text{ kN/m}^2$ , para salas de uso geral e banheiros de escritórios e  $3 \text{ kN/m}^2$ , para escadas e corredores com acesso ao público;
- b) Ação do vento – baseada na NBR 6123 (ABNT, 1988), considerando a velocidade básica do vento, para a região de Goiás,  $35 \text{ m/s}$ , de acordo com o mapa de Isopletas do Brasil, uma edificação comercial com a topografia desta em local plano com poucas ondulações, terreno coberto por obstáculos numerosos e pouco espaçados em zona urbana, e a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal da edificação entre  $20 \text{ m}$  e  $50 \text{ m}$ .

Conforme a Figura 16, o mapa de isopletas do Brasil também é usado para calcular a influência do vento na estrutura, usando a velocidade básica do vento para cada região do país. A velocidade básica do vento para a região de Goiás é de  $35 \text{ m/s}$ , de acordo com o mapa.

### 3.3.3 Lajes

As lajes empregadas no projeto são as mesmas utilizadas no projeto da estrutura em concreto armado, treliçadas, com espessura de  $14 \text{ cm}$  e  $16 \text{ cm}$  e aços CA60 e CA50, com bitolas entre  $5,0 \text{ mm}$  a  $16,0 \text{ mm}$ .

### **3.3.4 Vigas**

As vigas utilizadas foram em perfis I soldados do tipo W, dispostas em cinquenta seções diferentes para os perfis.

### **3.3.5 Pilares**

Os pilares aplicados na elaboração do projeto foram em perfil I do tipo HP, porém ao contrário das vigas, para este elemento foi utilizado apenas uma seção para o perfil.

### **3.3.6 Fundação**

Foram feitas as mesmas considerações para a fundação da estrutura metálica, ou seja, utilizados tubulões com fuste de 60 centímetros e aço CA50, com bitolas de 6,3 mm e 12,5 mm.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 PROJETO EM CONCRETO ARMADO

O pontapé inicial do projeto foi a análise, estudo e entendimento da arquitetura proposta, após esta verificação arquitetônica fez-se as configurações dos parâmetros construtivos e de cálculo no software utilizado. Em seguida foi realizado o lançamento estrutural, definindo o posicionamento dos elementos estruturais.

Tendo isso por base, o tempo gasto para o lançamento estrutural e início da análise computacional no programa de cálculo em concreto armado do edifício estudado foi de 10 horas.

Para melhor entendimento e análise dos resultados de tempo de manufatura do projeto em estrutura de concreto armado, foi elaborada uma Tabela contendo informações fragmentadas e seus respectivos tempos decorridos, portanto, conforme a memória de cálculo apresentada na Tabela 1, foram gastos 14,6 horas para que o projeto em estudo fosse concebido, porém os dados coletados não devem ser tomados por base para projetos em edificações diferentes, pois o tempo de cada tarefa dependerá da complexidade da arquitetura, desempenho da máquina em rodar as análises feitas pelo software e experiência do projetista.

**Tabela 1 - Memória de cálculo do tempo de elaboração do projeto em concreto armado**

ETAPA	Quantidade	Minutos necessários	Horas
Análise da arquitetura, e início da análise computacional	1	25 min	0,42 h
Análise estrutural	1	575 min	9,58 h
Lançamento da estrutura	1	275 min	4,58 h
TOTAL		875 min	14,6 h

Fonte: AUTORES, 2021.

## 4.2 PROJETO EM ESTRUTURA METÁLICA

O projeto em estrutura metálica foi concebido pela RC Construções Metálicas Ltda., mas mantendo passos similares aos utilizados na elaboração do projeto em concreto armado, ou seja, inicialmente foi feita uma análise para entendimento da arquitetura do edifício, após a análise foram escolhidas as normas para o dimensionamento da estrutura. Em seguida foi realizado o lançamento estrutural, determinando a posição dos elementos estruturais da forma mais viável. Baseando-se nisso, o tempo percorrido para o lançamento estrutural e início da análise computacional no software de cálculo foi de 5 horas.

Depois de feitos todos os ajustes estruturais necessários e o software não emitir avisos feita uma verificação individual dos elementos estruturais.

Para melhor compreensão e análise dos resultados de tempo de manufatura do projeto em estrutura de aço-carbono, sucede a Tabela 2.

