

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA**  
**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**  
**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**FABRÍCIO BARBOSA SALES**  
**LUIZ FELIPE DOS SANTOS CASTRO**  
**MATHEUS DOS SANTOS BARBOSA**

**ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA ENTRE A UTILIZAÇÃO DO**  
**CONCRETO CONVENCIONAL E DE ALTO DESEMPENHO**

**Volta Redonda**

**2017**

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA**  
**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**  
**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA ENTRE A UTILIZAÇÃO DO  
CONCRETO CONVENCIONAL E DE ALTO DESEMPENHO**

Trabalho apresentado ao Curso de Engenharia Civil do UniFOA como requisito à obtenção de nota da disciplina de Tópicos Essenciais em Engenharia Civil.

Alunos:

Fabício Barbosa Sales

Matheus dos Santos Barbosa

Luiz Felipe dos Santos Castro

Orientador

Prof. Marcelo Estevão

**Volta Redonda**

**2017**

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Fabício Barbosa Sales

Luiz Felipe dos Santos Castro

Matheus dos Santos Barbosa

ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA ENTRE A UTILIZAÇÃO DO CONCRETO  
CONVENCIONAL E DE ALTO DESEMPENHO.

Orientador: Prof. Marcelo Estevão dos Santos.

Banca Examinadora:

---

Prof. Marcelo Estevão dos Santos.

---

Prof.

---

Prof.

## DEDICATÓRIA

Dedicamos aos Professores,  
Mestres do curso de  
Engenharia Civil que nos  
ajudaram nessa caminhada  
em busca do nosso sonho.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, por sempre iluminar nossos caminhos, a nossos pais e amigos que sempre nos apoiaram, e a todos os mestres da graduação em Engenharia Civil pelo conhecimento/transmito ao longo do curso, nos permitindo a elaboração deste trabalho.

“Não busque ser um  
homem de sucesso, busque  
ser um homem de valor”.

Albert Einstein

## RESUMO

O Conteúdo deste trabalho se destina ao estudo do aumento da Resistência Característica do Concreto à Compressão ( $f_{ck}$ ) durante a execução do dimensionamento de vigas e pilares, comparando os custos no orçamento. Como base de estudo foram utilizados  $f_{ck}$ 's de 20 MPa e 40 MPa.

Como objetivo final, apresenta-se uma planilha comparativa, correlacionando as resistências nas seções adotadas, analisando assim o custo final dos insumos utilizados. A planilha comparativa que pode ser utilizada como base de pesquisas e de análise, sendo aplicada na área da Engenharia Civil, servindo de base para profissionais recém-formados, e alunos pertencentes ao curso de graduação. A pesquisa foi realizada acompanhando as prescrições da NBR 6118/2014.

**Palavras-chave:** Concreto, Vigas, Pilares e Planilha

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	15
1.1 Justificativa .....	16
1.2 Objetivos.....	06
1.2.1 Objetivo Geral.....	16
1.2.2 Objetivo Especifico.....	16
1.3 Metodologia.....	17
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA</b> .....	18
2.1 Histórico.....	18
<b>3 DEFINIÇÃO</b> .....	23
3.1 Concreto Armado.....	23
3.2 Tipos de Concreto.....	24
3.3 Concretos Especiais .....	24
3.4 Concreto de Alto Desempenho .....	25
<b>4 ESTUDO DE CASO</b> .....	27
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	37
<b>6 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	38

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Resistência à compressão do CAD .....	26
Gráfico 2: Consumo de materiais nas vigas .....	28
Gráfico 3: Consumo de materiais nos pilares.....	29
Gráfico 4: Consumo de materiais nas vigas de 40 MPa.....	30
Gráfico 5: Custo total das vigas de 20 MPa e 40 MPa.....	31
Gráfico 6: Custo total dos pilares de 20 MPa e 40 MPa.....	32
Gráfico 7: Custo total das vigas de 40 MPa .....	33

## LISTA DE QUADRO

Quadro 1: Consumo de materiais nas vigas de 40 MPa e 20 MPa .....	28
Quadro 2: Consumo de materiais pilares de 40 MPa e 20 MPa.....	29
Quadro 3: Consumo de materiais nas vigas de 40 MPa .....	30
Quadro 4: Custo total das vigas .....	31
Quadro 5: Custo total dos pilares .....	32
Quadro 6: Custo total das vigas de 40 MPa.....	33

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Edifício E-Tower São Paulo 2002.....	20
Figura 2: Museu de Arte de São Paulo –MASP.....	21
Figura 3: Pisos Industriais de Concreto e Pavimentos Rígidos .....	21
Figura 4: Forma pilar e armadura de concreto armado.....	23
Figura 5: Concreto de alto desempenho e concreto convencional.....	26

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO A: Memorial de cálculo de vigas e pilares.....	39
ANEXO B: Consumo de materiais vigas e pilares.....	49

## LISTA DE SIGLAS

fck - Resistência característica do concreto à compressão

MPa – Megapascal

CAD – Concreto de alto desempenho

Kg – Quilograma

CA – Concreto Armado

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas

NBR – Norma Técnica Brasileira.

## 1 INTRODUÇÃO

Já o Concreto Convencional é aquele sem qualquer característica especial e que é utilizado no dia a dia da construção civil, podendo ser aplicado na execução de quase todos os tipos de estruturas, com os devidos cuidados quanto ao seu adensamento. Na obra, o caminhão pode descarregar diretamente nas formas, ou pode ser transportado por meio de carrinhos de mão, gericas, guias ou elevadores.

O mercado brasileiro tem procurado cada vez mais recorrer aos Concretos de Alto Desempenho, sendo considerando hoje quase como rotina nos projetos de obras mais importantes a especificação de concretos com resistência igual ou superior a 40 Mpa o que é de extrema importância para estruturas que necessitem ser compostas por peças com menores dimensões.

Além do aumento na vida útil das obras, este concreto pode proporcionar: desformas mais rápidas, diminuição na quantidade e metragem das formas, maior rapidez na execução da obra.

## **1.1 Justificativa**

O tema abordado foi escolhido com o intuito de analisar tecnicamente as vantagens e desvantagens do Concreto Convencional e o Concreto de Alto desempenho (CAD), os adequando em obras de pequeno e médio porte, a fim de estudar as suas características de custo, economia de tempo, material, resistência, patologia, impermeabilidade, mão de obra.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo Geral**

Tem se como objetivo fazer uma análise entre o Concreto Convencional e o Concreto de Alto Desempenho, para avaliar a viabilidade técnica econômica em obras de pequeno e médio porte.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Aprofundar estudos em concreto de Alto Desempenho.
- Analisar as vantagens e desvantagens no uso do concreto de Alto Desempenho, em relação ao concreto convencional.

## **1.3 Metodologia**

Inicialmente, realizou-se uma ampla pesquisa bibliográfica em livros, manuais, monografias, dissertações e normas técnicas, com o objetivo de fundamentar tecnicamente o trabalho.

Foi elaborado um estudo de caso, onde a partir de um projeto arquitetônico pré-existente, executou-se o dimensionamento estrutural, considerando o emprego do

Concreto Convencional e Concreto de Alto Desempenho e em seguida o orçamento de materiais.

Com base nos resultados obtidos nos orçamentos, foram elaborados gráficos comparativos de custo entre os sistemas, servindo de base para elaboração da conclusão.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Histórico

A história do concreto está relacionada à do cimento, pois este é o principal componente de uma pasta aderente.

A origem do cimento remonta há cerca de 4.500 anos. Os grandiosos monumentos do Egito antigo já adotavam uma pasta formada por uma mistura de gesso calcinado. As grandiosas obras gregas e romanas, como o Panteão e o Coliseu, foram erguidas através do uso de solos de origem vulcânica da ilha grega de Santorino ou das redondezas da cidade italiana de Pozzuoli, que possuíam propriedades de endurecimento sob a ação da água (ABCP, 2015).

Mas em 1756 o inglês John Smeaton, a fim de encontrar um aglomerante para construir um farol de Eddystone ele usou minério de calcário moles e argila e chamou de calcário hidráulico, um material resistente, com isso fez a argamassa que precisava para o farol, assim então deu-se início do desenvolvimento do concreto. No ano de 1796, um cimento com o nome de “cimento romano” composto por sedimentos de rochas, ganhou com pesquisas e publicações feitas.

Mas em 1824 com o inglês Joseph Aspidin patenteou uma mistura de calcário, argila água e areia que formou uma potente argamassa que se endurecia na água, e o chamou de cimento Portland, a sua produção Industrial começou a partir de 1850, o cimento é o principal elemento do concreto, na qual a mistura dos materiais consiste no processo final do concreto.

O Concreto Convencional é um tipo de concreto básico que não tem alguns tipos de aditivos compostos igual a outros tipos de concretos no qual temos uma cura e uma resistência maior, ele é usado em obras onde não existe a necessidade da utilização de equipamentos para o bombeamento do concreto. Devido à baixa trabalhabilidade desse concreto, torna-se necessário o uso de equipamentos de vibração para um bom adensamento. Esse bom adensamento é essencial para que se evitem nichos de concretagens, os quais têm interferência direta da durabilidade da estrutura. Esse concreto demanda uma quantidade grande de mão de obra devido a sua aplicação manual (PORTAL DO CONCRETO, 2013).

O Concreto é um material que apresenta alta resistência às tensões de compressão, porém, apresenta baixa resistência à tração, com isso veio a necessidade de juntar o concreto com um material de alta resistência à tração unindo o concreto com barras de aço, gerando uma resistência necessária para aos esforços solicitantes. Com os avanços da tecnologia, o concreto adquiriu maiores resistências e vem sendo realizado diversos estudos com o intuito de fornecer informações a um novo tipo de concreto, e sua produção visa aumentar a sua resistência a compressão, durabilidade, economia, baixa porosidade e entre outras características.

