



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA – UEPB

CAMPUS VIII – ARARUNA

CENTRO DE TECNOLOGIA E SAÚDE

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

AYRTON WAGNER BERNARDINO TRIGUEIRO

**ANÁLISE DO CUSTO DE MATERIAIS ENTRE ESTRUTURAS DE
CONCRETO ARMADO E AÇO ESTRUTURAL EM EDIFICAÇÃO
VERTICAL: ESTUDO DE CASO DO BLOCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA**

ARARUNA/PB

2018

AYRTON WAGNER BERNARDINO TRIGUEIRO

**ANÁLISE DO CUSTO DE MATERIAIS ENTRE ESTRUTURAS DE
CONCRETO ARMADO E AÇO ESTRUTURAL EM EDIFICAÇÃO
VERTICAL: ESTUDO DE CASO DO BLOCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Graduação em Engenharia Civil
da Universidade Estadual da Paraíba – Campus
VIII, como requisito parcial à obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Estruturas

Orientador: Prof. Me. Leonardo Medeiros da
Costa

ARARUNA/PB

2018

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

T828a Trigueiro, Ayrton Wagner Bernardino.
Análise do custo de materiais entre estruturas de concreto armado e aço estrutural [manuscrito] : estudo de caso do bloco de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual da Paraíba / Ayrton Wagner Bernardino Trigueiro. - 2018.
47 p. : il. colorido.
Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências, Tecnologia e Saúde , 2018.
"Orientação : Prof. Me. Leonardo Medeiros da Costa , Coordenação do Curso de Engenharia Civil - CCTS."
1. Análise estrutural. 2. Concreto. 3. Custo. I. Título
21. ed. CDD 624.171

AYRTON WAGNER BERNARDINO TRIGUEIRO

**ANÁLISE DO CUSTO DE MATERIAIS ENTRE ESTRUTURAS DE
CONCRETO ARMADO E AÇO ESTRUTURAL EM EDIFICAÇÃO
VERTICAL: ESTUDO DE CASO DO BLOCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da
Universidade Estadual da Paraíba – Campus
VIII, como requisito parcial à obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Estruturas

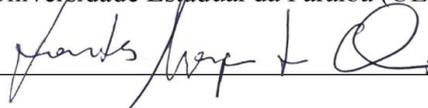
Aprovado em: 12/12/2018

BANCA EXAMINADORA



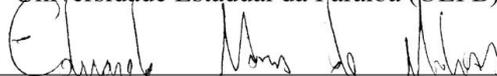
Prof. Me. Leonardo Medeiros da Costa (Orientador)

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Esp. Lauandes Marques de Oliveira

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Me. Eduardo Morais de Medeiros

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Dedico esse trabalho à toda minha família, em especial aos meus pais Aduino e Valda, por todo apoio e principalmente compreensão durante esses anos de curso, além de todos amigos que estiverem próximos durante essa caminhada.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente ao meu pai o Sr. Adauto Trigueiro e mãe a Sra. Valda Bernardino, por todo apoio emocional e incentivo, além de terem acreditado em mim durante esse período de curso.

Ao professor, orientador Leonardo, por todo apoio e incentivo acadêmico. Agradeço por toda orientação e auxílio necessário durante o curso.

Aos amigos da graduação, agradeço por todas horas de estudo, trabalhos infundáveis e todo companheirismo de todos.

Aos funcionários da UEPB, pela disponibilidade e atendimento quando necessário.

Ao Professor Marinaldo, por toda a ajuda e apoio fornecido nos estudos sobre concreto armado.

Aos meus amigos, Samuel, Wamberto e a minha amiga Cibele por todo o apoio e incentivo.

E a todas as pessoas que contribuíram direta e indiretamente, que não foram citadas mas não menos importantes, para que eu chegasse ao fim dessa etapa, meu muito obrigado à todos.

