

**COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODO CONSTRUTIVO DE CONCRETO  
ARMADO E ESTRUTURAS METÁLICAS: estudo de caso de dois projetos com dois  
pavimentos em São Gonçalo do Sapucaí/MG**

**Marcelo Dias Agonilha\***

**Laisa Cristina Carvalho**

**RESUMO**

Este trabalho descreve e analisa dois projetos da parte estrutural de uma obra em São Gonçalo do Sapucaí-MG, local onde será a futura prefeitura, para comparação entre o método construtivo em aço e o método construtivo em concreto armado. A abordagem do trabalho é importante, pois, trata de um tema que vem ganhando força no Brasil, que são as construções de prédios com estruturas metálicas. Dessa forma, o objetivo do trabalho é analisar os projetos apontando os pontos positivos de cada método construtivo e fazer uma comparação de custo, tempo de construção e peso da estrutura. Após a demonstração dos projetos, foi possível fazer uma análise completa sobre os dois sistemas construtivos e, através deste estudo de caso, foi possível entender a escolha do método construtivo de estruturas metálicas para a construção da Prefeitura de São Gonçalo do Sapucaí-MG, principalmente pelas vantagens que a construção em aço traz, como um menor tempo de construção e um peso próprio muito menor em relação ao concreto armado.

**Palavras-chave:** Método. Estruturas Metálicas. Concreto Armado.

## **1 INTRODUÇÃO**

A utilização de construções com estruturas metálicas é muito antiga, porém, quando se compara à utilização deste método construtivo em edifícios de múltiplos andares no Brasil, pode-se notar que o concreto armado é o mais utilizado. O método construtivo em aço ainda tem muito espaço para crescer no Brasil, segundo Carolina Fonseca, gerente executiva do Centro Brasileiro da Construção de Aço (CBCA), a construção em aço representa atualmente cerca de 15% do universo do setor de edificações no Brasil. Em outros países como nos Estados Unidos, o aço já representa 50% dos edifícios construídos.

\*Graduado em Engenharia Mecânica na UFSJ e graduando em Engenharia Civil no UNIS.  
marcelo\_agonilha@hotmail.com

Portanto, o artigo demonstra o estudo de um sistema construtivo em crescimento no Brasil, que é o de estruturas metálicas, em comparação a um método tradicional, que é o de concreto armado, que ainda é mais usado no Brasil, principalmente por causa do conservadorismo nas construções, o medo em se investir em um método diferente do usual e a diferença de valor. Aliás, em outros países já existem diversos tipos de métodos de construção diferentes do aço e do concreto, como o Steel Frame e Wood Frame.

Através desse artigo, pode-se conhecer o projeto que foi utilizado na nova sede da Prefeitura da cidade de São Gonçalo do Sapucaí-MG, que foi construída em estrutura mista, ou seja, a parte estrutural é construída em aço e é constituída por dois andares. É apresentado o projeto estrutural metálico que foi desenvolvido para a construção, além disso, é apresentado o projeto em concreto armado, utilizando os mesmos vãos livres das vigas, alturas de pilares e dimensões do projeto anterior em estrutura metálica para comparação.

Dessa forma, comparando o método construtivo de concreto armado e de estruturas metálicas em obras de construção civil, qual dos dois métodos construtivos é mais vantajoso num projeto estrutural de dois pavimentos? Tentou-se responder a este questionamento levando em consideração os custos, tempo de construção, mão de obra disponível, praticidade e outros pontos importantes para bom andamento da obra.

Ambos os projetos buscam ser viáveis economicamente e seguros, pois, seguem as normas específicas para cada projeto. No final pode-se ter um melhor entendimento entre os dois tipos de construção e fazer uma comparação, levantando as vantagens e desvantagens de cada método, e se realmente a construção em aço tem alguns pontos positivos em relação à construção de concreto armado, como foi dito por especialistas da área.

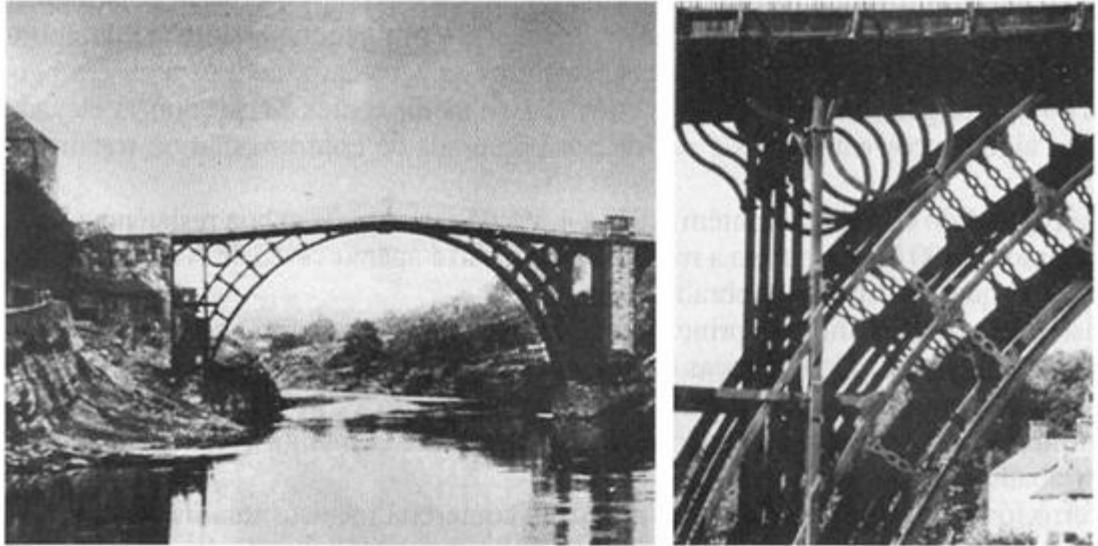
Com o crescimento do método construtivo do aço e melhoria na mão de obra nesse setor, pode-se dizer que com o tempo a diferença de custos poderá cair consideravelmente, além da importância de ter mais de uma possibilidade para construir edifícios, com segurança e mudar o modo de pensar sobre esse método.

## **2 ESTRUTURAS METÁLICAS E CONCRETO ARMADO**

O aço na construção civil teve origem no século XVIII, segundo Pfeil, 2009, “o primeiro material siderúrgico empregado na construção foi o ferro fundido. Entre 1780 e 1820 construíram-se pontes em arco ou treliças, com elementos em ferro fundido trabalhando em compressão”. Quando a ponte sobre o Rio Severn foi construída na Inglaterra, apesar de caro,

foi importante o uso do aço por causa da resistência e o comprimento da ponte. Na figura 01, pode-se ver a ponte Coalbrookdale citada acima.

Figura 01 - Ponte Sobre o Rio Severn.



Fonte: (Petero, 1981).