**Tabela 2 - Memória de cálculo do tempo de elaboração do projeto em aço**

ETAPA	Quantidade	Minutos necessários	Horas
Análise da arquitetura, e início da análise computacional	1	300 min	5,0 h
Análise estrutural	1	600 min	10,0 h
Detalhamento da estrutura	1	1200 min	20,0 h
TOTAL		2100 min	35,00 h

Fonte: AUTORES, 2021.

Conforme a memória de cálculo que a Tabela 2 apresenta, foram gastos 35 horas para que o projeto fosse criado, porém, assim como o projeto em concreto armado, os dados coletados não devem ser tomados por base para projetos em edificações diferentes, pois o tempo de cada tarefa dependerá da complexidade da arquitetura, desempenho da máquina em rodar as análises feitas pelo software e experiência do projetista.

O tempo gasto para a elaboração do projeto em estrutura metálica se sobressai em relação ao projeto de concreto armado por conta da necessidade de combinação de mais de um software de forma combinada para ter o processo completo de todas as fases de projeto.

#### 4.3 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS PROJETOS EM CONCRETO ARMADO E ESTRUTURA EM AÇO

Conforme os resultados apresentados nos Gráficos 1 e 2, é possível verificar que o projeto mais vantajoso em economia de tempo sobre o edifício estudado é em concreto armado, visto que o processo de elaboração deste teve imensa vantagem sobre o projeto em estrutura metálica.

O gráfico 1 é capaz de demonstrar a discrepância entre o tempo de elaboração entre os projetos estudados.

**Gráfico 1 - Tempo em minutos para elaboração dos projetos**



Fonte: AUTORES, 2021.

Vale frisar que esta é uma análise sujeita a grande chance de expressar resultados falhos e imprecisos, caso o cenário e fatores levados em consideração utilizadas no processo de elaboração do projeto sejam diferentes, pois esta varia drasticamente, conforme a complexidade,

experiência, software e equipamentos utilizados pelo projetista. Assim sendo, a análise comparativa entre o tempo de elaboração de projeto é a que atribui a menor importância sobre os itens comparados para a escolha da estrutura com o melhor custo-benefício.

A comparação temporal é mais para critério de ilustração do que comparação de horas gastas para a elaboração de cada projeto.

#### 4.4 ANÁLISE ORÇAMENTÁRIA

O orçamento da estrutura em concreto armado teve como base de pesquisa o SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil) o qual tem seus dados atualizados pela Caixa Econômica Federal e o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), já a estrutura em aço foi orçada pela RC Construções Metálicas Ltda., empresa responsável pelo projeto da estrutura metálica do edifício.

##### 4.4.1 Orçamento estrutura em concreto armado

O apêndice A representa a planilha utilizada para a formação do valor total da estrutura do edifício analisado, caso este seja em concreto armado, neste é identificado a fonte de referência utilizada, assim como o código para consulta do insumo ou composição.

Para o cálculo foram consideradas composições de serviços como montagem e desmontagem de fôrmas, montagem de armação, bombeamento de concreto e os insumos necessário para cada etapa.

Valor gasto para mão de obra e insumos dos pilares corresponde a R\$403.197,50; insumos e mão de obra das vigas da estrutura somam R\$849.362,86 e R\$143.792,74 referentes a mão de obra e insumos das lajes. Por último, as escadas somam o valor de R\$91.405,84 ao orçamento referente também a mão de obra e insumos.

Com o orçamento gerado é possível constatar que o custo total para estrutura em concreto armado é de R\$ 1.487.758,94.

#### 4.4.2 Orçamento de estrutura metálica

O orçamento da estrutura em estrutura metálica foi feito pelos autores considerando todos os insumos e composições, como perfis metálicos e montagem dos mesmos.