“O sucesso é ir de fracasso em fracasso
sem perder entusiasmo”

Winston Churchill

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS	12
	2.1 Objetivo Geral	12
	2.2 Objetivos Específicos	12
3	MATERIAIS E MÉTODOS	13
	3.1 Projeto de Concreto Armado	14
	3.1.1 <i>Quantificação da estrutura com seus elementos</i>	14
	3.2 Projeto de Estrutura em Aço	16
	3.2.1 <i>Descrição dos esforços adotados</i>	16
	3.2.2 <i>Modelagem da estrutura</i>	17
	3.2.3 <i>Análise estrutural e coleta de esforços críticos</i>	20
	3.2.4 <i>Concepção dos esforços resistentes – Análise de estado limite último e de serviço</i>	23
	3.2.5 <i>Dimensionamento dos perfis de aço adotados nos elementos estruturais vigas e pilares</i>	25
4	FUNDAÇÕES	25
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	29
6	CONCLUSÃO	45
	REFERÊNCIAS	48

ANÁLISE DO CUSTO DE MATERIAIS ENTRE ESTRUTURAS DE CONCRETO
ARMADO E AÇO ESTRUTURAL EM EDIFICAÇÃO VERTICAL: ESTUDO DE
CASO DO BLOCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE
ESTADUAL DA PARAÍBA

Ayrton Wagner Bernardino Trigueiro*

RESUMO

Este presente trabalho analisou os custos pela comparação entre concepções estruturais em aço e em concreto armado da edificação do bloco do Centro de Ciências, Tecnologia e Saúde (CCTS) da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Foi disponibilizado o projeto de concreto armado elaborado pela equipe técnica da UEPB, realizada a modelagem estrutural em aço, via software SAP 2000, respeitando a mesma arquitetura, cargas mínimas (NBR 6120:1980), cargas de vento (NBR 6123:1988) e restrições estruturais como a exclusão da escada de degraus, da caixa d'água e considerado as lajes maciças de mesma altura. Foi dividido toda a estrutura em 5 blocos sem comprometer as juntas de dilatação, coletados os esforços críticos e comparados com os esforços resistentes da NBR 8800:2008, analisando os perfis adotados perante os estados limites de utilização e último juntamente com os tipos de ligações rígidas e flexíveis adotadas. Levantados os quantitativos de materiais dos projetos, solicitou-se orçamentos de empresas da Paraíba-PB e do Rio Grande do Norte (RN), combinando todos os possíveis resultados e obtendo o orçamento de menor custo. Foram analisadas as deslocabilidades laterais (na direção X e Y) de cada bloco e classificados como blocos estruturais de baixa deslocabilidade. Para o projeto de concreto armado, um menor custo total de R\$ 560.718,75 sendo R\$ 122.136,025 na fundação e um custo médio por andar de R\$ 87.716,545, comparada com o custo médio por andar, cerca de 139,239% a mais. Para o projeto de aço, o menor custo total foi de R\$ 2.377.467,135 sendo R\$ 26.351,135 voltados para a fundação, o bloco 3 foi de R\$ 291.363,00 sendo o mais barato e o bloco 2 foi de R\$ 679.401,50 sendo o mais caro. Apesar da concepção estrutural em aço ter sido a mais cara, caberia novos estudos para aperfeiçoamentos na arquitetura do projeto a fim de gerar uma solução, em termos de custo, mais atraente e possível de ser executada.

PALAVRAS – CHAVES: Concepção estrutural. Concreto Armado. Aço. Custo.

*Aluno de Graduação em Engenharia Civil na Universidade Estadual da Paraíba –
Campus

1 INTRODUÇÃO

A necessidade de construção pelo homem data desde tempos antigos, sendo utilizadas tecnologias e materiais referentes a cada época. Com o histórico desde do império romano o concreto tornou um dos materiais mais utilizados do mundo, de recuperação de ruínas até os dias atuais com o desenvolvimento de dimensionamento de elementos e a criação da tecnologia como o concreto protendido (PORTO, 2015).