No século XIX surgiu outra revolução com o uso do concreto armado. Dessa forma, passaram a utilizar o concreto e o aço junto, trazendo muitas vantagens na Engenharia Civil. Deve-se lembrar que as estruturas mistas têm grande relevância na construção, pois, utilizando as vantagens do concreto e do aço junto, é possível realizar projetos de ótimas qualidade e arquiteturas complexas. A seguir são apresentadas as revisões de literatura sobre os dois métodos tratados nesse artigo, que são as estruturas metálicas e o concreto armado.

## 2.1 Estruturas metálicas

Segundo Pfeil, 2009, “os aços estruturais devem ter tensão de escoamento máxima de 450MPa e sua relação de tensão de ruptura e escoamento não pode ser inferior a 1,18. O módulo de elasticidade do aço é de 200GPa”. O aço pode ser dividido em dois grupos de acordo com sua composição química, os aços carbono e os aços de baixa liga. Eles recebem tratamento térmico para modificar as propriedades mecânicas, elevando a resistência do aço, sem deixar de considerar as propriedades de ductilidade, homogeneidade e soldabilidade.

Além dessas propriedades, segundo Pfeil, 2009, “resistência à corrosão é também importante só sendo, entretanto, alcançada com pequenas adições de cobre”.

Os aços padronizados pela NBR 7007 podem ser divididos a partir de seu limite de escoamento. São divididos no aço de média resistência (MR250), aço de alta resistência (AR350) e aço de alta resistência e resistente a corrosão (AR-COR415).

### 2.1.1 Aços-carbono

São os tipos de aço mais utilizados, sendo que o carbono aumenta a resistência do aço. Segundo Pfeil, 2009, “a porcentagem máxima é de 2% de carbono, 1,65% manganês, 0,6% de silício e 0,35% de cobre”. Pode-se dizer que quanto maior o teor de carbono no aço, maior a resistência do mesmo, porém, o aço fica menos dúctil e dificulta a soldagem.

Ainda de acordo com Pfeil, 2009, existem três tipos de aço carbono, que são o baixo carbono, o médio carbono e o alto carbono, fazendo com que cada um seja utilizado em diferentes tipos de projetos. A seguir pode ser visto na tabela 01, os aços carbono com seus respectivos teores de carbono, limite de escoamento e resistência a ruptura.

Tabela 01 - Aços carbono.

Especificação	Teor de carbono %	Limite de escoamento $f_y$ (MPa)	Resistência à ruptura $f_u$ (MPa)
ABNT MR250	baixo	250	400
ASTM A7		240	370-500
ASTM A36	0,25-0,29	250 (36 ksi)	400-500
ASTM A307 (parafuso)	baixo	—	415
ASTM A325 (parafuso)	médio	635 (min)	825 (min)
EN S235	baixo	235	360

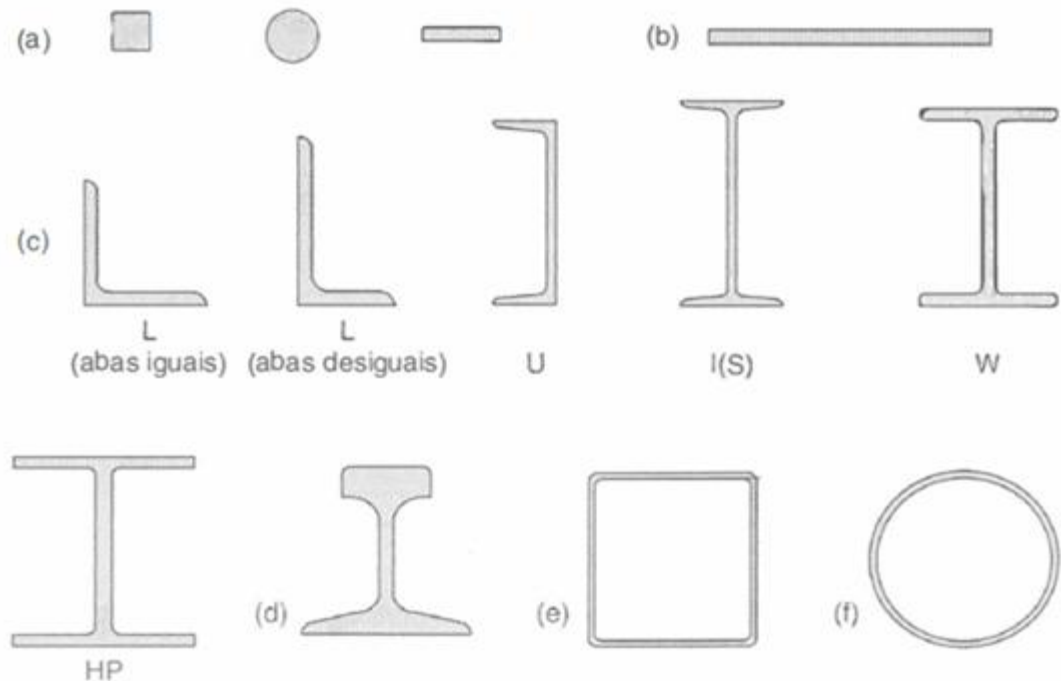
Fonte: (PFEIL, 2009).

O mais utilizado em construção civil é o aço de baixo teor de carbono, facilitando a soldagem, sendo que o mais utilizado é o ASTM A36.

### 2.1.2 Tipos de perfis estruturais

Os perfis estruturais para prédios podem ser divididos em perfis para colunas e perfis para vigas. No caso das colunas, os perfis são dimensionados considerando a compressão e possuem inércia alta em relação aos dois eixos. Um exemplo é o perfil H, que tem a largura de aba quase igual à largura da seção principal. Na figura 02 abaixo podemos ver alguns tipos de perfis estruturais para colunas.

Figura 02 - Aços laminados: (a) barras, (b) chapas, (c) perfis estruturais laminados, (d) trilho, (e) tubo quadrado, (f) tubo redondo.