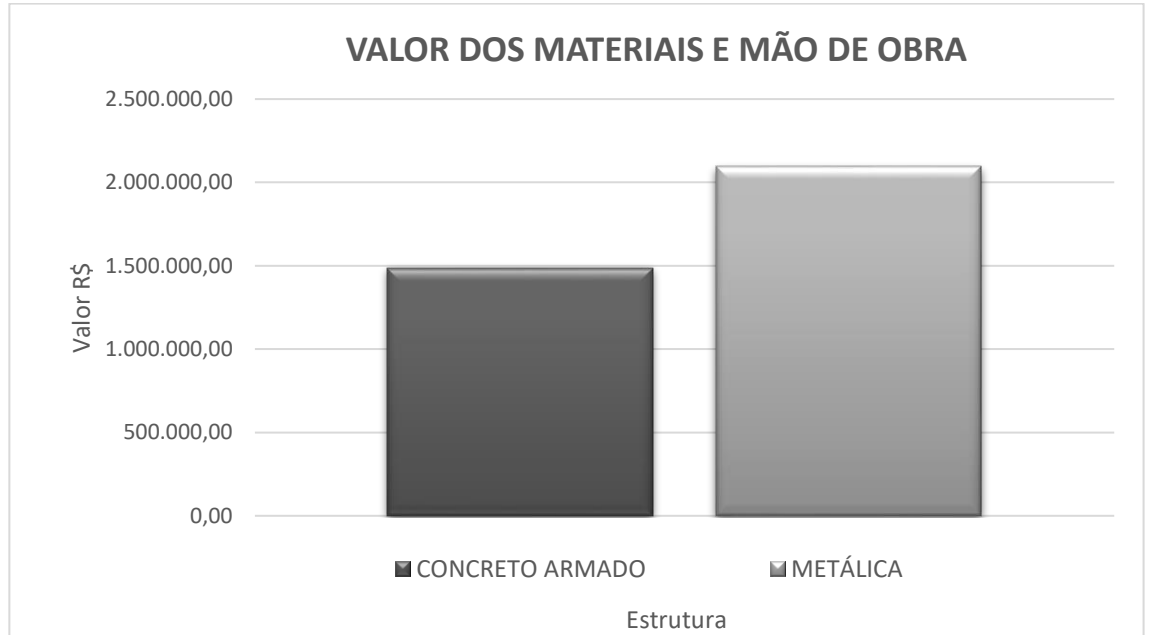
Como mostra no Gráfico 2, pode-se ver que o valor total da estrutura metálica executada com mão-de-obra e materiais é de R\$ 2.093.582,88.

#### 4.4.3 Análise comparativa entre orçamentos da estrutura metálica e concreto armado

Conforme o orçamento feito pelos autores sobre a estrutura de concreto armado, apontado no apêndice A, e a estrutura metálica, é possível verificar que a execução que se sobressai economicamente sobre o edifício estudado é em concreto armado, visto que o custo da obra da estrutura é R\$ 605.823,94 mais econômico que a estrutura metálica.

A distinção sobre elas é apresentada a seguir no Gráfico 2.

**Gráfico 2 - Valor dos materiais de superestrutura de cada estrutura**



Fonte: AUTORES, 2021.

As tabelas 3 e 4 mostram o custo do material e mão-de-obra da estrutura metálica.

**Tabela 3 - Custo materiais da estrutura em estrutura metálica**

MATERIAL	Unid.	Quant.	Material	TOTAL
<b>ESTRUTURA EM AÇO-CARBONO</b>				
AÇO ESTRUTURAL	KG	90945,39	R\$ 8,00	<b>R\$ 727.563,12</b>

Fonte: AUTORES, 2021.

**Tabela 4 - Custo mão-de-obra da estrutura em estrutura metálica**

MATERIAL	Unid.	Quant.	Material	TOTAL
<b>ESTRUTURA EM AÇO-CARBONO</b>				
SERVIÇO	KG	90945,39	R\$ 6,00	<b>R\$ 636.617,70</b>

Fonte: AUTORES, 2021.