No Brasil, segundo Vasconcelos (1985), não se sabe ao certo quando começou a ser utilizado de fato, contudo, há relatos de construções habitacionais em Copacabana-RJ da “Empreza de Construções Cívicas” referente ao engenheiro Carlos Poma, datado de 1892, e, teve tamanha importância que, em 1940, foi criada na Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) a primeira norma de cálculo e execução de concreto armado, NB-1, sendo atualizada constantemente até chegar na NBR 6118:2014.

Pfeil (2016) trata que paralelamente, descobriu-se outros materiais que vieram a ser utilizados em construções ao redor do mundo a exemplo dos materiais siderúrgicos. Surgindo desde o ferro fundido utilizado em pequenos arcos e pontes entre 1780 e 1820 substituído pelo ferro forjado, em virtude de ter características a atribuir uma maior segurança, que em 1850 e 1880 foram construídas pontes ferroviárias treliçadas com o seu uso. Apesar da tecnologia vigente, não demonstrava ser um material de alta confiança, gerando problemas construtivos e acidentes consideráveis nas fases de construção.

Com as constantes melhorias dos processos industriais, nas décadas de 1860/70 foi concebido o aço que rapidamente veio a substituir tanto o ferro fundido como o forjado. No Brasil a indústria siderúrgica foi implementada logo após a Segunda Guerra Mundial pela Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) e, em 1961, foi concebido a primeira edificação alta em aço, Edifício Avenida Central no Rio de Janeiro.

Ambos materiais possuem suas vantagens e desvantagens a depender do propósito que será destinado. Segundo Pinheiro (2004) dentre as suas vantagens o concreto demonstra ser altamente moldável, possui baixo custo de mão-de-obra e materiais, durável e resistente a choques, efeitos térmicos, vibrações e desgastes mecânicos. Apesar do exposto, o aço não deverá ser descartado como escolha, por apresentar suas vantagens, dentre elas uma considerável

redução do tempo de construção, alívio das fundações por possuir menos peso e maior espaço útil pela redução das seções dos pilares, (NARDIN, 2008).

Em projetos estruturais deve existir preocupações para que o mesmo desempenhe suas funções destinadas de maneira correta, atrelando sempre ao máximo a economia e a eficiência. Sendo assim, para assumir o caráter econômico da estrutura, devem ser analisados as tecnologias e os materiais que irão ser adotados, sempre comparando os custos de matéria-prima, distância de transporte, consumo de materiais, utilização de mão de obra e tempo de execução (Sáles, 2015). Não importa a localização, recursos, prazos, clientes e tipos de projeto, uma obra sempre será uma atividade econômica onde sempre dará um aspecto especial ao custo, por isso, sua preocupação começa antes do início da obra, na etapa de orçamentação fazendo assim uma possível estimativa da obra como um todo (MATTOS, 2014).

Com o avanço das tecnologias vigentes e da inovação científica, aos poucos foi se remodelando a formação dos engenheiros atuais. Com o mercado mais globalizado, a concorrência internacional demanda empresas, no ramo da construção civil, cada vez mais ágeis e eficientes tanto na parte de projetos como em execuções desses projetos. Com isto, aos poucos foram implementados o uso de sistemas computacionais integrados às obras, gerando assim cada vez mais projetos econômicos e eficientes, (VELLASCO, 2014).

A comparação de sistemas estruturais com matérias e características diferentes se torna uma atividade menos dispendiosa com a assistência de ferramentas especializadas. Este estudo de caso foi pensado para avaliar o custo da mudança de materiais de concreto armado para aço na composição do sistema estrutural. Para a realização deste trabalho, houve o auxílio de software destinado a modelagem de estruturas (SAP 2000), a respeito da edificação do Centro de Ciências, Tecnologia e Saúde (CCTS) da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), situada no Campus VIII no município de Araruna-PB, e pautado com as normas NBR 6118:2014 e a NBR 8800:2008 a respeito de dimensionamento de peças estruturais sobre concreto armado e aço, respectivamente.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como objetivo geral avaliar o custo da substituição da estrutura em concreto armado para aço do estudo de caso.