Na cidade de Chicago, um grupo de projetistas e produtores de concreto sugeriram lançar o concreto de alta resistência. Naquela época o concreto comum era usado pela indústria da construção tinha uma resistência à compressão de apenas 15,0 MPa a 30,0 MPa. Nessa fase os produtores de concreto contavam apenas com aditivos redutores de água baseados em lignossulfonatos (que variavam em composição e pureza) e de adições tipo cinza volante, os quais eram utilizados na dosagem do CAD. Apesar desses inconvenientes de não dispor de materiais inovadores para a dosagem do CAD, esses tinham ganhamos de resistência que variavam de 10,0 MPa a 15,0 MPa (AÏTCIN, 2000).

Ligado ao aumento da resistência, o CAD introduziu vantagens no seu uso, reduzindo os custos em termos de diminuição das peças concretadas e conseqüentemente o ganho de espaço nas edificações. Na mesma cidade de Chicago, a resistência à compressão do concreto utilizada em edifícios, aumentou progressivamente durante um período de 10 anos, passando de 15,0 MPa a 30,0 MPa para 45,0 MPa a 60,0 MPa (AÏTCIN, 2000).

Nos últimos 20 anos, estudos intensivos sobre CAD têm sido executados em diversos países, com o propósito de oferecer aos engenheiros as informações essenciais sobre suas propriedades, bem como dar subsídios para adaptação das normas de concreto às características diferenciadas desse novo material (MENDES, 2002).

O Concreto de Alto Desempenho é bem resistente, que além da alta resistência apresenta maior durabilidade, maior impermeabilidade, menor porosidade, maior coesão e de elevada trabalhabilidade, em razão da aplicação de superplastificantes. Habitualmente recebe adições minerais tais como sílica ativa ou metacaulium. Estas

adições minerais reagem com a cal livre originária do processo de hidratação do cimento (PORTAL DO CONCRETO, 2013).

No Brasil uma das principais obras realizadas pelo o Concreto de Alto Desempenho são o E-Tower com o fck de projeto de 40,0 MPa, o museu de arte moderna feito com um vão livre de 70m em 1969 e o Centro Empresarial Nações Unidas estes, localizados em São Paulo, edifício Suarez Trade Center em salvador Bahia onde pilares centrais chegaram a atingir 60 Mpa de resistência, e Evolution Tower, onde o empreendimento foi executado com 1200 m<sup>3</sup> de Concreto de Alto Desempenho.



Figura 1: Edifício E-Tower São Paulo 2002

Fonte:techne



Figura 3: Centro Empresarial Nações Unidas

Fonte: megaoffice.arq.br



Figura 2: Museu de Arte de São Paulo – MASP

Fonte: Veja SP



Figura 4: Edifício Suarez Trade Center

Fonte: Edificiosuarez



Figura 5: Evolution Tower

Fonte: cimentoitambe



Figura 6: Pisos Industriais de Concreto e Pavimentos Rígidos

Fonte:betonmixconcreto

Em contrapartida, o CAD ainda retrata um pequeno grupo no mercado de concreto, os produtores de cimento não estão interessados em investir demais na modificação dos seus processos de produção. Além disso, em um dado lugar, a seleção de materiais no CAD será sempre limitada por considerações econômicas porque, com a segunda finalidade de manter tecnicamente competitivo com o concreto usual, os custos de produção do Concreto de Alto Desempenho terão que ser tão baixos quanto possível (AÏTCIN, 2000).

Segundo Aïtcin (2000), conclui que a escolha dos materiais é um problema porque os cimentos e os agregados disponíveis exibem grande diversidade de composição e propriedades, e não existe uma organização clara que permita eleger facilmente os materiais constituintes, além da variedade de aditivos químicos e adições minerais disponíveis no mercado.

Segundo Lintz et al. (2005), a dosagem do CAD é um pouco mais complexa do que a do concreto convencional. Embora o CAD adote os mesmos componentes básicos, podendo entrar mais alguns complementares: superplastificantes, sílica ativa e eventualmente aditivos retardadores de pega.

O CAD estabelece condições de produção e execução rigorosas, que deveriam ser padrão também para concretos convencionais, o que minoria das vezes ocorre,

na prática. Conhecer as características de aditivos e adições ajuda a entender porque tanta preocupação. A sílica ativa fornece maior compacidade ao concreto, aperfeiçoando a aderência entre a pasta e os agregados graúdos devido à sua extrema finura, com diâmetro médio em torno de 19  $\mu$ m. A grande quantidade de impurezas na água pode provocar ocasionar problemas na resistência, assim como o uso indevido de aditivos (PRICE, 2003).

O CAD é, obviamente, caracterizado por uma elevada resistência à compressão. Outra característica é que o ganho de resistência após os 28 dias é frequentemente pequeno. O aumento de resistência irá depender da dosagem dos materiais cimentícios do concreto (PRICE, 2003).

### 3 DEFINIÇÃO

#### 3.1 Concreto Armado

É um material composto, alcançado pela junção do Concreto com barras de aço, convenientemente inseridas em seu interior. Em razão da baixa resistência à tração do concreto (cerca de 10% da resistência à compressão), as barras de aço cumprem a função de absorver os esforços de tração na estrutura. As barras de aço também auxiliam no aumento da capacidade de peso das peças comprimidas. (ARAÚJO, 2003).

O Concreto Armado (CA) é bastante utilizado em obras de engenharia civil para execução de estruturas, pilares, lajes e vigas. Ele sofre diversas ações de cargas acidentais, não sendo bem dimensionado, ocorre fissuras em sua estrutura podendo chegar ao colapso, e o estudo da protensão permite diminuir ou até extinguir este problema.

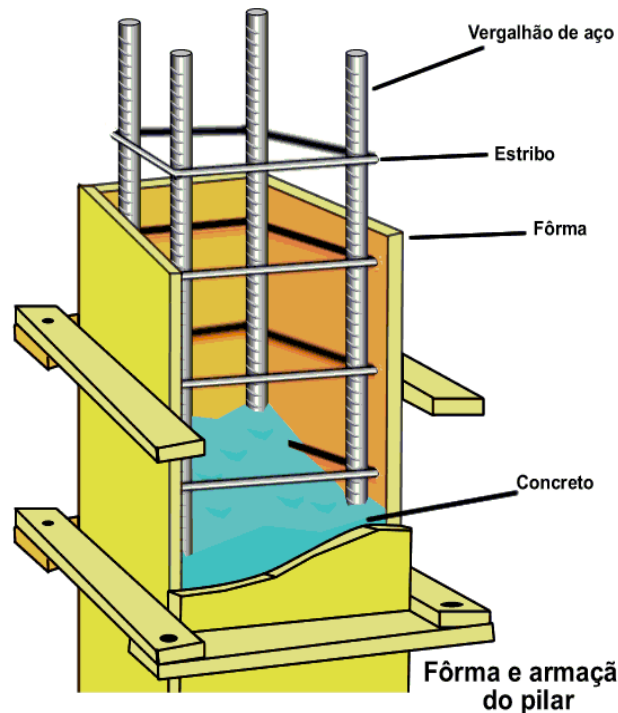


Figura 4: Forma e armadura de pilar de concreto armado

Fonte: casadotilojo.com

### **3.2 Tipos de Concreto**

Como apresentado no capítulo anterior, o Concreto Convencional é composto por agregados graúdos e miúdos, com a adição do cimento portland e água. Conforme apud Mello (2005), a mistura do material é o resultado da transformação do corpo sólido que sua trabalhabilidade é mais fácil, para um corpo enrijecido, este, é utilizado com aglomerantes e sofre reações químicas em contato com a água. O seu teor de tração é menor do que o Concreto Armado e o Concreto de Alto Desempenho.

### **3.3 Concretos Especiais**

Os Concretos Especiais podem ser definidos como materiais de características específicas devido ao aprimoramento da tecnologia, que melhorou as deficiências do concreto tradicional ou incorporou propriedades não inerentes a este material, além de atender particularidades de cada obra, com produtos para serem empregados em locais/condições em que o concreto convencional não pode ser aplicado (FIGUEIREDO ET AL., 2004)

Segundo FIGUEIREDO et al. (2004), pode -se definir concretos especiais como: concretos com uma grande evolução tecnológica, tendo características particulares que proporcionam uma melhora nas deficiências do Concreto Convencional, ou acrescentando propriedades não pertencentes a este material. Proporcionando uma melhor utilização em obras com locais/condições em que o Concreto Convencional não pode ser aplicado.

Este tipo de Concreto se encaixa em situações especiais, onde não se é possível alcançar um bom resultado com o Concreto Convencional. Sendo assim dimensionados novos tipos de concretos com diferentes abatimentos, utilização de matéria prima pouco convencionais, fator água/cimento fixado, exigência de resistência a tração e módulo de deformação para determinadas estruturas, adições, aditivos especiais, ente outros.

### 3.4 Concreto de Alto Desempenho

Os estudos sobre o Concreto de Alto Desempenho produziram resultados eficientes possibilitando sua aplicação há pouco mais de vinte anos. Com o desenvolvimento dos aditivos químicos, O CAD tem em sua composição os seguintes materiais: cimento Portland, agregados comuns, adição mineral (fumo de sílica, escória granulada de alto forno, sílica ativa, cinza volante), geralmente contêm de 5 a 15% de cimento em massa, e um superplastificante adicionado. O teor de superplastificante geralmente é bem elevado, de 5L/m<sup>3</sup> a 15L/m<sup>3</sup> de concreto.

Segundo Neville (1997), com a adição dos superplastificantes, se consegue uma redução de 45L/m<sup>3</sup> a 75L/m<sup>3</sup> no teor de água. São considerados concreto de alto desempenho aqueles em que a relação água/cimento seja menor que 0,35.