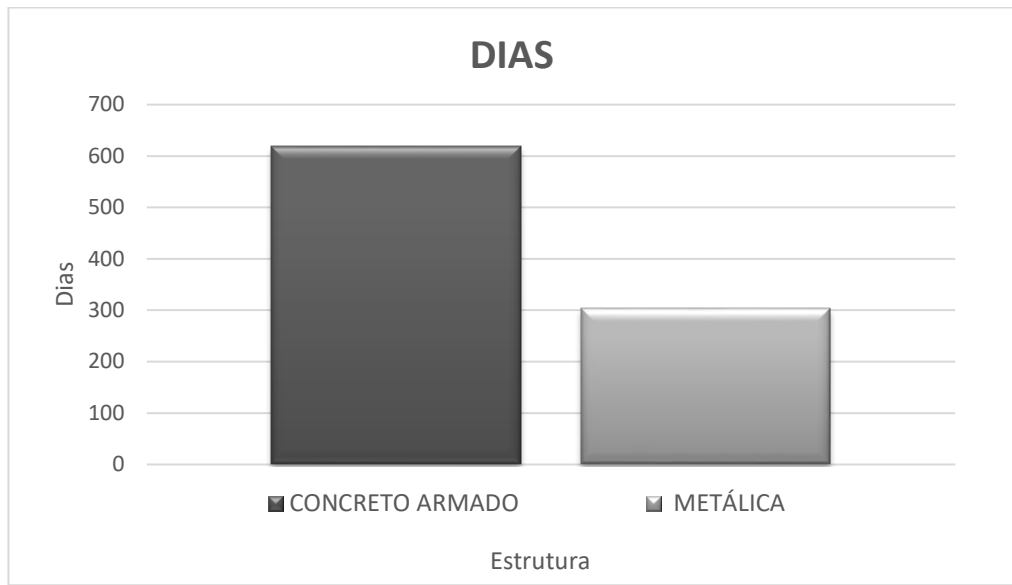
#### 4.5 ANÁLISE DO TEMPO DE EXECUÇÃO DA ESTRUTURA

##### 4.5.1 Análise comparativa entre o tempo de execução das estruturas em concreto armado e metálica

A partir dos dados obtidos por cronograma do tempo de execução de cada estrutura, a estrutura metálica se mostra à frente da estrutura de concreto armado, como é apresentado no Gráfico 3, fornecendo uma superestrutura rápida em termos de execução, possibilitando 315 dias úteis de vantagem sobre a estrutura de concreto armado, uma diferença significativa, a qual não tem seus benefícios restritos apenas ao tempo. A obra em estrutura metálica conseqüentemente acarreta diversos benefícios como: redução no gasto de mão de obra, sustentabilidade uma vez que gera menos resíduos e retorno de lucro tendo em vista o edifício educacional privado em que será usado por acadêmicos que retornaram em menos tempo o valor de mensalidades referentes aos cursos ofertados no prédio em questão dentre outros.

Os cronogramas de execução das estruturas metálica e de concreto armado constam em anexo nos Apêndices B e C.



**Gráfico 3 - Dias necessários para execução das estruturas**

Fonte: AUTORES, 2021.

## 5 CONCLUSÃO

A comparação entre os sistemas construtivos analisados contribuiu para a análise de qual sistema seria mais viável para a execução do projeto, levando em conta diferentes variáveis a serem consideradas.

De acordo com os resultados obtidos, a pesquisa teve seu objetivo alcançado, uma vez que foi possível chegar a um resultado em todos os campos estudados. No que diz respeito ao aço, obteve-se um custo de obra – material e mão de obra - diferente do que o de costume, pelo fato de que no atual momento o valor do aço mais do que dobrou em relação ao cenário antes da pandemia, acarretando em um custo maior que o convencional, quando comparado ao orçamento feito com o projeto em estruturas de concreto.

No quesito tempo de execução, o aço se sobressai com um vasto ganho de tempo na execução, uma vez que a obra em concreto armado levaria cerca de 315 dias a mais para ser finalizada em relação ao tempo final da execução da edificação em estrutura metálica.

O sistema ideal e mais viável a ser usado nesse caso, dependerá para qual finalidade terá a edificação, uma vez que para retornos de lucro rápidos, quanto mais rápido a execução mais vantajosa será, podendo optar pelo sistema mais caro, porém mais rápido para retorno de lucro imediato.

Apesar de existir múltiplas conjunturas e possibilidades de projetos, esta análise é capaz de desmistificar as construções em concreto armado, abrindo portas para uma decorrente escolha inteligente sobre qual sistema construtivo utilizar em diferentes situações.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento. 2014. 238 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro: Abnt Editora, 2016. 9 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8522**: Concreto - Determinação dos módulos estáticos de elasticidade e de deformação à compressão. Rio de Janeiro: Abnt Editora, 2017. 20 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**: Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: Abnt Editora, 2018. 9 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro: Abnt Editora, 2019. 9p.

ANDRADE, Jairo José de Oliveira. **DURABILIDADE DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO: ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NAS ESTRUTURAS NO ESTADO DE PERNAMBUCO**. 1997. 151 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/122441>. Acesso em: 29 de set. 2020.

ALMEIDA, Luiz Carlos de. **Fundamentos do concreto armado**. Campinas: Cc, 2002. 13 p. Disponível em: [fec.unicamp.br/~almeida/au405/Fundamentos.pdf](http://fec.unicamp.br/~almeida/au405/Fundamentos.pdf). Acesso em: 26 out. 2020.

ALMEIDA, Luiz Carlos de. **Aços para concreto armado**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas Faculdade de e, 2002. 13 p. Disponível em: <http://www.fec.unicamp.br/~almeida/au405/Acos.pdf>. Acesso em: 06 dez. 2020.