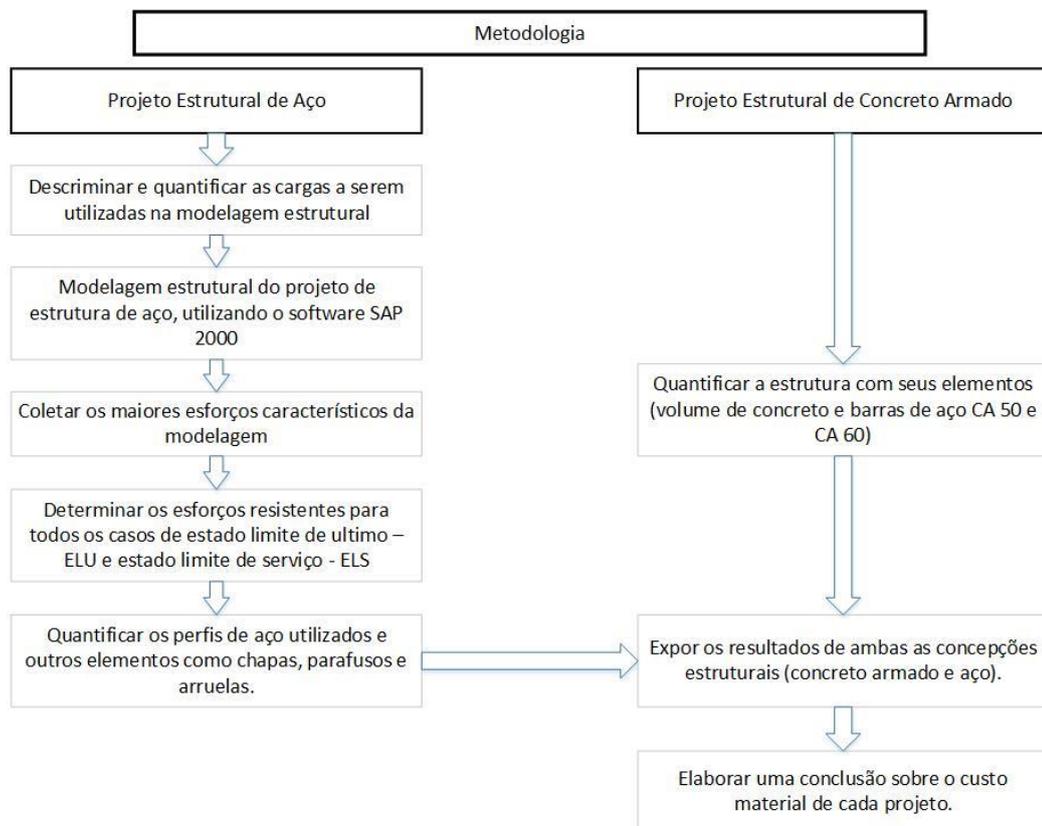
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desenvolver o cálculo estrutural em aço, com ênfase nas vigas, pilares e fundação, descartando a escada de degraus, caixa d'água e calculando as lajes como maciça de mesma altura;
- Verificar as disposições dos elementos estruturais sem comprometer a sua funcionalidade;
- Avaliar a substituição dos sistemas estruturais com ênfase nos custos de materiais;
- Promover a experiência do dimensionamento de estruturas de aço para o autor.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção serão apresentados os materiais e métodos utilizados para a execução deste trabalho. A metodologia utilizada na elaboração, coleta, tratamento e exposição de dados, resultados e conclusões está detalhada no fluxograma da Figura 1.

Figura 1 – Fluxograma da metodologia utilizada na pesquisa



Fonte: Próprio autor (2018).