Capazes de modificar algumas de suas propriedades, aperfeiçoando-o como material de construção, incentivou-se a pesquisa sobre materiais pozolânicos, pois a ação combinada desses dois produtos resultou num aperfeiçoamento do concreto. A utilização de determinados rejeitos industriais, com propriedades pozolânicas, reduzem o custo e a quantidade de energia consumida na produção do concreto contribuindo para a preservação ambiental. A durabilidade é outra característica importantíssima que passou a ser exigida desse material. Mas a utilização real do CAD teve que superar o conservadorismo de engenheiros e arquitetos, a reduzida disponibilidade comercial em centrais pré-misturadas, a pequena trabalhabilidade das composições iniciais, as limitações impostas pelos códigos de obras ou do cálculo estrutural além da falta de conhecimento sobre o seu comportamento em longo prazo. Hoje em algumas regiões brasileiras o CAD é empregado em pilares de edificações, em pontes e obras de arte especiais, peças pré-fabricadas, pisos e pavimentos ou em recuperações estruturais entre outras (IBRACON, Isaia, 2005).

Uma das maiores vantagens desse material é sua reduzida capacidade de carga por unidade de custos maior do que a obtida em concretos convencionais, compensando os custos envolvidos na sua produção. Em estruturas pré-fabricadas as fôrmas, moldes e mesas de moldagens, podem ser reutilizados mais rapidamente. Já em peças protendidas podem receber a protensão mais cedo, trazendo benefícios para a velocidade e economia da obra (Aitcin, 1998).

Para explicar a importância da resistência à compressão do concreto de alto desempenho, Aitcin classifica os Concretos pelo os seus devidos valores.

Gráfico 1: Resistência à Compressão do CAD

Classe do Concreto	Resistência à Compressão (MPa)
Classe I	50 – 75 MPa
Classe II	75 – 100 MPa
Classe III	100 – 125 MPa
Classe IV	125 – 150 MPa
Classe V	Maior que 150 MPa

Fonte: civil.uefs.br

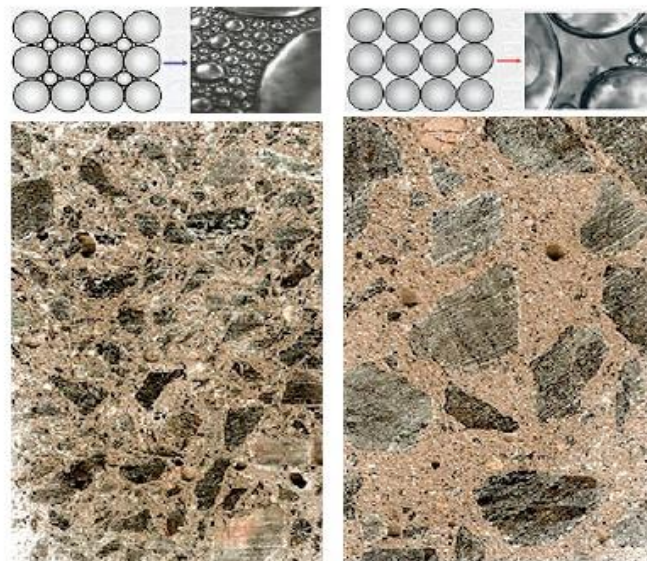


Figura 5: Concreto alto desempenho (empacotamento) x combinação irregular dos componentes do concreto

Fonte: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/165/artigo287804-1.aspx>

Na figura 5 pode-se observar o empacotamento de partículas quando obtém-se o aumento de desempenho do Concreto com o uso de adições minerais e químicas, assim proporciona ao Concreto mais durabilidade e resistência.

#### **4 Estudo de Caso**

Será realizada a análise estrutural de um projeto arquitetônico de um prédio comercial em 4 pavimentos tipo. Inicialmente será elaborado o dimensionamento estrutural das vigas e pilares, sendo considerado concreto convencional em concreto armado classe C20 (20MPa). As ações consideradas para efeito de cálculo serão as previstas na NBR 6120/1980 (cargas para cálculo de estruturas de edificações).

Para o dimensionamento será utilizado o Software Eberick da AltoQi, objetivando o dimensionamento racional da estrutura de acordo e os preceitos das disposições normativas vigentes. Serão avaliados os consumos de materiais (Aço, concreto e forma) relativos aos resultados obtidos no dimensionamento segundo os parâmetros adotados, em um segundo momento será realizado um novo dimensionamento estrutural, desta vez utilizando o CAD (Concreto de Alto Desempenho), com resistência característica à compressão de 40MPa.

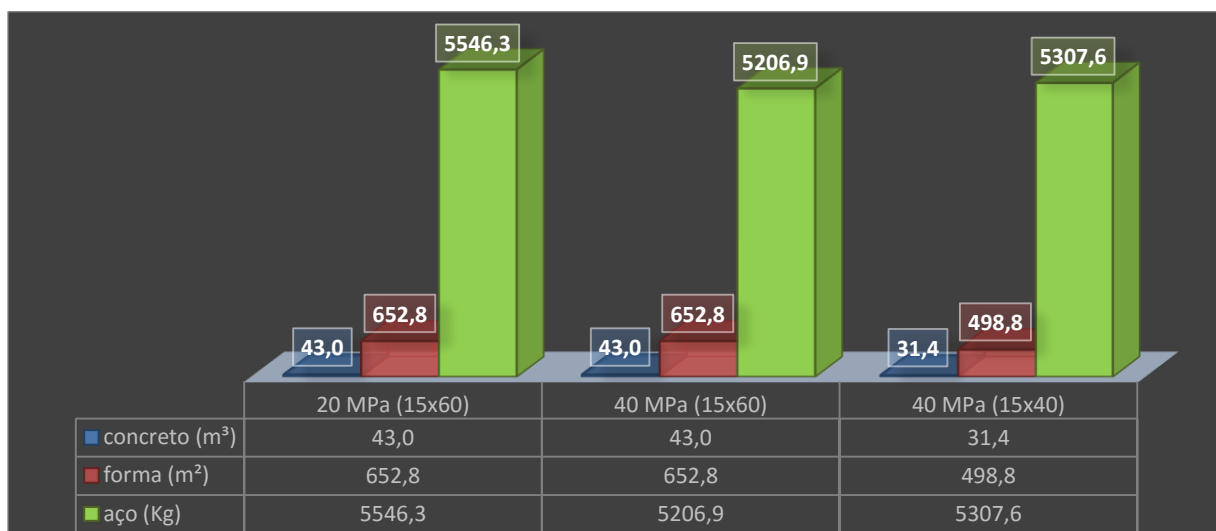
Com os resultados dos modelamentos das estruturas, serão avaliados os consumos de materiais, bem como as alterações nas dimensões dos elementos estruturais com vistas a análise de viabilidade entre os concretos utilizados.

## Consumo de Materiais nas Vigas

Quadro1: Consumo de materiais

Consumo de materiais			
Consumo nas vigas			
fck	concreto (m <sup>3</sup> )	forma (m <sup>2</sup> )	aço (Kg)
20 MPa (15x60)	43,0	652,8	5546,3
40 MPa (15x60)	43,0	652,8	5206,9
40 MPa (15x40)	31,4	498,8	5307,6

Gráfico 2: Consumo de materiais nas vigas



Fonte: Elaborada pelos autores

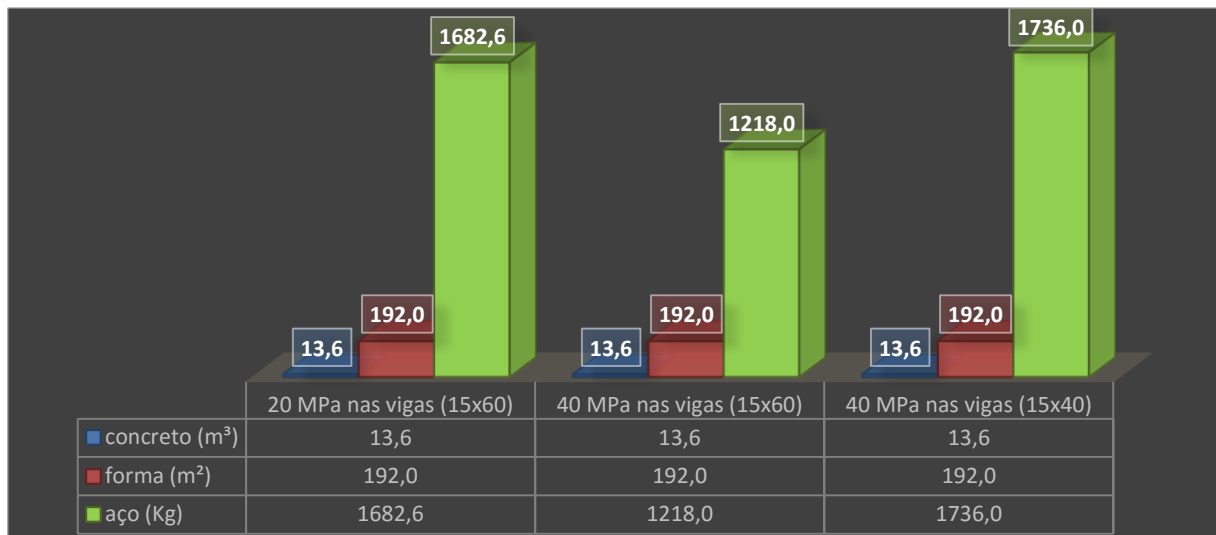
No gráfico o qual percebe-se que como a dimensão nas estruturas (15x60) de 20 MPa e 40 MPa, o consumo de forma e concreto permanece o mesmo, entretanto o consumo de aço com o CAD foi reduzido entorno de 6,12%. Nota-se também que quando a seção do concreto foi reduzida de 15x40 aplicando o CAD, houve uma redução aproximada de 27,0% de concreto, e também foram reduzidas as formas em aproximadamente 23,6% e a redução de aço 4,30%.