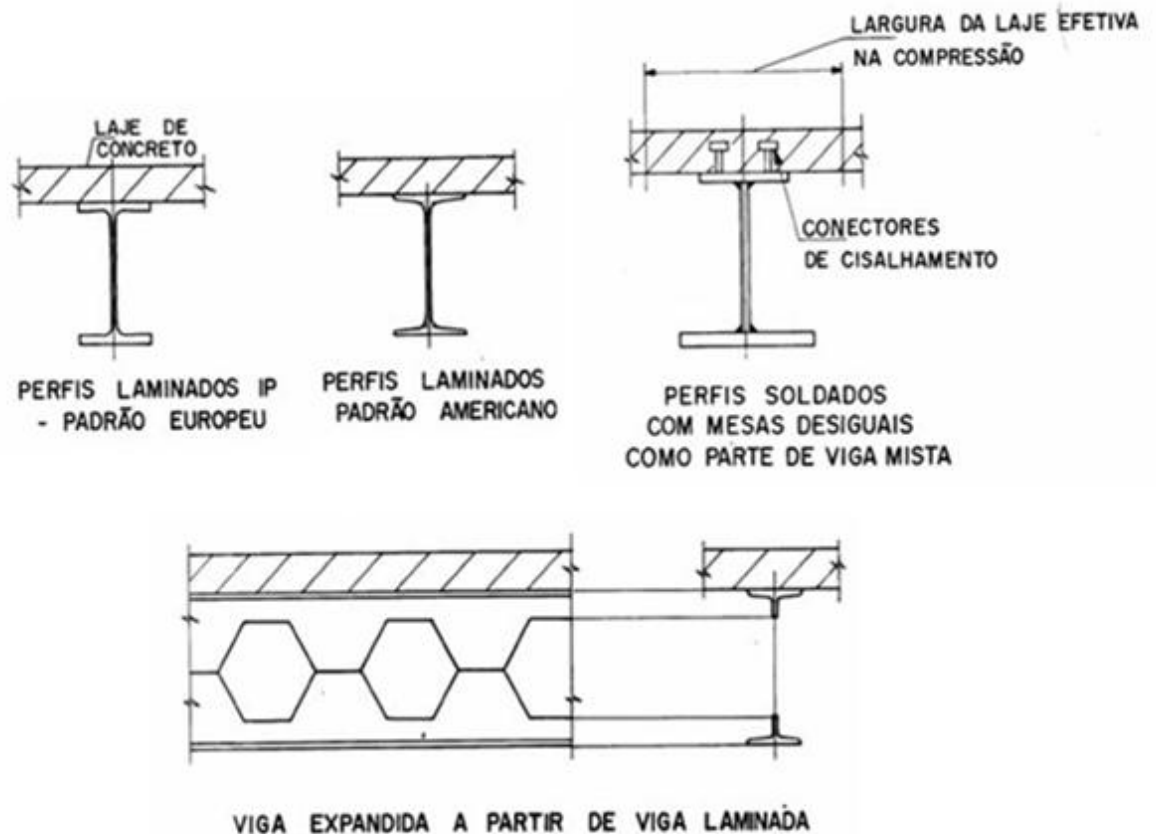


Fonte: (PFEIL, 2009).

Como pode ser visto na figura 02 acima, existem vários tipos de perfis para colunas de edifícios, sendo o mais usual o perfil H de aço laminado por apresentar inércia alta nas duas direções. Também pode ser usada a chapa grossa para fazer travamentos entre a aba da viga H e sua alma, trazendo ainda mais resistência para a coluna. O perfil L, como mostrado na figura 02, serve para auxiliar na montagem da estrutura, normalmente utilizado como uma preguiça para apoiar a viga para uma posterior soldagem do perfil da viga na coluna, e também para auxiliar na junção dos perfis com os parafusos.

No caso das vigas, os perfis devem ser travados de modo que anule a flambagem lateral, utilizando viga I de menor resistência apenas para travar a viga que é utilizada para receber o peso da laje. Além disso, a laje faz com que a mesa superior da viga principal seja travada. Dessa forma, as vigas necessitam de perfis com abas menores, ou seja, ao invés de um perfil H, pode-se usar perfil W ou perfil I. Com isso, é possível economizar muito no dimensionamento da viga de um edifício. Na figura 03, pode-se ver o funcionamento das vigas metálicas em relação à laje.

Figura 03 - Vigas e Lajes.



Fonte: (Met@lica, 2018).

A partir da figura 03 é possível ver a disposição da laje com a viga metálica. É dado mais ênfase aos perfis laminados, pois, são utilizados para fazer a parte estrutural do prédio.

### 2.1.3 Ligações de vigas de aço

Segundo Pfeil, 2009, “ligações são elementos que trabalham para fazer a junção de dois componentes diferentes, fazendo com que trabalhem juntos e transmitem esforços. As ligações devem ser calculadas para suportar a resistência de cálculo do projeto”.

A utilização de parafusos de alta resistência permite a montagem com protensão, evitando o deslizamento entre as partes conectadas. Dessa forma, quanto maior o torque utilizado, maior é a força de atrito e evitando o deslizamento.

Nas ligações com parafusos de alta resistência os esforços de cisalhamento podem ser transmitidos por atrito ou por contato. De acordo com a NBR 8800, as duas formas de transmissão de esforços não podem ser superpostas, sendo a resistência última do parafuso independente do atrito entre as partes. O projeto de ligações por atrito precisa também

considerar se o deslizamento é um estado-limite de serviço ou um estado-limite último. Abaixo pode-se ver a tabela 02 com tipos de parafusos de alta resistência.

Tabela 02 - Parafusos de alta Resistência.

Diâmetro dos parafusos (pol)	Dimensões para parafusos estruturais hexagonais			Dimensões para porcas hexagonais	
	F (pol)	H (pol)	Comprimento da rosca (pol)	W (pol)	H (pol)
½	7/8	5/16	1	7/8	31/64
5/8	1 1/16	25/64	1 ¼	1 1/16	39/64
¾	1 ¼	15/32	1 3/8	1 ¼	47/64
7/8	1 7/16	35/64	1 ½	1 7/16	55/64
1	1 5/8	39/64	1 ¾	1 5/8	63/64
1 1/8	1 13/16	11/16	2	1 13/16	1 7/64
1 ¼	2	25/32	2	2	1 7/32
1 3/8	2 13/16	27/32	2 ¼	2 3/16	1 11/32
1 ½	2 3/8	15/16	2 ¼	2 3/8	1 15/32

Fonte: (ASME, 2010).

Pela tabela 02 é possível ver a quantidade de parafusos disponíveis para atender a uma gama diferente de obras.

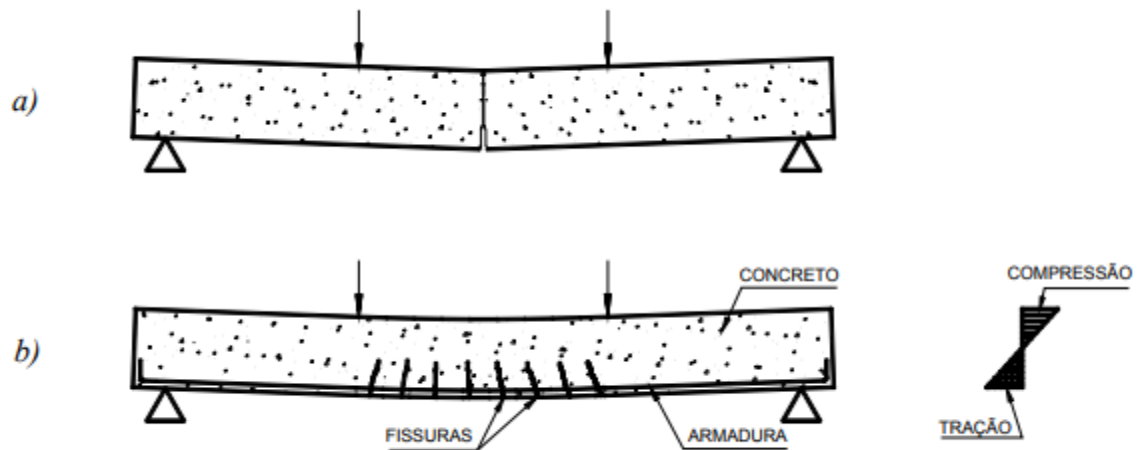
O outro tipo de ligação em peças metálicas é a solda, quando a união de componentes metálicos pode ser feita por meio da fusão de eletrodos metálicos. É utilizada uma alta temperatura, fazendo com ocorra a fusão parcial dos componentes. Quando é resfriado, o metal base e o metal eletrodo passam a constituir um corpo único. Essa operação necessita de uma fonte de energia elétrica de baixa voltagem e alta amperagem a fim de gerar o calor necessário e os aços devem ter soldabilidade.