Para a realização deste trabalho, foi-se necessário a posse de um microcomputador com os softwares AutoDesk AutoCad 2018, SAP 2000, Microsoft professional Word e Excel, Adobe Reader PDF, acesso à internet e a uma bibliografia disponível pelo próprio autor. Softwares estes utilizados para toda e completa manipulação da modelagem e da aquisição dos dados para este presente trabalho.

A viabilização deste estudo foi realizada de acordo com o projeto estrutural da edificação em concreto armado fornecida e elaborado pela própria UEPB, onde o serviço de execução, planejamento de obra e afins foram destinados a uma empresa terceirizada.

Durante a elaboração do projeto de aço, foi-se desconsiderado o cálculo da escada de degraus, da caixa d'água presente na estrutura de concreto armado e considerando as lajes como maciças de mesma espessura da vigente.

Foram respeitadas ao máximo a arquitetura do projeto, sem alterar disposição dos pilares existentes, vigas e lajes. Com os dados do dimensionamento da estrutura de aço juntamente com os dados provenientes do projeto de concreto, foi procurado fornecedores na região dentro da Paraíba (PB) e no Rio Grande do Norte (RN) para fins de comparação e pesquisa de preços.

3.1 PROJETO DE CONCRETO ARMADO

3.1.1 *Quantificação da estrutura com seus elementos*

Foram analisados e separados por estruturas como infraestrutura e superestruturas. De acordo com a superestruturas temos o quantitativo de todos os itens separados por andar e detalhados como concreto das vigas e pilares, aço CA-50 e CA-60 das vigas e pilares e as formas, que são exibidos na Tabela 1.

Tabela 1 – Quantitativo dos elementos do tipo vigas e pilares por andar

Elementos	Unidade	Quantidade
Concreto de viga - Forro	m ³	53,77
Aço CA-50 - Forro	kg	3146,7
Aço CA 60 - Forro	kg	841,8
Área de Forma - Forro	m ²	917,92
Conc. p/ viga – 3º Andar	m ³	61,66
Conc. p/ pilar – 3º Andar	m ³	35,21
Aço CA-50 – 3º Andar	kg	6996,8
Aço CA-60 – 3º Andar	kg	1961,6
Área de Forma – 3º Andar	m ²	1048,18

Conc. p/ viga – 2º Andar	kg	60,52
Conc. p/ pilar – 2º Andar	kg	36,17
Aço CA-50 – 2º Andar	kg	6963,7
Aço CA-60 – 2º Andar	kg	1939,5
Área de Forma – 2º Andar	m ²	1029,07
Conc. p/ viga – 1º Andar	m ³	56
Conc. p/ pilar – 1º Andar	m ³	36,36
Aço CA-50 – 1º Andar	kg	6624,4
Aço CA-60 – 1º Andar	kg	1885,8
Área de Forma – 1º Andar	m ²	1010,18
Concreto de viga - Térreo	kg	49,69
Aço CA-50 - Térreo	kg	2020,8
Aço CA-60 - Térreo	kg	735,6
Área de Forma – Térreo	m ²	787,64

Fonte: Próprio autor (2018).

De acordo com a infraestrutura temos o quantitativo de todos os itens detalhados como concreto das sapatas, aço CA-50, CA-60 e as formas da fundação, que são exibidos na Tabela

2.

Tabela 2 – Quantitativo dos elementos do tipo fundação

Elementos	Unidade	Quantidade
Conc.sapatas isoladas	m ³	138,19
Aço CA-50 – Fundação	kg	9892,1
Aço CA-60 – Fundação	kg	480,5
Área de forma - fundação	m ²	474,35

Fonte: Próprio autor (2018).

3.2 PROJETO DE ESTRUTURA EM AÇO

3.2.1 Descrição dos esforços adotados

Segunda a NBR 6120:1980, as principais cargas adotadas em projetos estruturais de edificações são as permanentes e acidentais. Para a concepção desta modelagem, foram extraídas as cargas permanentes desta norma e exposta na Tabela 3.