## Consumo de Materiais Pilares

Quadro 2: Consumo de materiais

Consumo de materiais			
Consumo nos pilares			
fck	concreto (m <sup>3</sup> )	forma (m <sup>2</sup> )	aço (Kg)
20 MPa (15x60)	13,6	192,0	1682,6
40 MPa (15x60)	13,6	192,0	1218,0
40 MPa (15x40)	13,6	192,0	1736,0

Gráfico 3: Consumo de materiais nos pilares



Fonte: Elaborada pelos autores

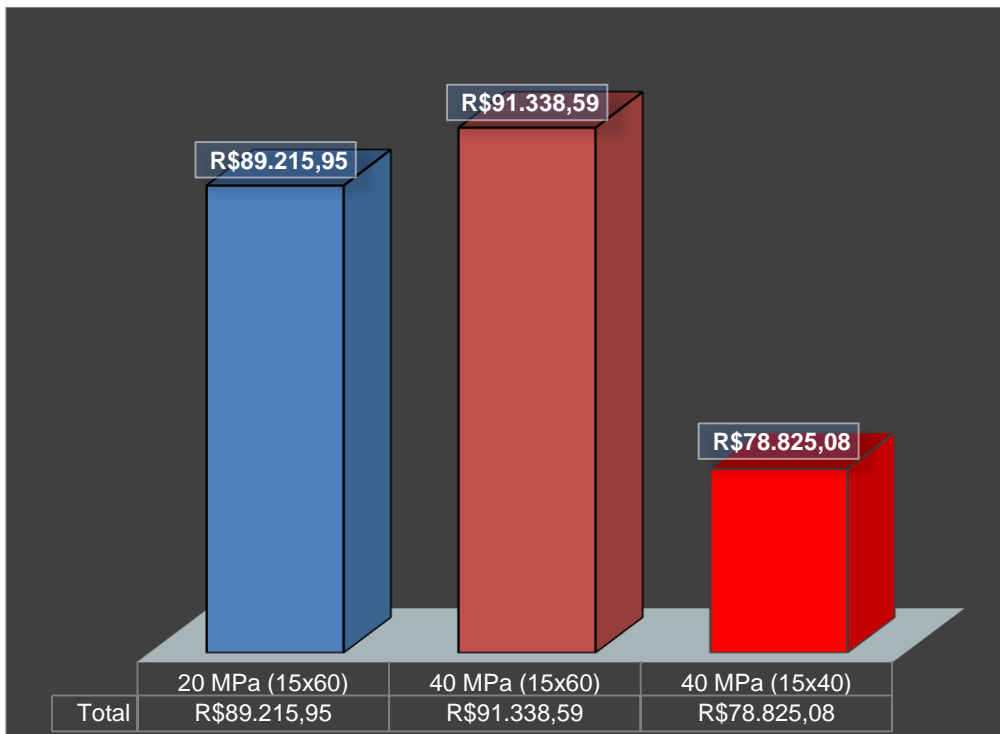
Neste gráfico observou-se pilares de mesma seção 20x50 dimensionados para vigas de 20MPa 15x60, 40MPa 15x60 e 40MPa 15x40 após análise percebe-se que o consumo de concreto e forma foram iguais em todas as vigas, porém houve um aumento no consumo de aço de 3,18% na seção de 15x40 devido ao fator de segurança no dimensionamento. Entretanto nas sessões de 15x60 de 40MPa, houve uma redução de aço de 27,61% devido ao uso do Concreto de Alta Resistência.

## Custo Total das vigas

Quadro 3: Custo Total das Vigas

Custo das vigas	
fck	Total
20 MPa (15x60)	R\$ 89.215,95
40 MPa (15x60)	R\$ 91.338,95
40 MPa (15x40)	R\$ 78.825,08

Gráfico 4: Custo Total das Vigas



Fonte: Elaborada pelos autores

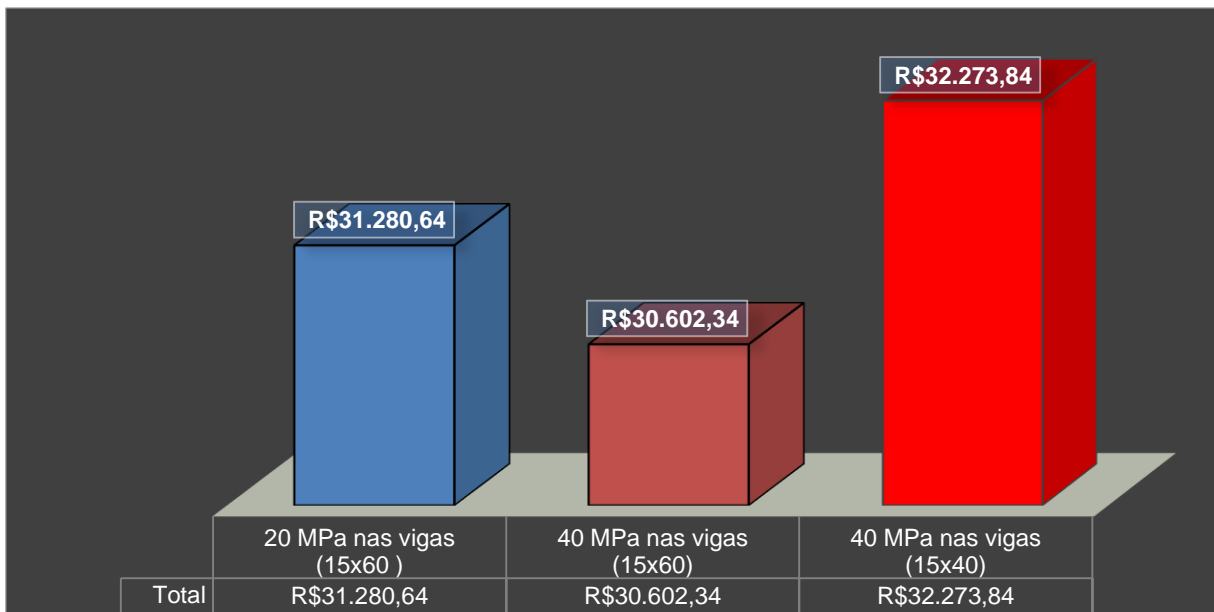
Observa-se neste gráfico que devido a diminuição da seção das vigas de 15x40 com a aplicação do concreto de alto desempenho de  $f_{ck} = 40$  MPa, ocorreu economia de materiais e mão de obra ocorreu uma redução de R\$ 10.390,87, aproximadamente 12% dos custos.

## Custo Total das Vigas

Quadro 4: Custo total das vigas

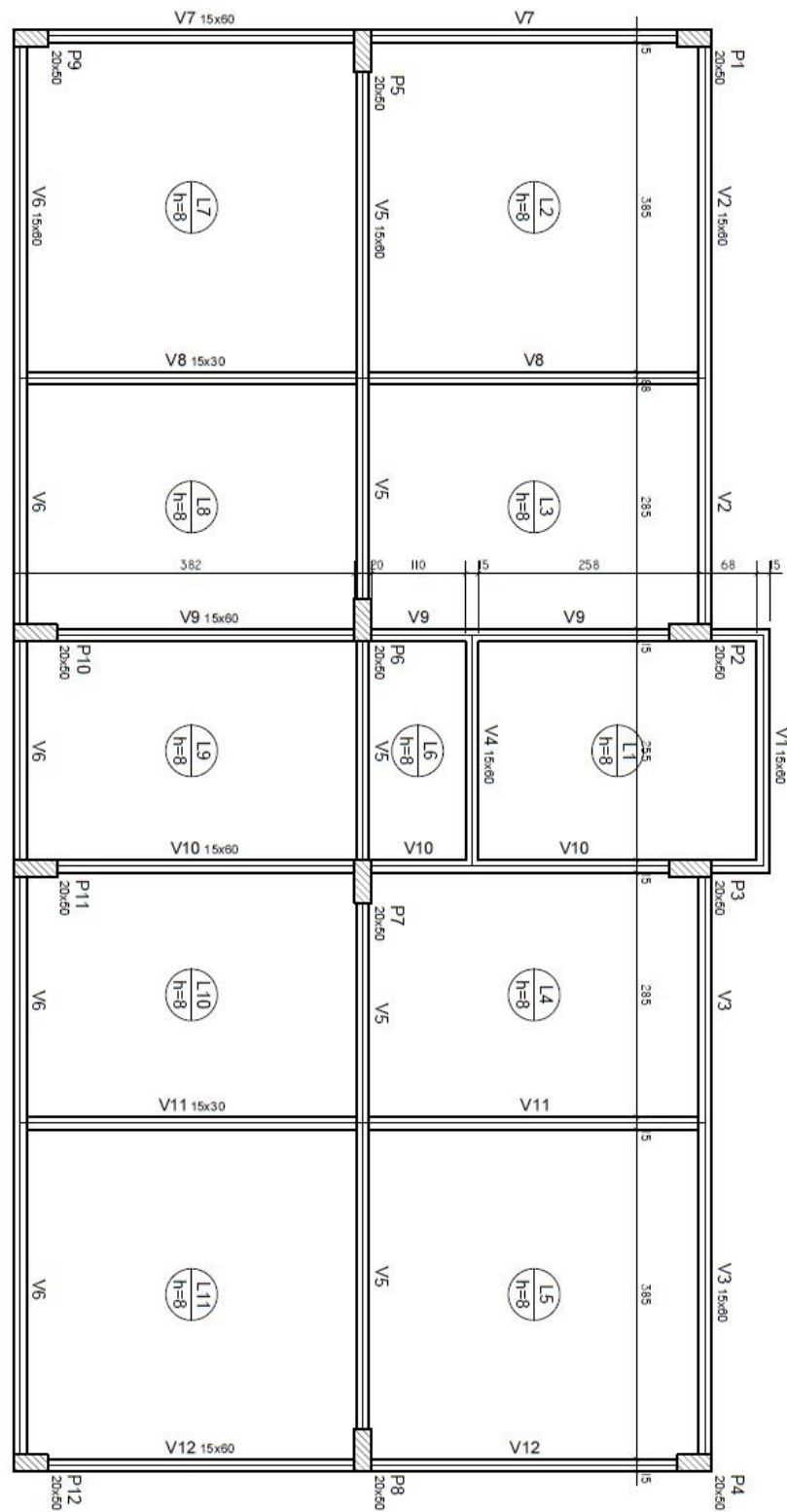
Custo das vigas	
fck	Total
20 MPa (15x60)	R\$ 31.280,64
40 MPa (15x60)	R\$ 30.6002,34
40 MPa (15x40)	R\$ 32.273,84