ANDOLFATO, Rodrigo Piernas. **CONTROLE TECNOLÓGICO BÁSICO DO CONCRETO**. Ilha Solteira: Unesp, 2002. 33 p. Disponível em: <https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariacivil/nepae/control-tecnologico-basico-do-concreto.pdf>. Acesso em: 26 de out. 2020.

ALVES, Edir dos Santos; MELO, Gustavo Henrique Alves Gomes de; LISBOA, Ederval de Souza. **Materiais de construção: concreto e argamassa**. 2. ed. Porto Alegre: Sagah Educação S.A., 2017. 227 p. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595020139/cfi/226!/4/4@0.00:0.00>. Acesso em: 06 dez. 2020.

ARAÚJO, José Milton de. **A RESISTÊNCIA À TRAÇÃO E ENERGIA DE FRATURA DO CONCRETO**. Rio Grande: Dunas, 2001. 32 p. Disponível em: [http://www.editoradunas.com.br/dunas/Numero\\_02.pdf](http://www.editoradunas.com.br/dunas/Numero_02.pdf). Acesso em: 06 dez. 2020.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **FUNDAMENTOS DO CONCRETO ARMADO**. Bauru/sp: Unesp, 2019. 89 p. Disponível em:

<https://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/concreto1/Fundamentos%20CA.pdf>. Acesso em: 26 de out. 2020.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos; MARCHETTI, Osvaldemar. **Concreto armado eu te amo**. 9. ed. São Paulo: Blucher, 2018. 1 v. Disponível em:

[https://books.google.com.br/books?hl=pt-](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=x951DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT22&dq=BOTELHO,+M.+H.+C.+Concreto+armado,+eu+te+amo,+para+arquitetos.+S%C3%A3o+Paulo:+Edgard+Blucher,+2006,+p.+34.&ots=ZiSAoIB5tT&sig=zakoFv-zdqGcEGCPyKP90t94g50#v=onepage&q&f=true)

[BR&lr=&id=x951DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT22&dq=BOTELHO,+M.+H.+C.+Concreto+armado,+eu+te+amo,+para+arquitetos.+S%C3%A3o+Paulo:+Edgard+Blucher,+2006,+p.+34.&ots=ZiSAoIB5tT&sig=zakoFv-zdqGcEGCPyKP90t94g50#v=onepage&q&f=true](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=x951DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT22&dq=BOTELHO,+M.+H.+C.+Concreto+armado,+eu+te+amo,+para+arquitetos.+S%C3%A3o+Paulo:+Edgard+Blucher,+2006,+p.+34.&ots=ZiSAoIB5tT&sig=zakoFv-zdqGcEGCPyKP90t94g50#v=onepage&q&f=true). Acesso em: 26 out. 2020.

CRIVELARO, Marcos; PINHEIRO, Antonio Carlos da Fonseca Bragança. **Materiais de construção**. 3. ed. São Paulo: Saraiva Educação, 2020. 184 p. Disponível em:

<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536532769/cfi/3!/4/4@0.00:12.9>.

Acesso em: 06 dez. 2020.

CORTEZ, Lucas Azevedo da Rocha; MACIE, Carlos Alberto dos Santos; SANTOS, Poliane Borges; LIMA, Rodrigo Teixeira; SANTOS, Thaynara Maria Ferreira dos; NASCIMENTO, Monica Melo Gomes do. **USO DAS ESTRUTURAS DE AÇO NO BRASIL**. 2017. 4 v. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, O Centro Universitário Tiradentes – Unit-Al, Alagoas, 2017. Disponível em: <file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/5215-Texto%20do%20artigo-14598-1-10-20180103.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2020.

**ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE ESTRUTURAS METÁLICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL**. Volta Redonda - Rj: Episteme Transversalis, v. 9, n. 1, 2018. Disponível em:

<http://revista.ugb.edu.br/ojs302/index.php/episteme/article/view/883/798>. Acesso em: 29 de set. 2020.

GALVAMINAS. **Estruturas metálicas**. 2020. Disponível em:

<https://www.galvaminas.com.br/blog/estruturas-metalicas-construcao-civil/>. Acesso em: 29 de set. 2020.

GUARNIER, Christiane Roberta Fernandes. **METODOLOGIAS DE DETALHAMENTO DE ESTRUTURAS METÁLICAS**. 2009. 376 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2009. Disponível em: <https://www.livrosgratis.com.br/ler-livro-online-124783/metodologias-de-detalhamento-de-estruturas-metalicas>. Acesso em: 23 nov. 2020.