Tabela 3 – Descrição e discriminação das cargas permanentes adotadas no projeto

Descrição das Cargas	Discriminação das Cargas	
	Unidade	Quantidade
Alvenaria	kN/m	3,75
Revestimento	kN/m ²	1,05
Peso próprio dos elementos	kN/m	A definir

Fonte: Próprio autor (2018).

Foram extraídas as cargas variáveis referentes a mesma norma e exposta na Tabela 4. Os esforços devido ao vento foram todos pautados pela metodologia da NBR 6123:1990. Segundo a NBR 8800:2008, com as cargas permanentes e variáveis definidas, utilizou-se a combinação última normal.

Tabela 4 – Descrição e discriminação das cargas variáveis adotadas no projeto

Descrição das Cargas	Discriminação das Cargas	
	Unidade	Quantidade
Sobrecarga de utilização 1	kN/m ²	3
Sobrecarga de utilização 2	kN/m ²	3
Força de vento	kN/m	A definir para cada bloco
Forro	kN/m ²	0,5

Fonte: Próprio autor (2018).

Vale ressaltar que as cargas de sobrecarga de utilização 1 e 2 foram adotadas com a nomenclatura de SC1 e SC2 na modelagem. Para as ligações entre vigas e pilares foi considerado como sendo ligações rígidas onde existem a transferência de esforços axiais, cortantes e de momentos fletores. Para as ligações entre vigas e vigas e as vigas da escada com os pilares da mesma foram consideradas como flexíveis, onde existem a transferência apenas de esforços axiais e de cortante, apesar de existir uma pequena transferência de momento fletor, este é desconsiderado neste tipo de ligação.

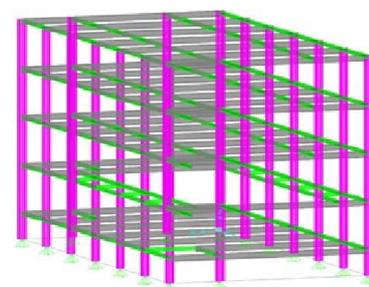
3.2.2 Modelagem da estrutura

Com as combinações das cargas e utilização do software SAP 2000, foi-se modelado a estrutura de aço respeitando, ao máximo, toda a arquitetura derivada do projeto de forma de concreto armado fornecido e fazendo as considerações de não calcular a escada de degraus, a caixa d'água e atribuir as lajes como sendo maciças ao invés de treliçada. A escada de rampa foi considerada como uma laje maciça inclinada. Por motivo de grandes proporções, a NBR 6118:2014 recomenda colocar juntas de dilatação na estrutura e, desta forma, o projeto de concreto armado já foi projetado sendo dividido em 5 blocos, analisados separadamente e interligados apenas pelas juntas de dilatação, não havendo resistência alguma em tratar toda a estrutura de forma separada.

Figura 2 – Fotografia do bloco CCTS com a indicação do bloco 5 (a) e da sua representação na modelagem no software SAP 2000 (b)



(a) Fotografia do bloco CCTS

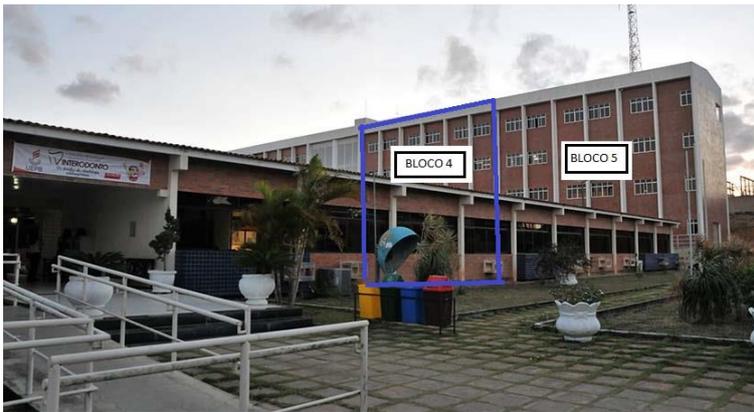


(b) Modelagem no software SAP 2000

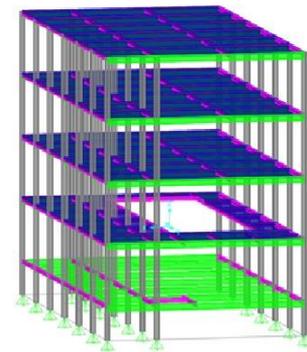
Fonte: Próprio autor (2018).