Gráfico 5: Custo total das vigas de 20 MPa e 40 MPa

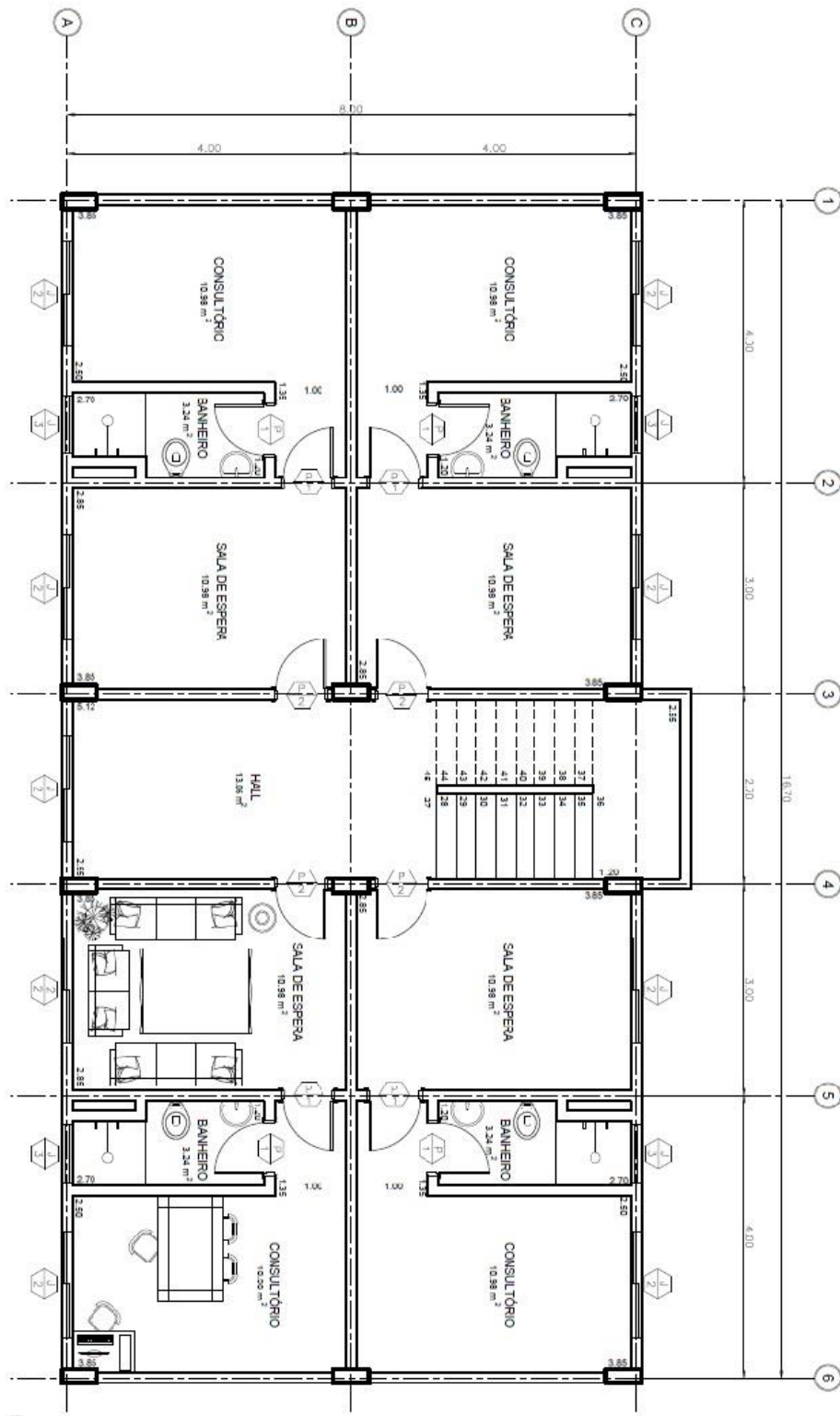


Fonte: Elaborada pelos autores

Analisou-se uma viabilidade econômica maior nas vigas de 40 MPa na seção 15x60 em relação as vigas de 20 MPa na seção de 15x60, pelo o fato de obter mais resistência no Concreto, houve uma redução e economia no aço.



Planta de Formas do Térreo elaborada pelos autores  
escala 1:50



Planta de Arquitetura elaborada pelos autores

escala 1:50

## 5 CONCLUSÃO

Após a realização do cálculo de custos, conclui-se que os resultados obtidos foram adequados ao que se esperava do trabalho. Foram dimensionados vigas e pilares com Concreto Convencional com 20 MPa e o CAD com 40 MPa. Pilares com a dimensão de 20x50, e vigas nas dimensões de 15x60 e 15x40, e como resultado concluímos que nas vigas de seção iguais de 15x60 o Concreto Convencional se tornou mais favorável, mas assim que as seções das vigas dimensionadas foram reduzidas para 15x40, o que é possível se realizar com o CAD, a economia de material e mão de obra, superou a economia do Concreto Convencional. Nos pilares, o Concreto de Alto Desempenho com seção 15x60, apresentou uma maior economia, devido à redução de aço de 464,6 Kg (27,6%) comparado ao Concreto convencional. Com os resultados obtidos no trabalho, conclui-se que o Concreto de Alto Desempenho seção 15x40 gerou uma economia de R\$ 9.397,67 cerca de 7,8% do custo gerado em relação a uma obra realizada com Concreto Convencional.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de estruturas de concreto - Procedimento** – NBR 6118, 2014

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.- Cargas para o cálculo de estruturas de Edificações

BASTOS, Paulo.S. dos Santos, **Fundamentos do Concreto Armado**–Notas de Aula. UNESP. Bauru, São Paulo, 2006

PFEIL, W. Concreto armado, Rio de Janeiro, Ed. Livros Técnicos e Científicos, 1989.

MACHADO, Ari. de Paula. Reforço de estruturas de concreto armado com fibras de carbono. São Paulo: Pini, 2002.

UFLA, Tarley Ferreira de Souza Júnior, Notas de Aula, **Concreto Armado**, v.01, Lavras/MG, Agosto de 2010.

BATTAGIN, Arnaldo Fort **Uma breve história do concreto portland**. Disponível em :<<http://www.abcp.org.br/cms/basico-sobre-cimento/historia/uma-breve-historia-do-cimento-portland/>> Acesso em 12/11/2016.

CASTRO, Flávia Lages et al. **Manual Unifoa para realização de trabalhos acadêmicos**. 2. Ed. Volta Redonda, 2009.

ABCP – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Guia Básico de Utilização do Cimento Portland**. 7 Ed. São Paulo, 2002. Disponível em: [http://www.abcp.org.br/cms/wp-content/uploads/2016/05/BT106\\_2003.pdf](http://www.abcp.org.br/cms/wp-content/uploads/2016/05/BT106_2003.pdf). Acesso em: 25/11/ 2016.

Gil, Antônio Carlos **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. Ed. São Paulo: Atlas, 2002. Acesso em 28/11/2016.

### **Concreto**

**convencional**<<http://www.portaldoconcreto.com.br/cimento/concreto/convencionais.html>>Acesso em 02/12/2016

SILVA, Renilton **Concreto de alto desempenho**  
<<http://civil.uefs.br/DOCUMENTOS/RENILTON%20DO%20NASCIMENTO%20SILVA.pdf>> Acesso em 08/12/2016

**Concreto de alto desempenho**  
<<http://www.portaldoconcreto.com.br/cimento/concreto/desempenho.html>> Acesso em 09/03/2017

[http://www.academia.edu/11389916/Concreto\\_de\\_alto\\_desempenho](http://www.academia.edu/11389916/Concreto_de_alto_desempenho) Acesso em 10/04/2017

SOUZA, Bruna Cassiana, OTRE, Maria Alice Campagnoli  
[http://faip.revista.inf.br/imagens\\_arquivos/arquivos\\_destaque/hXa7DIqscmNIhUa\\_2014-6-30-10-5-7.pdf](http://faip.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/hXa7DIqscmNIhUa_2014-6-30-10-5-7.pdf)