HELENE, Paulo. **Introdução da vida útil no projeto das estruturas de concreto NB/2001**. In: Workshop sobre durabilidade das construções. Novembro. São José dos Campos. 2001.

HOJE, Industria. **O Aço na Construção Civil**. Disponível em: <https://industria hoje.com.br/o-aco-na-construcao-civil>. Acesso em: 26 out. 2020.

METÁLICA, Portal. **Construções Metálicas: O uso do Aço na Construção Civil**.

Disponível em: <https://metalica.com.br/construcoes-metalicas-o-uso-do-aco-na-construcao-civil-4/>. Acesso em: 26 out. 2020.

METÁLICAS, Metalrio Estruturas. **Estrutura Metálica, Quais as Vantagens e Desvantagens para sua construção?** 2018. Disponível em:

<https://metalrio.com.br/2018/12/estrutura-metalicaquais-vantagens-e-desvantagens-para-sua-construcao>. Acesso em: 24 nov. 2020.

**O CRESCIMENTO DA INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ESTRUTURAS METÁLICAS E O BOOM DA CONSTRUÇÃO CIVIL: UM PANORAMA DO PERÍODO 2001-2010.**

2010. Disponível em:

[https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1517/1/A%20set.35\\_O%20crescimento%20da%20ind%C3%BAstria%20brasileira%20de%20estruturas\\_P.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1517/1/A%20set.35_O%20crescimento%20da%20ind%C3%BAstria%20brasileira%20de%20estruturas_P.pdf). Acesso em: 23 nov. 2020.

PFEIL, Walter. **Estruturas de aço: dimensionamento prático I**. - 8.ed. - Rio de Janeiro: LTC, 2009.

PINHEIRO, Libânio M.; MUZARDO, Cassiane D.; SANTOS, Sandro P. **ESTRUTURAS DE CONCRETO – CAPÍTULO 2**. São Paulo: Usp – Eesc – Departamento de Engenharia de Estruturas, 2004. 10 p. Disponível em:

<http://www.fec.unicamp.br/~almeida/ec702/EESC/Concreto.pdf>. Acesso em: 06 dez. 2020.

ROMANO, Roberto Cesar de O.; CARDOSO, Fábio A.; PILEGGI, Rafael G. **CONCRETO: CIÊNCIA E TECNOLOGIA**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2020. 46 p.

Disponível em:

[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4842280/mod\\_resource/content/0/Cap%C3%ADtulo%2013%20-%20Propriedades%20do%20concreto%20no%20estado%20fresco.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4842280/mod_resource/content/0/Cap%C3%ADtulo%2013%20-%20Propriedades%20do%20concreto%20no%20estado%20fresco.pdf). Acesso em: 05 dez. 2020.

ROQUE, James Antonio; MORENO JUNIOR, Armando Lopes. Considerações sobre vida útil do concreto. In: 10. ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA-PROJETO-PRODUÇÃO EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO, 1., 2005, Campinas - Sp. **Artigo**. São Carlos: Ccc, 2005. p. 1-12. Disponível em:

[http://www.set.eesc.usp.br/1enpppcpm/cd/conteudo/trab\\_pdf/125.pdf](http://www.set.eesc.usp.br/1enpppcpm/cd/conteudo/trab_pdf/125.pdf). Acesso em: 26 out. 2020.

SÁ, Acácia Giane Pereira e; SANTOS, Wendel Alves dos. **ESTRUTURAS MISTAS AÇO E CONCRETO**. 2014. 61 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Doctum de Educação e Tecnologia, Caratinga, 2014. Disponível em:

<http://dspace.doctum.edu.br/bitstream/123456789/1167/1/AC%C3%81CIA%20GIANE%20PEREIRA%20E%20S%C3%81%20ALTERADO.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2020.