## 2.2 Concreto Armado

Segundo Bastos, 2006, “concreto é um material com alta resistência a compressão, e, por outro lado, tem baixa resistência a tração, com cerca de 10% de sua resistência à compressão”. Dessa forma, foi necessário fazer a junção entre concreto e aço, pois, o aço tem alta resistência à tração. Com isso, passou a ser chamado de concreto armado. Como se trata de dois materiais distintos é necessário fazer com que esses dois componentes tenham uma boa aderência entre eles.

O concreto armado faz com que o concreto simples trabalhe junto com a armadura de aço, fazendo com que a resistência da viga seja maior. Na figura 04 abaixo pode ser vista uma viga de concreto simples e uma com armadura.

Figura 04 - Viga de concreto simples (a) e armado (b).



Fonte: (PFEIL, 2009).

É importante dizer que essa união é possível porque os coeficientes de dilatação térmica dos dois materiais são praticamente idênticos.

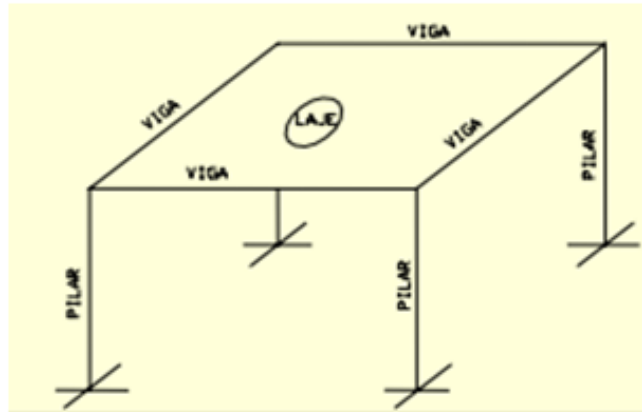
Algumas vantagens que já podem ser citadas do concreto armado é a sua boa resistência a maioria das solicitações, boa trabalhabilidade, fazendo com que o concreto armado pode ser adaptado a vários tipos de formas, trazendo uma grande liberdade para o projetista.

### 2.2.1 Elementos estruturais

Os elementos estruturais que compõem uma estrutura de concreto armado são geralmente os pilares, vigas e lajes. Nesse caso em específico é dada ênfase nos pilares e vigas. A figura 05 a seguir é um exemplo.



Figura 05 - Elementos Estruturais.



Fonte: (Valdir Pignatta e Silva, 2004).

Como é possível ver na figura 05, a laje recebe a carga e transfere para as vigas. As vigas recebem a carga da laje e transfere para os pilares, e dessa forma, os pilares transferem as cargas para a fundação.

### 2.2.2 Viga de concreto armado

As vigas são barras retas e horizontais, e recebem ações das lajes, vigas secundárias e paredes. Segundo a NBR 6118, “as vigas são elementos lineares em que a flexão é preponderante”. As vigas têm a função de transmitir os carregamentos atuantes nelas para as colunas do edifício.

### 2.2.3 Pilar de concreto armado

Os pilares são elementos lineares de eixo reto e vertical, tem a função de transmitir os carregamentos impostos a ele para as fundações. É o elemento de maior importância na estrutura, pois, além de transmitir as ações para a fundação, tem a função de dar estabilidade global na edificação.

Nos casos da viga e do pilar em concreto armado, é feito um pré dimensionamento antes, para poder ter um ponto de partida para os cálculos.

## 2.3 Normas Utilizadas para Cálculo Estrutural e Ações

As normas brasileiras a seguir são utilizadas para calcular estruturas metálicas e de concreto armado. São as normas NBR 8800 (Projeto de Estruturas de Aço e de Estruturas Mistas de Aço e Concreto de Edifícios) e NBR 6118 (Projeto de Estruturas de Concreto).

Também são utilizadas as normas para cargas e ações nas edificações. São as normas NBR 6120 (Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações) e NBR 8681 (Ações e segurança nas estruturas). Na tabela 03 a seguir, pode-se ver as ações segundo a NBR 6120.

Tabela 03 - Ações e Cargas em kN/m<sup>2</sup>.

8 Corredores	Com acesso ao público Sem acesso ao público	3 2
9 Cozinhas não residenciais	A ser determinada em cada caso, porém com o mínimo de	3
10 Depósitos	A ser determinada em cada caso e na falta de valores experimentais conforme o indicado em 2.2.1.3	-
11 Edifícios residenciais	Dormitórios, sala, copa, cozinha e banheiro Despensa, área de serviço e lavanderia	1,5 2
12 Escadas	Com acesso ao público Sem acesso ao público (ver 2.2.1.7)	3 2,5
13 Escolas	Anfiteatro com assentos fixos Corredor e sala de aula Outras salas	3 2
14 Escritórios	Salas de uso geral e banheiro	2
15 Forros	Sem acesso a pessoas	0,5
16 Galerias de arte	A ser determinada em cada caso, porém com o mínimo	3
17 Galerias de lojas	A ser determinada em cada caso, porém com o mínimo	3
18 Garagens e estacionamentos	Para veículos de passageiros ou semelhantes com carga máxima de 25 kN por veículo. Valores de $\phi$ indicados em 2.2.1.6	3
19 Ginásios de esportes		5

Fonte: (NBR 6120, 1980).

Na tabela 03 são mostrados os tipos de uso e suas respectivas cargas de utilização, auxiliando o engenheiro no cálculo da edificação.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia desenvolvida neste trabalho é aplicada na forma de estudo de caso, pois, considera projetos reais e uma obra já construída, comparando um edifício de estruturas metálicas e de concreto armado e sua importância na sociedade. Segundo Gil, 2008, “este método parte do princípio de que o estudo de um caso em profundidade pode ser considerado

representativo de muitos outros, ou mesmo de todos os casos semelhantes. Estes casos podem ser indivíduos, instituições, grupos, comunidades etc”.