## ANEXO A: MEMORIAL DE CÁLCULO DE VIGAS E PILARES

### Memorial de cálculo das vigas de 20MPa

PLANEJAMENTO DE CUSTOS - CONSTRUÇÃO DE PRÉDIO COMERCIAL DE 4 PAVIMENTOS TIPOS							
ETAPA: EXECUÇÃO DE VIGAS 15x60 20MPA							
ITEM	DESCRIÇÃO	COMPONENTES	UNID	CONSUMO		CUSTO (R\$)	
				UNITÁRIO	TOTAL	UNITÁRIO	TOTAL
05.005.000045.SER	FORMA PARA VIGAS						
05.005.000049.SER	EM GERAL, COM TÁBUA DE 3ª - 1 REAPRO-						
05.005.000050.SER	VEITAMENTOS - (m²)						
	652,75	Ajudante de carpinteiro	h	0,3729	243,41	6,16	1499,41
		Carpinteiro	h	1,992	1300,28	9,19	11949,55
		Prego 17x27	kg	0,3	195,83	10,00	1958,25
		Pontalete 3x3"	m	3,2	2088,80	5,50	11488,40
		Sarrafo 1x3	m	4	2611,00	4,00	10444,00
		chapa compensado plastificada 12mm	m	1,2	783,30	7,90	6188,07
		Desmoldante de formas	l	0,02	13,06	8,58	112,01
<b>SUBTOTAL</b>							<b>R\$ 43.639,70</b>
05.001.000005.SER	ARMADURA DE AÇO CA 50 PARA ESTRUTURAS -CORTE, DOBRA E MONTAGEM (kg) diâmetro até 12,5						
	3135,9	Ajudante de armador	h	0,14	439,03	6,18	2713,18068
		Armador	h	0,08	250,87	8,54	2142,44688
		Arame recozido	kg	0,025	78,40	9,50	744,77625
		Aço CA 50	kg	1,1	3449,49	3,60	12418,164
<b>SUBTOTAL</b>							<b>R\$ 18.018,57</b>
05.001.000009.SER	ARMADURA DE AÇO CA 50 PARA ESTRUTURAS -CORTE, DOBRA E MONTAGEM (kg) diâmetro maior que 12,5 mm até 25mm						
	1681,1	Ajudante de armador	h	0,228	383,29	6,18	2368,737144
		Armador	h	0,13	218,54	8,54	1866,35722
		Arame recozido	kg	0,034	57,16	9,50	542,9953
		Aço CA 50	kg	1,1	1849,21	3,60	6657,156
<b>SUBTOTAL</b>							<b>R\$ 11.435,25</b>
05.001.000011.SER	ARMADURA DE AÇO CA 60 PARA DE 200kg/M² - UNIDADE (m²)						
	729,3	Ajudante de armador	h	0,122	88,97	6,18	549,86
		Armador	h	0,07	51,05	8,54	435,98
		Arame recozido	kg	0,02	14,59	9,50	138,57
		Aço CA 60	kg	1,1	802,23	3,60	2888,03
<b>SUBTOTAL</b>							<b>R\$ 4.012,43</b>
03.310.8.1	CONCRETO ESTRUTURAL USINADO - 20MPa - (m³) PARA VIGAS						
	43M³	CUSTO COMPLETO COM A BOMA	m³	1	43,00	270,00	R\$ 11.610,00
		BOMBA DE LANÇAMENTO	unid	1			R\$ 500,00
<b>SUBTOTAL</b>							<b>R\$ 12.110,00</b>
<b>CUSTO TOTAL DO ITEM</b>							<b>R\$ 89.215,95</b>

## Memorial de cálculo dos pilares de 20MPa

PLANEJAMENTO DE CUSTOS - CONSTRUÇÃO DE PRÉDIO COMERCIAL DE 4 PAVIMENTOS TIPOS								
ETAPA: EXECUÇÃO DE PILARES 20MPa 1º PAVIMENTO								
ITEM	DESCRIÇÃO	COMPONENTES	UNID	CONSUMO		CUSTO (R\$)		
				UNITÁRIO	TOTAL	UNITÁRIO	TOTAL	
5005000034.SER	FORMA PARA PILARES							
05.005.000038.SER	EM GERAL, COM TÁBUA DE 3ª - 1 REAPRO-							
05.005.000039.SER	VEITAMENTOS - (m²)							
		192	Ajudante de carpinteiro	h	0,44	84,48	6,16	520,40
			Carpinteiro	h	1,76	337,92	9,19	3105,48
			Prego 17x27	kg	0,4	76,80	10,00	768,00
			Pontaletes 3x3"	m	6,2	1190,40	5,50	6547,20
			Sarrafo 1x3	m	8,2	1574,40	4,00	6297,60
			Chapa comp 12mm	m	1,35	259,20	7,90	2047,68
<b>SUBTOTAL</b>							<b>R\$ 19.286,36</b>	
05.001.000005.SER	ARMADURA DE AÇO CA 50 PARA							
	ESTRUTURAS - DOBRADO E CORTADO							
	NA OBRA (kg)							
		1296,7	Ajudante de armador	h	0,051	66,13	6,18	408,693906
			Armador	h	0,034	44,09	8,54	376,509812
			Arame recozido	kg	0,02	25,93	9,50	246,373
			Aço CA 50	kg	1	1296,70	3,60	4668,12
<b>SUBTOTAL</b>							<b>R\$ 5.699,70</b>	
05.001.000011.SER	AÇO CA 60 PARA PILARES EM ESTRUTURAS							
	- CORTE, DOBRA E MONTAGEM (kg)							
		385,8	Ajudante de armador	h	0,122	47,07	6,18	290,877768
			Armador	h	0,07	27,01	8,54	230,63124
			Arame recozido	kg	0,02	7,72	9,50	73,302
			Aço CA 60	kg	1,1	424,38	3,60	1527,768
<b>SUBTOTAL</b>							<b>R\$ 2.122,58</b>	
03.310.8.1	CONCRETO ESTRUTURAL USINADO							
	20Mpa - (m³) PARA PILARES							
		13,6M³	CUSTO COMPLETO COM A BOMA	m³	1	13,60	270,00	R\$ 3.672,00
			BOMBA DE LANÇAMENTO	unid	1			R\$ 500,00
<b>SUBTOTAL</b>							<b>R\$ 4.172,00</b>	
<b>CUSTO TOTAL DO ITEM</b>							<b>R\$ 31.280,64</b>	

## Memorial de cálculo das vigas da seção 15x40 de 40MPa

PLANEJAMENTO DE CUSTOS - CONSTRUÇÃO DE PRÉDIO COMERCIAL DE 4 PAVIMENTOS TIPOS							
ETAPA: EXECUÇÃO DE VIGAS							
ITEM	DESCRIÇÃO	COMPONENTES	UNID	CONSUMO		CUSTO (R\$)	
				UNITÁRIO	TOTAL	UNITÁRIO	TOTAL
05.005.000 045.SER	FORMA PARA VIGAS EM GERAL, COM TÁBUA DE 3ª - 1 REAPROVEITAMENTO S-(M²)						
05.005.000 049.SER							
05.005.000 050.SER							
	498,79	Ajudante de carpinteiro	h	0,373	186,00	6,16	1145,75
		Carpinteiro	h	1,992	993,59	9,19	9131,09
		Prego 17x27	kg	0,3	149,64	10,00	1496,37
		Pontaletes 3x3"	m	3,2	1596,13	5,50	8778,70
		Sarrafo 1x3"	m	4	1995,16	4,00	7980,64
		chapa compensado plastificada 12mm	m	1,2	598,55	7,90	4728,53
		desmoldante de formas	l	0,02	9,98	8,58	85,59
<b>SUBTOTAL</b>							<b>R\$ 33.346,68</b>
05.001.000 009.SER	ARMADURA DE AÇO CA 50 PARA ESTRUTURAS -CORTE, DOBRA E MONTAGEM (kg) diâmetro até 12,5		UNID	CONSUMO		CUSTO (R\$)	
	1815,1						
		Ajudante de armador	h	0,14	254,11	6,18	1570,42452
		Armador	h	0,08	145,21	8,54	1240,07632
		Arame recozido	kg	0,025	45,38	9,50	431,08625
		Aço CA 50	kg	1,1	1996,61	3,60	7187,796
<b>SUBTOTAL</b>							<b>R\$ 10.429,38</b>
05.001.000 010.SER	ARMADURA DE AÇO CA 50 PARA ESTRUTURAS -CORTE, DOBRA E MONTAGEM (kg) diâmetro maior que 12,5 mm até 25mm						
	2857,5						
		Ajudante de armador	h	0,228	651,51	6,18	4026,3318
		Armador	h	0,13	371,48	8,54	3172,3965
		Arame recozido	kg	0,034	97,16	9,50	922,9725
		Aço CA 50	kg	1,1	3143,25	3,60	11315,7
<b>SUBTOTAL</b>							<b>R\$ 19.437,40</b>

05.001.000 011.SER	ARMADURA DE AÇO CA 60 PARA ESTRUTURAS - CORTE, DOBRA E MONTAGEM (kg)		UNID				
	635			CONSUMO		CUSTO (R\$)	
		Ajudante de armador	h	0,122	77,47	6,18	478,76
		Armador	h	0,07	44,45	8,54	379,60
		Arame recozido	kg	0,02	12,70	9,50	120,65
		Aço CA 60	kg	1,1	698,50	3,60	2514,60
<b>SUBTOTAL</b>							<b>R\$ 3.493,62</b>
	CONCRETO ESTRUTURAL USINADO - 40 Mpa (m <sup>3</sup> ) PARA VIGAS						
		Custo Concreto Usinado	m <sup>3</sup>	1	31,4	370	R\$ 11.618,00
	31,4	Bomba Lançamento	unid	1			500
<b>SUBTOTAL</b>							<b>R\$ 12.118,00</b>
<b>CUSTO TOTAL DO ITEM</b>							<b>R\$ 78.825,08</b>