## APÊNDICE A – Planilha orçamentária da estrutura em concreto armado

ITEM	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	FONTE	UNIDADE	QTD	CUSTO DIRETO (R\$)				PREÇO UNITÁRIO (R\$)	PREÇO TOTAL (R\$)
						MÃO DE OBRA	MATERIAL	EQUIPAMENTO	OUTROS		
<b>1</b>	<b>PILARES</b>										<b>403.197,50</b>
1.1	92263	FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA PILARES E ESTRUTURAS SIMILARES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, E = 17 MM. AF_09/2020	SINAPI	M2	1.489,20	26,01	72,82	0,02	7,77	106,62	158.778,50
1.2	92419	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 4 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	SINAPI	M2	1.302,90	21,40	19,55	11,46	6,63	59,04	76.923,22
1.3	92761	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	SINAPI	KG	47,00	1,51	11,42	0,00	0,49	13,42	630,74
1.4	92762	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	SINAPI	KG	6.130,60	1,06	10,77	0,00	0,32	12,15	74.486,79
1.5	92763	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	SINAPI	KG	801,60	0,72	9,38	0,00	0,23	10,33	8.280,53
1.6	92759	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	SINAPI	KG	3.098,70	3,26	10,00	0,00	1,06	14,32	44.373,38
1.7	00038405	CONCRETO USINADO BOMBEAVEL, CLASSE DE RESISTENCIA C25, COM BRITA 0 E 1, SLUMP = 130 +/- 20 MM, EXCLUI SERVICO DE BOMBEAMENTO (NBR 8953)	SINAPI	M3	110,60	0,00	296,70	0,00	0,00	296,70	32.815,02
1.8	92874	LANÇAMENTO COM USO DE BOMBA, ADENSAMENTO E ACABAMENTO DE CONCRETO EM ESTRUTURAS. AF_12/2015	SINAPI	M3	110,60	17,09	0,00	0,08	7,20	24,37	2.695,32
1.9	INS-489725	BOMBA LANÇA	PRÓPRIA	M3	110,60	0,00	0,00	30,00	0,00	30,00	3.318,00
1.10	I12000	CONTROLE TECNOLÓGICO DE CONCRETO - POR ROMPIMENTO DE CORPO DE PROVA	ORSE	UN	64,00	0,00	0,00	0,00	14,00	14,00	896,00
<b>2</b>	<b>VIGAS</b>										<b>849.362,86</b>

2.1	92760	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 6,3 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	SINAPI	KG	3.758,40	2,21	11,01	0,00	0,72	13,94	52.392,10
2.2	92265	FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA VIGAS, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, E = 17 MM. AF_09/2020	SINAPI	M2	991,20	21,08	49,18	0,01	6,30	76,57	75.896,18
2.3	92456	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE VIGA, ESCORAMENTO METÁLICO, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA RESINADA, 4 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	SINAPI	M2	3.754,90	36,22	24,14	21,02	11,27	92,65	347.891,49
2.4	92761	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	SINAPI	KG	9.672,20	1,51	11,42	0,00	0,49	13,42	129.800,92
2.5	92762	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	SINAPI	KG	3.470,10	1,06	10,77	0,00	0,32	12,15	42.161,72
2.6	92763	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	SINAPI	KG	2.477,00	0,72	9,38	0,00	0,23	10,33	25.587,41
2.7	92764	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 16,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	SINAPI	KG	318,10	0,46	9,35	0,00	0,15	9,96	3.168,28
2.8	92759	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	SINAPI	KG	4.947,70	3,26	10,00	0,00	1,06	14,32	70.851,06
2.9	00038405	CONCRETO USINADO BOMBEAVEL, CLASSE DE RESISTENCIA C25, COM BRITA 0 E 1, SLUMP = 130 +/- 20 MM, EXCLUI SERVICO DE BOMBEAMENTO (NBR 8953)	SINAPI	M3	282,90	0,00	296,70	0,00	0,00	296,70	83.936,43
2.10	92874	LANÇAMENTO COM USO DE BOMBA, ADENSAMENTO E ACABAMENTO DE CONCRETO EM ESTRUTURAS. AF_12/2015	SINAPI	M3	282,90	17,09	0,00	0,08	7,20	24,37	6.894,27
2.11	INS-489725	BOMBA LANÇA	PRÓPRIA	M3	282,90	0,00	0,00	30,00	0,00	30,00	8.487,00
2.12	112000	CONTROLE TECNOLÓGICO DE CONCRETO - POR ROMPIMENTO DE CORPO DE PROVA	ORSE	UN	164,00	0,00	0,00	0,00	14,00	14,00	2.296,00
<b>3</b>	<b>LAJES</b>										<b>143.792,74</b>
3.1	101963	LAJE PRÉ-MOLDADA UNIDIRECIONAL, BIAPOIADA, PARA PISO, ENCHIMENTO EM CERÂMICA, VIGOTA CONVENCIONAL, ALTURA TOTAL DA LAJE (ENCHIMENTO+CAPA) = (8+4). AF_11/2020	SINAPI	M2	1,00	19,40	106,62	0,00	6,62	132,64	132,64
3.2	00038405	CONCRETO USINADO BOMBEAVEL, CLASSE DE RESISTENCIA C25, COM BRITA 0 E 1, SLUMP = 130 +/- 20 MM, EXCLUI SERVICO DE BOMBEAMENTO (NBR 8953)	SINAPI	M3	293,10	0,00	296,70	0,00	0,00	296,70	86.962,77