O estudo de caso foi realizado em uma obra já construída na cidade de São Gonçalo do Sapucaí-MG, que será a nova sede da prefeitura municipal. A obra foi construída com sua parte estrutural em aço e tem dois andares com 400,0 m<sup>2</sup> cada um. Para o projeto em estruturas metálicas foi utilizado o software Metálicas 3D 2014 como auxílio ao desenvolvimento dos cálculos do projeto e do software AutoCad para os desenhos do projeto para prefeitura e fabricação. O projeto em concreto armado foi desenvolvido com auxílio dos softwares CypeCad, AutoCad e Ftool para ajudar a encontrar os resultados dos cálculos. O Ftool é utilizado principalmente na questão de encontrar as cargas e o AutoCad para auxiliar nos desenhos necessários ao bom entendimento do projeto.

Com os dois projetos apresentados, foram feitos orçamentos para comparações de preços dos dois sistemas levando em conta empresas especializadas em vendas de cada tipo de material, ou seja, para o aço foram utilizadas empresas especializadas em vendas de materiais metálicos e para o concreto armado foram utilizadas empresas de materiais de construção. Para a mão de obra a cotação foi feita através de construtoras que trabalham com os dois métodos.

Outros aspectos como tempo de construção, vão livre permitido por cada método construtivo, peso da estrutura na fundação e organização do canteiro de obras foram estudados para permitir uma melhor comparação final entre os métodos e decidir qual o mais indicado para a obra em estudo.

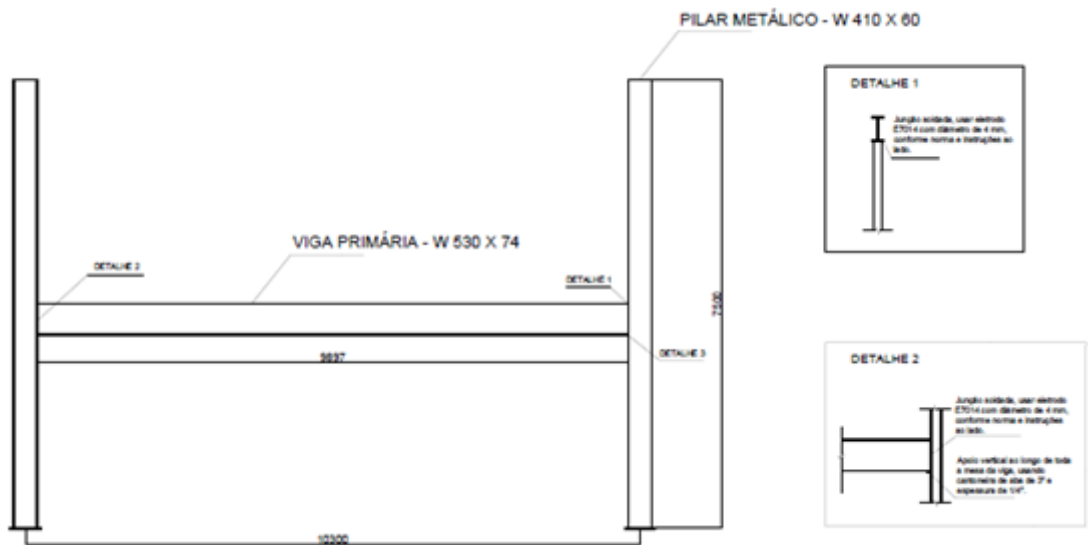
## **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Nesse tópico são demonstrados os projetos e suas características, assim como as discussões em relação a eles e os resultados. As ações consideradas nos dois projetos foram iguais para uma melhor comparação. A sobrecarga foi de 200 Kg/m<sup>2</sup> de acordo com a NBR 6120 para escritórios. Já a carga permanente foi de 250 Kg/m<sup>2</sup> para a laje, 100 Kg/m<sup>2</sup> para a regularização do piso e piso e 50 Kg/m<sup>2</sup> para o forro de gesso. Além disso, nos dois projetos foi utilizado um fator de segurança de 1,5. O peso próprio das estruturas é gerado pelos programas e são mostrados nos resultados.

### **4.1 Projeto em Estrutura Metálica**

A obra da prefeitura de São Gonçalo do Sapucaí está finalizada e como já foi dito anteriormente, foi feita em sua parte estrutural em aço. De acordo com a empresa que executou essa etapa da obra, foram necessários 7 dias para o material chegar na obra, e a partir desse momento, a parte estrutural levou 23 dias para ficar montada e soldada. Ainda de acordo com a empresa, o preço cobrado para a realização dessa etapa foi de R\$ 40.000,00. Abaixo podemos ver a figura 06 com o projeto utilizado para a construção.

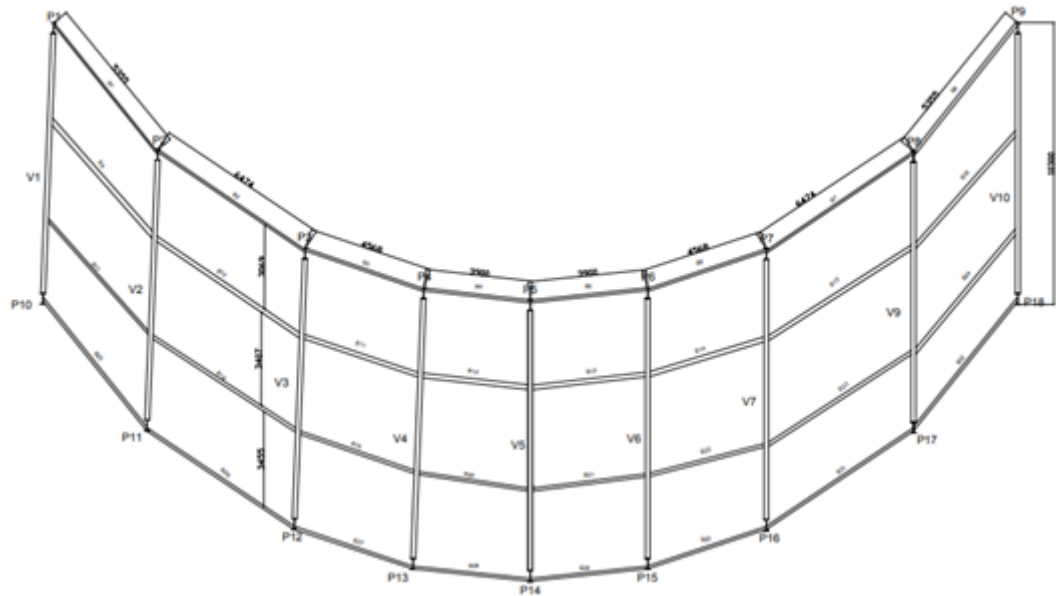
Figura 06 - Projeto das Vigas e Pilares.



Fonte: (Machado, 2017).