### Memorial de cálculo das vigas da seção 15x60 de 40MPa

PLANEJAMENTO DE CUSTOS - CONSTRUÇÃO DE PRÉDIO COMERCIAL DE 4 PAVIMENTOS TIPOS							
ETAPA: EXECUÇÃO DE VIGAS							
ITEM	DESCRIÇÃO	COMPONENTES	UNID	CONSUMO		CUSTO (R\$)	
				UNITÁRIO	TOTAL	UNITÁRIO	TOTAL
05.005.000 045.SER	FORMA DE MADEIRA PARA VIGAS EM ESTRUTURAS EM GERAL, COM TÁBUA DE 3ª - 1 REAPROVEITAMENTO - (m²)						
05.005.000 049.SER	652,75						
05.005.000 050.SER							
		Ajudante de carpinteiro	h	0,3729	243,41	6,16	1499,41
		Carpinteiro	h	1,992	1300,28	9,19	11949,55
		Prego 17x27	kg	0,3	195,83	10,00	1958,25
		Pontaletes 3x3"	m	3,2	2088,80	5,50	11488,40
		Sarrafo 1x3"	m	4	2611,00	4,00	10444,00
		chapa compensado plastificada 12mm	m	1,2	783,30	7,90	6188,07
		desmoldante de formas	l	0,02	13,06	8,58	112,01
<b>SUBTOTAL</b>							<b>R\$ 43.639,70</b>
05.001.0000	ARMADURA DE AÇO CA 50 PARA ESTRUTURAS -CORTE, DOBRA E MONTAGEM (kg) diâmetro até 12,5		UNID	CONSUMO		CUSTO (R\$)	
	2927						
		Ajudante de armador	h	0,14	409,78	6,18	2532,4404
		Armador	h	0,08	234,16	8,54	1999,7264
		Arame recozido	kg	0,025	73,18	9,50	695,1625
		Aço CA 50	kg	1,1	3219,70	3,60	11590,92
<b>SUBTOTAL</b>							<b>R\$ 16.818,25</b>

05.001.0000	ARMADURA DE AÇO CA 50 PARA ESTRUTURAS -CORTE, DOBRA E MONTAGEM (kg) diâmetro maior que 12,5 mm até 25mm		UNID	CONSUMO		CUSTO (R\$)	
	1481,9						
		Ajudante de armador	h	0,228	337,87	6,18	2088,056376
		Armador	h	0,13	192,65	8,54	1645,20538
		Arame recozido	kg	0,034	50,38	9,50	478,6537
		Aço CA 50	kg	1,1	1630,09	3,60	5868,324
<b>SUBTOTAL</b>							<b>R\$ 10.080,24</b>
05.001.0000	ARMADURA DE AÇO CA 60 PARA ESTRUTURAS - CORTE, DOBRA E MONTAGEM (kg)		UNID	CONSUMO		CUSTO (R\$)	
	798						
		Ajudante de armador	h	0,122	97,36	6,18	601,66
		Armador	h	0,07	55,86	8,54	477,04
		Arame recozido	kg	0,02	15,96	9,50	151,62
		Aço CA 60	kg	1,1	877,80	3,60	3160,08
<b>SUBTOTAL</b>							<b>R\$ 4.390,40</b>
	Concreto Estrutural Usinado 40 Mpa - m <sup>3</sup> para vigas 5 pavimentos e baldrame		UNID	CONSUMO		CUSTO (R\$)	
	43	Custo Concreto Usinado	m <sup>3</sup>	1	43	370	R\$ 15.910,00
		Bomba Lançamento	unid	1			500
<b>SUBTOTAL</b>							<b>R\$ 16.410,00</b>
<b>CUSTO TOTAL DO ITEM</b>							<b>R\$ 91.338,59</b>

### Memorial de cálculo dos pilares da seção 15x40 de 40MPa

PLANEJAMENTO DE CUSTOS - CONSTRUÇÃO DE PRÉDIO COMERCIAL DE 4 PAVIMENTOS TIPOS							
ETAPA: EXECUÇÃO DE PILARES							
ITEM	DESCRIÇÃO	COMPONENTES	UNID	CONSUMO		CUSTO (R\$)	
				UNITÁ RIO	TOTAL	UNITÁ RIO	TOTAL
05.005.00 0034.SER	FORMA DE MADEIRA PARA PILARES EM ESTRUTURAS EM GERAL, COM TÁBUA DE 3ª - 1 REAPROVEITAMENTO S - (m²)						
05.005.00 0038.SER	192						
05.005.00 0039.SER							
		Ajudante de carpinteiro	h	0,44	84,48	6,16	520,40
		Carpinteiro	h	1,76	337,92	9,19	3105,48
		Prego 17x27	kg	0,4	76,80	10,00	768,00
		Pontalete 3x3"	m	6,2	1190,40	5,50	6547,20
		Sarrafo 1x3"	m	8,2	1574,40	4,00	6297,60
		Chapa compensada plastificada e=12mm	m	1,35	259,20	7,90	2047,68
<b>SUBTOTAL</b>							<b>R\$ 19.286,36</b>
05.001.00 0005.SER	ARMADURA DE AÇO CA 50 PARA ESTRUTURAS até 12,5 - DOBRADO E CORTADO NA OBRA (kg)						
	1229,4						
		Ajudante de armador	h	0,051	62,70	6,18	387,482292
		Armador	h	0,034	41,80	8,54	356,968584
		Arame recozido	kg	0,02	24,59	9,50	233,586
		Aço CA 50	kg	1	1229,40	3,60	4425,84
<b>SUBTOTAL</b>							<b>R\$ 5.403,88</b>

05.001.00 0005.SER	ARMADURA DE AÇO CA 50 de acima de 12,5PARA ESTRUTURAS - DOBRADO E CORTADO NA OBRA (kg)						
	133,7						
		Ajudante de armador	h	0,051	6,82	6,18	42,139566
		Armador	h	0,034	4,55	8,54	38,821132
		Arame recozido	kg	0,02	2,67	9,50	25,403
		Aço CA 50	kg	1	133,70	3,60	481,32
<b>SUBTOTAL</b>							<b>R\$ 587,68</b>
05.001.00 0011.SER	AÇO CA 60 PARA PILARES EM ESTRUTURAS - CORTE, DOBRA E MONTAGEM (kg)						
	372,9						
		Ajudante de armador	h	0,122	45,49	6,18	281,15
		Armador	h	0,07	26,10	8,54	222,92
		Arame recozido	kg	0,02	7,46	9,50	70,85
		Aço CA 60	kg	1,1	410,19	3,60	1476,68
<b>SUBTOTAL</b>							<b>R\$ 2.051,61</b>
	CONCRETO ESTRUTURAL USINADO para pilares 40MPA (m <sup>3</sup> )						
	13,6	Custo Concreto Usinado	m <sup>3</sup>	1	13,60	370	R\$ 5.032,00
		Bomba Lançamento	unid				500,00
<b>SUBTOTAL</b>							<b>R\$ 5.532,00</b>
<b>CUSTO TOTAL DO ITEM</b>							<b>R\$ 32.273,84</b>

## Memorial de cálculo dos pilares da seção 15x60 de 40MPa

PLANEJAMENTO DE CUSTOS - CONSTRUÇÃO DE PRÉDIO COMERCIAL DE 4 PAVIMENTOS TIPOS							
ETAPA: EXECUÇÃO DE PILARES							
ITEM	DESCRIÇÃO	COMPONENTES	UNID	CONSUMO		CUSTO (R\$)	
				UNITÁRIO	TOTAL	UNITÁRIO	TOTAL
05.005.00 0034.SER	FORMA DE MADEIRA PARA PILARES EM ESTRUTURAS EM GERAL, COM TÁBUA DE 3ª - 1 REAPROVEITAMENTOS - (m²)						
05.005.00 0038.SER	192						
05.005.00 0039.SER							
		Ajudante de carpinteiro	h	0,44	84,48	6,16	520,40
		Carpinteiro	h	1,76	337,92	9,19	3105,48
		Prego 17x27	kg	0,4	76,80	10,00	768,00
		Pontaletes 3x3"	m	6,2	1190,40	5,50	6547,20
		Sarrafo 1x3"	m	8,2	1574,40	4,00	6297,60
		Chapa compensada plastificada e=12mm	m	1,35	259,20	7,90	2047,68
<b>SUBTOTAL</b>							<b>R\$ 19.286,36</b>
05.001.00 0005.SER	ARMADURA DE AÇO CA 50 PARA ESTRUTURAS até 12,5 - DOBRADO E CORTADO NA OBRA (kg)						
	829,1						
		Ajudante de armador	h	0,051	42,28	6,18	261,315738
		Armador	h	0,034	28,19	8,54	240,737476
		Arame recozido	kg	0,02	16,58	9,50	157,529
		Aço CA 50	kg	1	829,10	3,60	2984,76
<b>SUBTOTAL</b>							<b>R\$ 3.644,34</b>
05.001.00 0011.SER	AÇO CA 60 PARA PILARES EM ESTRUTURAS - CORTE, DOBRA E MONTAGEM (kg)						
	388,9						
		Ajudante de armador	h	0,122	47,45	6,18	293,22
		Armador	h	0,07	27,22	8,54	232,48
		Arame recozido	kg	0,02	7,78	9,50	73,89
		Aço CA 60	kg	1,1	427,79	3,60	1540,04
<b>SUBTOTAL</b>							<b>R\$ 2.139,63</b>

	CONCRETO ESTRUTURAL USINADO para pilares 40MPA (m <sup>3</sup> )						
	13,6	Custo Concreto Usinado	m <sup>3</sup>	1	13,60	370	R\$ 5.032,00
		Bomba Lançamento	unid				500,00
<b>SUBTOTAL</b>							R\$ 5.532,00
<b>CUSTO TOTAL DO ITEM</b>							<b>R\$ 30.602,34</b>