3.3	92874	LANÇAMENTO COM USO DE BOMBA, ADENSAMENTO E ACABAMENTO DE CONCRETO EM ESTRUTURAS. AF_12/2015	SINAPI	M3	293,10	17,09	0,00	0,08	7,20	24,37	7.142,85
3.4	112000	CONTROLE TECNOLÓGICO DE CONCRETO - POR ROMPIMENTO DE CORPO DE PROVA	ORSE	UN	168,00	0,00	0,00	0,00	14,00	14,00	2.352,00
3.5	92512	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE LAJE MACIÇA, PÉ-DIREITO DUPLO, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 4 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	SINAPI	M2	229,80	15,57	11,83	27,90	4,90	60,20	13.833,96
3.6	92267	FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA LAJES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, E = 17 MM. AF_09/2020	SINAPI	M2	77,00	0,57	28,48	0,00	0,16	29,21	2.249,17
3.7	92769	ARMAÇÃO DE LAJE DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 6,3 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	SINAPI	KG	825,30	1,54	11,09	0,00	0,49	13,12	10.827,94
3.8	92770	ARMAÇÃO DE LAJE DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	SINAPI	KG	506,30	1,03	11,42	0,00	0,33	12,78	6.470,51
3.9	92771	ARMAÇÃO DE LAJE DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	SINAPI	KG	720,60	0,70	10,73	0,00	0,22	11,65	8.394,99
3.10	92772	ARMAÇÃO DE LAJE DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	SINAPI	KG	262,10	0,46	9,33	0,00	0,15	9,94	2.605,27
3.11	92768	ARMAÇÃO DE LAJE DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	SINAPI	KG	213,20	2,32	10,15	0,00	0,76	13,23	2.820,64
<b>4</b>	<b>ESCADAS</b>										<b>91.405,84</b>
4.1	101995	FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA ESCADAS, COM 1 LANCE E LAJE PLANA, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, E= 17 MM. AF_11/2020	SINAPI	M2	103,90	18,16	83,73	0,00	5,48	107,37	11.155,74
4.2	102042	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA PARA ESCADAS, COM 1 LANCE E LAJE PLANA, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 4 UTILIZAÇÕES. AF_11/2020	SINAPI	M2	254,40	73,25	72,06	10,88	22,82	179,01	45.540,14
4.3	95944	ARMAÇÃO DE ESCADA, DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 6,3 MM - MONTAGEM. AF_11/2020	SINAPI	KG	406,30	5,33	11,00	0,00	1,72	18,05	7.333,72
4.4	95945	ARMAÇÃO DE ESCADA, DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_11/2020	SINAPI	KG	303,70	3,11	11,40	0,00	1,01	15,52	4.713,42
4.5	95946	ARMAÇÃO DE ESCADA, DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_11/2020	SINAPI	KG	686,60	1,66	10,74	0,00	0,54	12,94	8.884,60
4.6	95947	ARMAÇÃO DE ESCADA, DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM - MONTAGEM. AF_11/2020	SINAPI	KG	111,60	0,76	9,36	0,00	0,23	10,35	1.155,06



4.7	00001527	CONCRETO USINADO BOMBEAVEL, CLASSE DE RESISTENCIA C25, COM BRITA 0 E 1, SLUMP = 100 +/- 20 MM, INCLUI SERVICO DE BOMBEAMENTO (NBR 8953)	SINAPI	M3	36,80	0,00	309,52	0,00	0,00	309,52	11.390,34
4.8	92874	LANÇAMENTO COM USO DE BOMBA, ADENSAMENTO E ACABAMENTO DE CONCRETO EM ESTRUTURAS. AF_12/2015	SINAPI	M3	36,80	17,09	0,00	0,08	7,20	24,37	896,82
4.9	I12000	CONTROLE TECNOLÓGICO DE CONCRETO - POR ROMPIMENTO DE CORPO DE PROVA	ORSE	UN	24,00	0,00	0,00	0,00	14,00	14,00	336,00
<b>VALOR TOTAL:</b>										<b>1.487.758,94</b>	

























