A figura 2 acima representa o bloco 5 na estrutura já construída e de sua modelagem neste trabalho. A figura 3, a seguir, representa o bloco 4 na estrutura já construída e de sua modelagem neste trabalho.

Figura 3 – Fotografia do bloco CCTS com a indicação do bloco 4 (a) e da sua representação na modelagem no software SAP 2000 (b)



(a) Fotografia do bloco CCTS



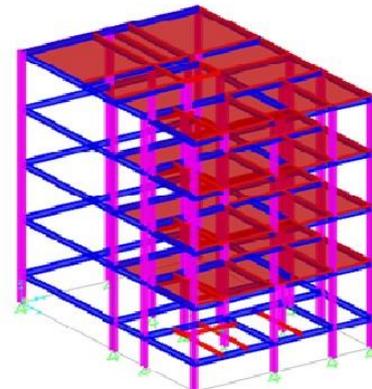
(b) Modelagem no software SAP 2000

Fonte: Próprio autor (2018).

Figura 4 – Fotografia do bloco CCTS com a indicação do bloco 3 (a) e da sua representação na modelagem no software SAP 2000 (b)



(a) Fotografia do bloco CCTS

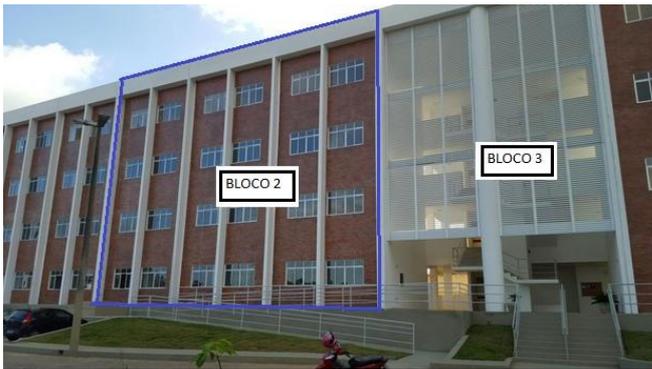


(b) Modelagem no software SAP 2000

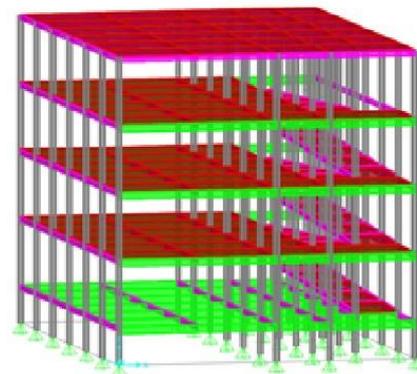
Fonte: Próprio autor (2018).

A figura 4 acima representa o bloco 3 na estrutura já construída e de sua modelagem neste trabalho. A figura 5, a seguir, representa o bloco 2 na estrutura já construída e de sua modelagem neste trabalho.

Figura 5 – Fotografia do bloco CCTS com a indicação do bloco 2 (a) e da sua representação na modelagem no software SAP 2000 (b)



(a) Fotografia do bloco CCTS



(b) Modelagem no software SAP 2000

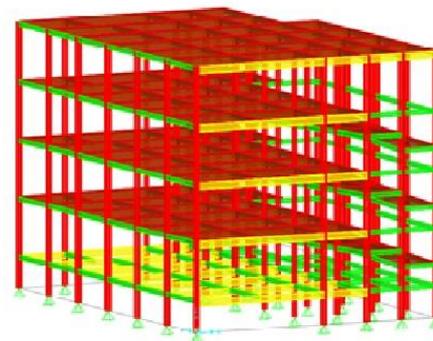
Fonte: Próprio autor (2018).