## ANEXO B: CONSUMO DE MATERIAIS VIGA E PILARES

### RESUMO DO AÇO - Pilares do pavimento BALDRAME – 20MPa

Aço	Diâmetro	Comp. Total (m)	Peso + 10 % (kg)
CA50	10.0	317.7	215.4
	12.5	52.6	55.7
	16.0	60.6	105.2
CA60	5.0	275.6	46.7

Peso total (kg)		Vol. concreto total (m³)		Area de forma total (m²)
CA50	376.3	C-20	1.7	24.00
CA60	46.7			

### RESUMO DO AÇO - Pilares do pavimento BALDRAME\_40mpa

Aço	Diâmetro	Comp. Total (m)	Peso + 10 % (kg)
CA50	10.0	162.1	109.9
CA60	5.0	295.8	50.2

Peso total (kg)		Vol. concreto total (m³)		Area de forma total (m²)
CA50	109.9	C-40	1.7	24.00
CA60	50.2			

### RESUMO DO AÇO - Pilares do pavimento BALDRAME\_40mpa\_15x60

Aço	Diâmetro	Comp. Total (m)	Peso + 10 % (kg)
CA50	10.0	146.7	99.5
CA60	5.0	286.8	48.6

Peso total (kg)		Vol. concreto total (m³)		Area de forma total (m²)
CA50	99.5	C-40	1.7	24.00
CA60	48.6			

### RESUMO DO AÇO - Vigas do pavimento BALDRAME\_20mpa

Aço	Diâmetro	Comp. Total (m)	Peso + 10 % (kg)
CA50	6.3	29.1	7.8
	8.0	603.1	261.8
	10.0	10.4	7.1
	12.5	330.3	350.0
	16.0	69.4	120.5
	20.0	79.6	215.8
CA60	5.0	868.7	147.3

Peso total (kg)		Vol. concreto total (m³)		Area de forma total (m²)
CA50	963.0	C-20	8.6	130.55
CA60	147.3			

### RESUMO DO AÇO - Vigas do pavimento BALDRAME\_40mpa

Aço	Diâmetro	Comp. Total (m)	Peso + 10 % (kg)
CA50	6.3	111.7	30.1
	8.0	134.4	58.3
	10.0	125.1	84.8
	12.5	201.9	213.9
	16.0	159.2	276.4
	20.0	92.7	251.5
CA60	5.0	772.6	131.0

Peso total (kg)		Vol. concreto total (m³)		Area de forma total (m²)
CA50	915.0	C-40	6.6	103.35
CA60	131.0			

### RESUMO DO AÇO - Vigas do pavimento BALDRAME

Aço	Diâmetro	Comp. Total (m)	Peso + 10 % (kg)
CA50	6.3	9.8	2.6
	8.0	598.4	259.7
	10.0	118.8	80.6
	12.5	219.8	232.9
	16.0	54.4	94.4
	20.0	74.4	201.9
CA60	5.0	941.5	159.6

Peso total (kg)		Vol. concreto total (m³)		Area de forma total (m²)
CA50	872.2	C-40	8.6	130.55
CA60	159.6			

**RESUMO DO AÇO - Pilares do pavimento 1º PAV**

Aço	Diâmetro	Comp. Total (m)	Peso + 10 % (kg)
CA50	3/8"	292.4	198.3
	1/2"	85.2	90.3
CA60	5.0	579.3	98.2

Peso total (kg)		Vol. concreto total (m³)		Area de forma total (m²)
CA50	288.6	C-20	3.4	48.00
CA60	98.2			

**RESUMO DO AÇO - Pilares do pavimento 1º PAV**

Aço	Diâmetro	Comp. Total (m)	Peso + 10 % (kg)
CA50	3/8"	306.2	207.6
CA60	5.0	573.6	97.3

Peso total (kg)		Vol. concreto total (m³)		Area de forma total (m²)
CA50	207.6	C-40	3.4	48.00
CA60	97.3			

**RESUMO DO AÇO - Pilares do pavimento 1º PAV**

Aço	Diâmetro	Comp. Total (m)	Peso + 10 % (kg)
CA50	3/8"	246.9	167.4
CA60	5.0	555.6	94.2

Peso total (kg)		Vol. concreto total (m³)		Area de forma total (m²)
CA50	167.4	C-40	3.4	48.00
CA60	94.2			

**RESUMO DO AÇO - Pilares do pavimento 2ºPAV**

Aço	Diâmetro	Comp. Total (m)	Peso + 10 % (kg)
CA50	3/8"	431.4	292.6
	1/2"	13.1	13.9
CA60	5.0	555.6	94.2

Peso total (kg)		Vol. concreto total (m³)		Area de forma total (m²)
CA50	306.4	C-20	3.4	48.00
CA60	94.2			

### RESUMO DO AÇO - Pilares do pavimento 2ºPAV

Aço	Diâmetro	Comp. Total (m)	Peso + 10 % (kg)
CA50	3/8"	316.1	214.4
	1/2"	99.4	105.3
	5/8"	17.6	30.6
CA60	5.0	591.6	100.3

Peso total (kg)		Vol. concreto total (m³)		Area de forma total (m²)
CA50	350.2	C-40	3.4	48.00
CA60	100.3			

### RESUMO DO AÇO - Pilares do pavimento 2ºPAV

Aço	Diâmetro	Comp. Total (m)	Peso + 10 % (kg)
CA50	3/8"	313.5	212.6
	1/2"	5.5	5.8
CA60	5.0	591.6	100.3

Peso total (kg)		Vol. concreto total (m³)		Area de forma total (m²)
CA50	218.5	C-40	3.4	48.00
CA60	100.3			

### RESUMO DO AÇO - Pilares do pavimento 3º PAV

Aço	Diâmetro	Comp. Total (m)	Peso + 10 % (kg)
CA50	3/8"	427.7	290.0
	1/2"	35.6	37.8
CA60	5.0	559.4	94.8

Peso total (kg)		Vol. concreto total (m³)		Area de forma total (m²)
CA50	327.8	C-20	3.4	48.00
CA60	94.8			

**RESUMO DO AÇO - Pilares do pavimento 3º PAV**

Aço	Diâmetro	Comp. Total (m)	Peso + 10 % (kg)
CA50	3/8"	118.8	80.6
	1/2"	427.7	453.2
	5/8"	59.4	103.1
CA60	5.0	478.2	81.1

Peso total (kg)		Vol. concreto total (m³)		Area de forma total (m²)
CA50	636.9	C-40	3.4	48.00
CA60	81.1			

**RESUMO DO AÇO - Pilares do pavimento 3º PAV**

Aço	Diâmetro	Comp. Total (m)	Peso + 10 % (kg)
CA50	3/8"	380.2	257.8
	1/2"	23.8	25.2
CA60	5.0	590.9	100.2

Peso total (kg)		Vol. concreto total (m³)		Area de forma total (m²)
CA50	283.0	C-40	3.4	48.00
CA60	100.2			

**RESUMO DO AÇO - Pilares do pavimento TERREO**

Aço	Diâmetro	Comp. Total (m)	Peso + 10 % (kg)
CA50	3/8"	443.6	300.8
	1/2"	68.8	72.9
CA60	5.0	581.5	98.6

Peso total (kg)		Vol. concreto total (m³)		Area de forma total (m²)
CA50	373.7	C-20	3.4	48.00
CA60	98.6			

**RESUMO DO AÇO - Pilares do pavimento TERREO**

Aço	Diâmetro	Comp. Total (m)	Peso + 10 % (kg)
CA50	3/8"	248.1	168.3
CA60	5.0	555.6	94.2

Peso total (kg)		Vol. concreto total (m³)		Area de forma total (m²)
CA50	168.3	C-40	3.4	48.00
CA60	94.2			

### RESUMO DO AÇO - Pilares do pavimento TERREO

Aço	Diâmetro	Comp. Total (m)	Peso + 10 % (kg)
CA50	3/8"	236.2	160.2
CA60	5.0	555.6	94.2

Peso total (kg)		Vol. concreto total (m³)		Area de forma total (m²)
CA50	160.2	C-40	3.4	48.00
CA60	94.2			

### RESUMO DO AÇO - Vigas do pavimento TERREO

Aço	Diâmetro	Comp. Total (m)	Peso + 10 % (kg)
CA50	1/4"	30.1	8.1
	5/16"	526.1	228.3
	3/8"	86.4	58.6
	1/2"	313.6	332.3
	5/8"	69.4	120.5
	3/4"	79.5	215.7
CA60	5.0	858.2	145.5

Peso total (kg)		Vol. concreto total (m³)		Area de forma total (m²)
CA50	963.5	C-20	8.6	130.55
CA60	145.5			

## RESUMO DO AÇO - Vigas do pavimento BALDRAME

Aço	Diâmetro	Comp. Total (m)	Peso + 10 % (kg)
CA50	1/4"	110.7	29.8
	5/16"	109.0	47.3
	3/8"	115.7	78.5
	1/2"	190.3	201.7
	5/8"	190.6	330.8
	3/4"	92.8	251.6
CA60	5.0	743.0	126.0

Peso total (kg)		Vol. concreto total (m³)		Area de forma total (m²)
CA50	939.7	C-40	6.2	98.86
CA60	126.0			

## RESUMO DO AÇO - Vigas do pavimento TERREO

Aço	Diâmetro	Comp. Total (m)	Peso + 10 % (kg)
CA50	1/4"	9.8	2.6
	5/16"	522.3	226.7
	3/8"	95.2	64.6
	1/2"	277.3	293.9
	5/8"	54.4	94.4
	3/4"	74.5	202.0
CA60	5.0	941.5	159.6

Peso total (kg)		Vol. concreto total (m³)		Area de forma total (m²)
CA50	884.3	C-40	8.6	130.55
CA60	159.6			