Pode-se ver pelo projeto, que foram utilizados nas vigas principais o perfil de W 530 x 74 e um vão livre de 9,89 metros. Para os pilares o perfil W 410 x 60 foi o escolhido, chegando a uma altura de 7,5 metros. A utilização da viga principal é exatamente no meio dos pilares, trazendo uma altura livre de 3,48 metros para os dois pisos. Na figura 07 a seguir é mostrado o projeto de locação da obra, com disposição dos pilares e vigas e seus travamentos.

Figura 07 - Planta de Locação.



Fonte: (Machado, 2017).

De acordo com a figura 07, percebe-se que foram utilizadas 9 vigas principais com o perfil W 540 x 74 e 18 pilares com o perfil W 410 x 60. Além das vigas já descritas, o projeto também conta com 4 vigas barrotes em cada vão, essas vigas fazem o travamento da estrutura e foram projetadas com perfil W 150 x 13. Para facilitar a junção das peças soldadas foram usadas cantoneiras de 3" x 1/4". Para a junção da estrutura na fundação foram utilizadas chapas de base com 1/2 polegada e assim como os vergalhões. Na tabela 04 é mostrado o resumo dos materiais utilizados.

Tabela 04 - Resumo dos Materiais.

MATERIAL	FUNÇÃO	QUANTIDADE
Chapa preta Lisa de geometria 600 x 500 x 1/2".	Chapa Base dos Pilares	6 m <sup>2</sup>
Viga Laminada W 410 X 60	Pilar Metálico	135 metros
Viga Laminada W 530 X 74	Vigas Primárias	89 metros
Viga Laminada W 150 x 13	Vigas Secundárias (Barrotes)	162 metros

Ferro cantoneira de 3" x 1/4".	Cantoneiras de Apoio das Vigas.	72 metros
Ferro redondo de 600 mm de comprimento e diâmetro nominal de 1/2".	Função de chumbadores, ligando a fundação com a chapa base do pilar metálico.	87 metros

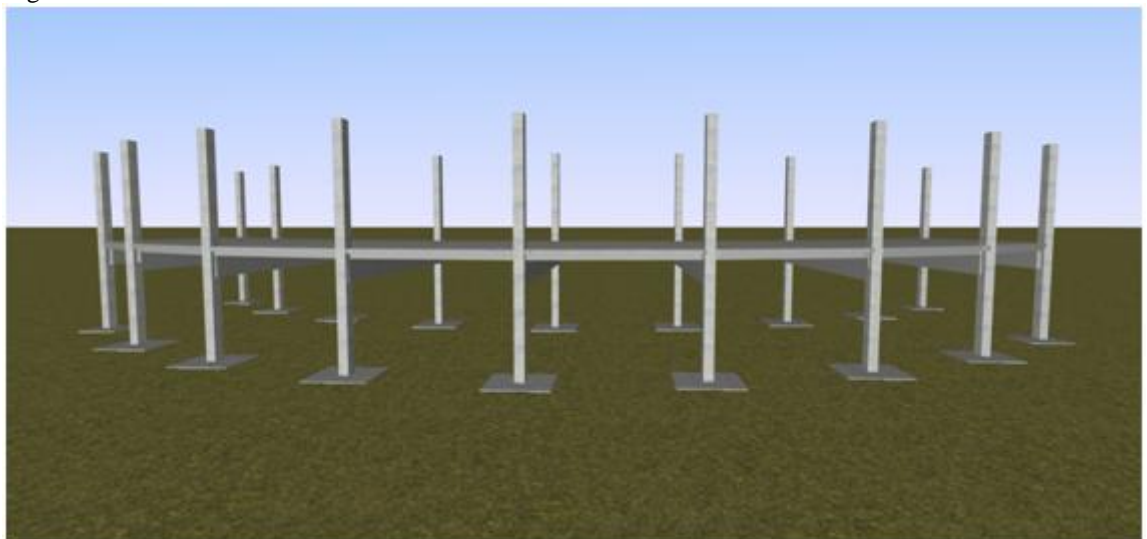
Fonte: (Machado, 2017).

Para a soldagem dos materiais o projeto indicou o eletrodo E7018 com 4,0 milímetros de espessura. Com o resumo dos materiais é possível chegar a um peso de 17.997 quilos para a construção da etapa estrutural em aço, e conseqüentemente, fazer o orçamento a partir de empresas especializadas em vendas de materiais metálicos. O orçamento utilizado foi atualizado para comparação com o método de concreto. O valor total dos materiais foi de R\$ 82.426,33. Dessa forma, o valor para construir a parte estrutural em aço desse projeto, ficou em R\$ 122.426,33 com a mão de obra e material.

#### 4.2 Projeto em Concreto Armado

O projeto de concreto armado foi desenvolvido utilizando o programa CypeCad para calcular a parte estrutural de acordo com o projeto original da Prefeitura de São Gonçalo do Sapucaí-MG. Na figura 08 a seguir pode-se ver a planta em 3D do projeto.

Figura 08 - Planta em 3D.

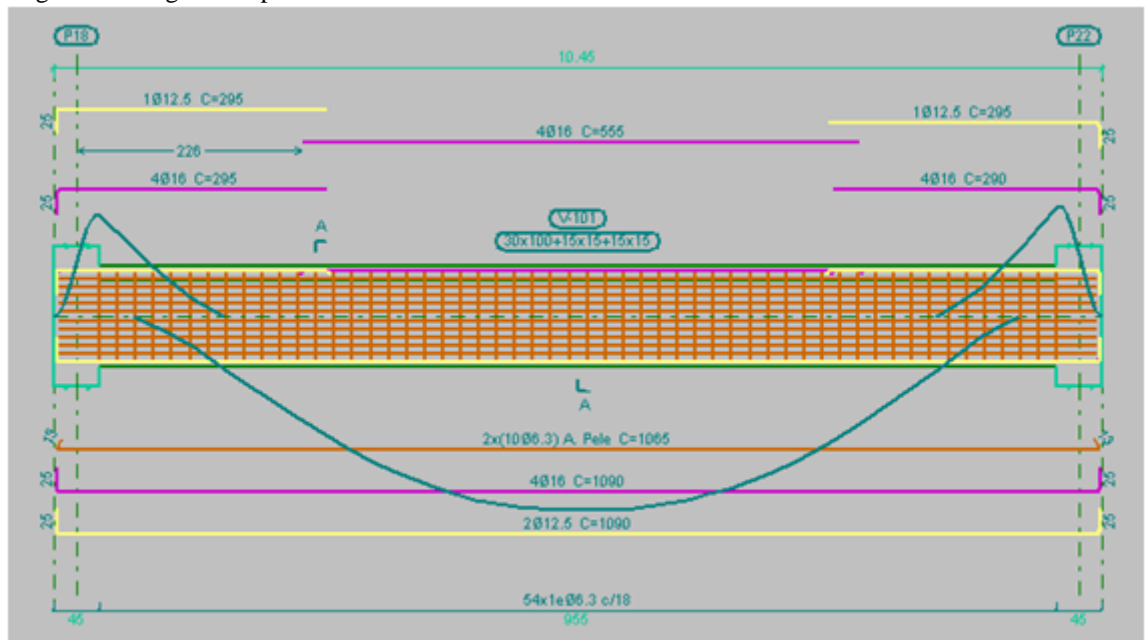


Fonte: o autor.

Dessa forma é possível partir para o dimensionamento das vigas. As vigas foram projetadas para que a sua dimensão e sua armadura fossem iguais para as 9 vigas, servindo para facilitar o cálculo de materiais e o estudo proposto. As vigas ficaram com 1,0 metro de altura, 30 centímetros de largura e 9,55 metros de comprimento livre.

Na armadura superior foram utilizadas 4 barras de 16 milímetros em toda a sua extensão, sendo que nos pontos de encontro com o pilar, onde o momento na parte superior é maior, foi adicionado 1 barras de 12,7 milímetros até o comprimento de 2,95 metros. Na armadura inferior, foram utilizadas 4 barras de 16 milímetros e mais 2 barras de reforço com 12,7 milímetros. Como se trata de uma viga de altura considerável é necessário a utilização de 10 barras de 6,3 milímetros por toda a sua extensão como armadura de pele nas duas laterais da viga. Por fim, os estribos foram desenvolvidos com barras de 6,3 milímetros com espaçamento de 18 centímetros. A figura 09 a seguir ilustra a viga com suas barras, dimensões e momento exercido.

Figura 09 - Viga Principal.

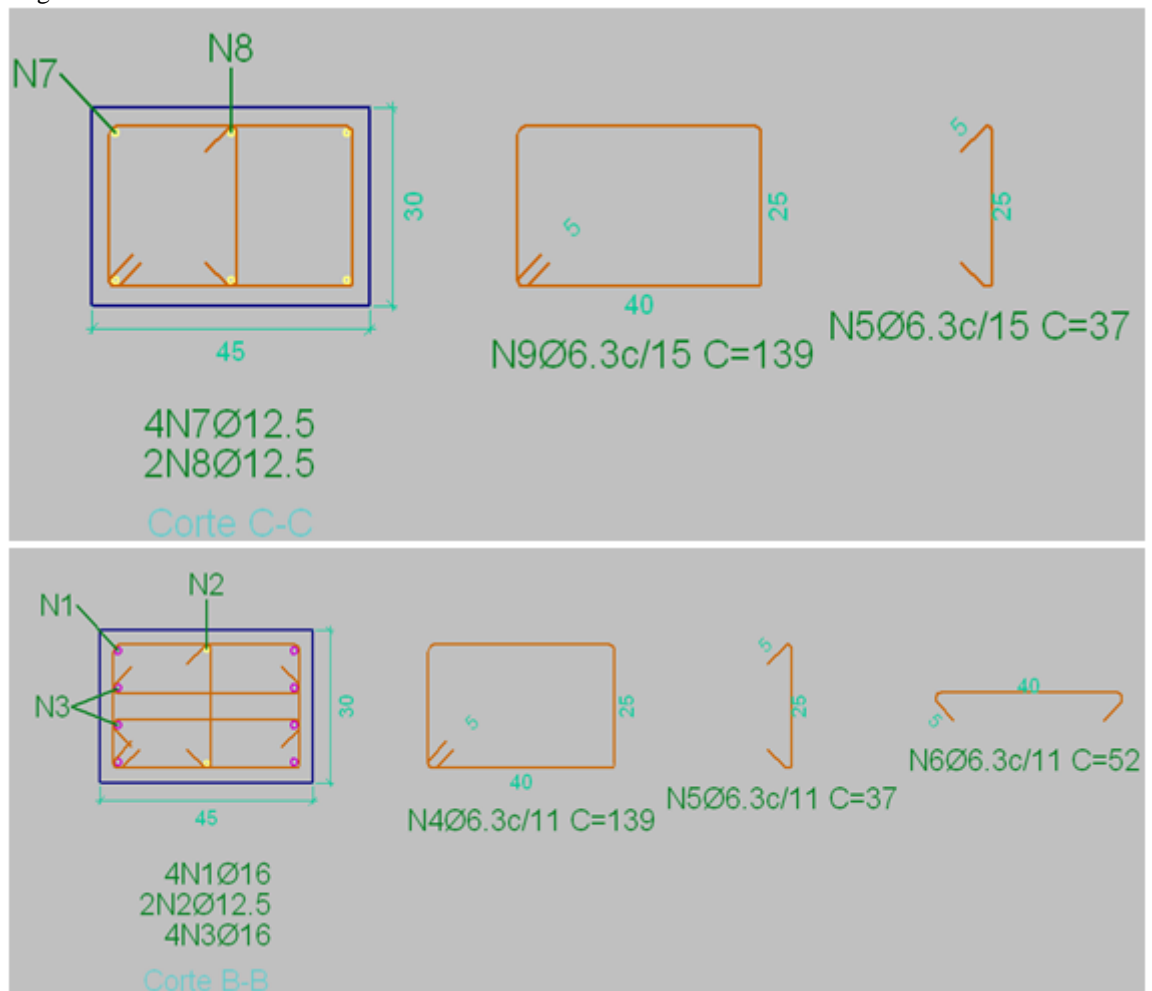


Fonte: o autor.

Nos pilares foi utilizado o mesmo procedimento fazendo com que todos os pilares tenham as mesmas dimensões e armaduras. Os pilares ficaram com 7,5 metros de comprimento a partir da fundação, sendo que as dimensões foram 45 centímetros por 30 centímetros. As armaduras foram modificadas em duas partes, sendo a parte inferior considerando o pilar da fundação até o final da laje e a parte superior considerou da laje até o telhado. Dessa forma foi constatada uma diferença entre as armaduras dessas partes.

Para os pilares da fundação até o final da laje, foram utilizadas 4 barras de 16 milímetros nos 4 cantos da viga e mais 4 barras de 16 milímetros na face y da viga, além de 2 barras de 12,7 milímetros na face x da viga. A partir da laje, como a carga é bem menor em relação à parte inferior, foram utilizadas 4 barras de 12,7 milímetros nos 4 cantos da viga e mais duas vigas de 12,7 milímetros na face x do pilar. As duas partes dos pilares foram projetadas com estribos de 6,3 milímetros, mas na parte inferior o estribo ficou com espaçamento de 11 centímetros e na parte superior o estribo ficou com espaçamento de 15 centímetros. A figura 10 ilustra as armaduras dos pilares.

Figura 10 - Pilares de concreto armado.



Fonte: o autor.

Por fim, foram dimensionadas vigas de travamento em volta da construção. Essas vigas ficaram com 30 centímetros por 20 centímetros e sua armadura superior e inferior com 2 barras de 12,7 milímetros. Além disso, os estribos utilizados foram de 5 milímetros com



espaçamento de 15 centímetros. A tabela 05 a seguir mostra os valores totais do projeto em concreto armado.

Tabela 05 - Valores do projeto.

Tipo	Peso das Armaduras (KG)	Volume de Concreto (m <sup>3</sup> )
Vigas Principais	2190,98	25,83
Pilares	1407,29	18,23
Vigas Secundárias	402,8	5,28
Total	4001,07	49,34

Fonte: o autor.

Com os dados do projeto em mãos, foi possível fazer os orçamentos dos materiais e da mão de obra. Para a cotação dos materiais foram utilizadas duas empresas, sendo uma para o orçamento do concreto usinado, que ficou no valor de R\$ 12.828,40 e a outra empresa fez o orçamento para as ferragens, chegando a um valor de R\$ 17.204,60. Na cotação da mão de obra, foi feito o pedido de orçamento adicionando as escoras, formas e o tempo para a realização da obra, dessa forma, o valor ficou em R\$ 57.600,00 e o tempo de execução em 60 dias para deixar as vigas escoradas e mais 28 dias para retirar as escoras. Com isso, o valor total fica em R\$ 87.633,00. O peso próprio, como já foi obtido o peso das ferragens, é obtido multiplicando o metro cúbico do concreto por 2400 Kg/m<sup>3</sup>, totalizando 118.416 quilos.

#### 4.3 Comparação Entre o Método do Aço e do Concreto Armado

Para facilitar a comparação, a seguir será mostrada a tabela 06 com os resultados para os dois métodos.

Tabela 06 - Resultados.

Tipo	Estruturas Metálicas	Concreto Armado
Tempo de Execução (Dias Corridos)	30	88
Peso (Kg)	17.997	122.417

Valor (R\$)	122.426,33	87.633,00
-------------	------------	-----------

Fonte: o autor.

Com os resultados, pode-se perceber que os dois sistemas construtivos têm seus pontos positivos e negativos, confirmando o que foi dito pelos especialistas da área. Os dois métodos podem vencer o vão de 10,0 metros sem problemas, porém, a viga de concreto armado fica com uma altura muito maior em relação à viga metálica, fazendo com que o vão livre do pé direito diminua no caso dos pilares com a mesma altura. Em relação aos pilares, as dimensões são muito parecidas.

O concreto armado, sendo que o seu ponto positivo é ser mais vantajoso economicamente, sendo cerca de 28,42% mais econômico que a construção metálica, o seu peso próprio alto com cerca de 85,30% a mais de peso em relação à estrutura metálica e o seu maior tempo de construção são os pontos negativos. Além disso, o peso próprio do concreto armado faz com que seja necessária a utilização de fundações mais complexas e caras. Os pontos positivos a serem ressaltados pela estrutura metálica são o peso próprio baixo e o seu tempo de construção bem menor em relação ao concreto armado, trazendo inúmeros benefícios à obra como praticidade, organização do canteiro de obra e fundações mais simples.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise dos projetos e seus resultados é possível concluir os objetivos e ter uma comparação melhor em relação aos dois métodos construtivos, levando em conta os custos, tempo de execução da obra, peso próprio das estruturas e, conseqüentemente, pode-se chegar a conclusão sobre temas importantes em relação à obra, como organização e fundações.

O principal ponto positivo do método construtivo com concreto armado é o preço, chegando a ser 71,58% do valor da obra em aço nesse projeto, uma economia de R\$ 34.793,33 em relação à construção metálica. Além disso, foi possível perceber a facilidade de encontrar pequenas empresas com mão de obra para executar essa etapa da obra em concreto armado.

Por outro lado, os pontos positivos do método com o aço na comparação com o concreto armado nesse artigo é o tempo de execução, levando 58 dias corridos a menos para o término dessa parte da obra. Outro ponto positivo do aço é o peso próprio, que chega a ser

14,7% do peso da obra com concreto armado, fazendo com que as fundações sejam mais simples e baratas. Além desses pontos, deve-se considerar a questão do canteiro de obra, que é mais fácil de manter organizado com o método de estruturas metálicas do que com o método de concreto armado, principalmente pelo fato ser vigas prontas.

Portanto, através desse artigo pode-se tirar a conclusão que apesar de a diferença de valor entre os sistemas construtivos, sendo o concreto armado mais barato, a estrutura metálica traz mais vantagens, e por essas vantagens, optou-se que a construção da Prefeitura de São Gonçalo do Sapucaí-MG fosse estrutura em aço, principalmente por causa do prazo de construção curto e a economia na fundação causada pelo peso próprio baixo em relação ao concreto armado.

**COMPARATION BETWEEN CONSTRUCTIVE METHOD OF REINFORCED  
CONCRETE AND METALLIC STRUCTURES: case study of two two-floor projects in  
São Gonçalo do Sapucaí / MG**

**ABSTRACT**

This work describes and analyzes two projects of the structural part of a work in São Gonçalo do Sapucaí, where the future city hall will be, for comparison between the methods. The approach to work is important, since it deals with a theme that is gaining strength in Brazil, which are the buildings of buildings with metallic structures. Therefore the objective of the work is to make a comparison between the method of metallic structures and the method of the reinforced concrete, analyzing the projects and pointing out the positive points of each constructive method. The case study confirmed the choice of the metal structure for the work performed, taking into account the construction time and its own weight.

**Keywords:** Method. Metallic structures. Armed Concrete.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de Estruturas de Concreto. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6120: Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações. Rio de Janeiro, 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7007: Aços-carbono e microligados para uso estrutural e geral. Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8681: Ações e Segurança nas Estruturas. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (RJ). NBR 8800: Projeto e Execução de Estruturas de Aço em Edifícios. Rio de Janeiro, 2008.

Bastos, Paulo Sérgio dos Santos. Fundamentos do Concreto Armado. Bauru/SP, 2006. Disponível em: <<http://coral.ufsm.br/decc/ECC1006/Downloads/FUNDAMENTOS.pdf>>. Acesso em: 22/10/2018.

Fonseca, Carolina. Estrutura metálica é aposta na construção. Centro Brasileiro da Construção do Aço (CBCA). Disponível em: <<http://www.cbca-acobrasil.org.br/site/noticias-detalhes.php?cod=7072>>. Acesso em: 07/04/2018.

Gil, Antonio Carlos. Métodos e Técnicas de Pesquisa Social. Disponível em: <<https://ayanrafael.files.wordpress.com/2011/08/gil-a-c-mc3a9todos-e-tc3a9nicas-de-pesquisa-social.pdf>>. Acesso em: 13/04/2018.

Pfeil, Walter. Estruturas de aço: Dimensionamento Prático/Walter Pfeil, Michèle Pfeil. 8ª edição. Rio de Janeiro. LTC, 2009.