A figura 6, a seguir, representa o bloco 1 na estrutura já construída e de sua modelagem neste trabalho.

Figura 6 – Fotografia do bloco CCTS com a indicação do bloco 1 (a) e da sua representação na modelagem no software SAP 2000 (b)



(a) Fotografia do bloco CCTS



(b) Modelagem no software SAP 2000

Fonte: Próprio autor (2018).

Posteriormente, foram combinadas apenas as cargas de sentido gravitacional afim de se obter a combinação que gerasse os maiores esforços axiais (compressão dos pilares). Detectada esta combinação, foram calculadas as forças nocionais. Estas forças atribuem ao projeto os efeitos das imperfeições geométricas inerentes a todo e qualquer projeto. Este efeito deve ser considerado na etapa de projeto para que seja possível prever desaprumos na hora da montagem da própria estrutura.

Logo em seguida, foram combinadas todas as cargas dispostas no projeto (referentes as tabelas 3 e 4) mais as forças nocionais para que fosse possível determinar qual combinação solicitava mais a estrutura, de maneira simplificada, nos nós da base, ou seja, a combinação que gerava, de modo geral, os maiores esforços solicitantes.

Feito isto, detectada qual combinação era a mais crítica, foi convertida para que fosse possível a realização da análise de 2º ordem (ou análise P-Delta), ou seja, além de analisar o efeito global que a combinação causa na estrutura, verificar como ela mesma interfere na estabilidade de cada barra, localmente.

Posto para rodar esta combinação de grandeza de 2º ordem, foi comparado os deslocamentos dos nós da estrutura de maneira a verificar o quanto que ela se desloca a mais em relação a análise de 1º ordem, ou seja, comparar os deslocamentos dos esforços de 2º ordem sobre o de 1º ordem. Esta comparação torna capaz de classificar, de acordo com a NBR 8800, como em estruturas de baixa, média ou de grande deslocabilidade sendo possível através da comparação dos entre abaixo de 1,1, entre 1,1 e 1,3 e acima de 1,3, respectivamente.

3.2.3 Análise estrutural e coleta de esforços críticos

Com a modelagem efetuada, foi-se extraído os esforços solicitantes de tração, compressão, momento fletor, cortante e combinações de ações mais desfavoráveis para o dimensionamento do estado limite ultimo – ELU – de acordo com cada caso de ligação efetuada. Foram calculados os esforços resistentes, pautados na norma NBR:8880:2008. Em seguida foram comparados de acordo com a realização do cociente entre os esforços solicitantes provenientes da modelagem estrutural do software SAP 2000.

Com este cociente sendo menor do que 1 (um), garante que os esforços provenientes da estrutura são, por ela mesma, resistido sem alterar os estados limites de utilização e/ou de serviço. A seguir, exhibe os cocientes referentes a cada estado limite estudado para cada bloco.

Tabela 5 – Discriminação dos cocientes entre esforços solicitantes e resistentes para cada ELU estudado no bloco 1

Bloco - 1									
Elemento : Viga perfil W 250 x 17,9									
Tração	Compressão	FLA-X	FLT-X	FLM-X	Cortante- X	FLM-Y	FLA-Y	Cortante - Y	Comb. Esforços
0,1019	0,29241	0,3931	0,4016	0,3971	0,08106	0,2056	0,2505	0,014752	0,714
Elemento : Viga perfil W 410 x 60									
Tração	Compressão	FLA-X	FLT-X	FLM-X	Cortante- X	FLM-Y	FLA-Y	Cortante - Y	Comb. Esforços
0,1035	0,2178	0,3267	0,1953	0,3267	0,381	0,1069	0,0148	0,1699	0,378
Elemento : Pilar perfil W 250 x 80									
Tração	Compressão	FLA-X	FLT-X	FLM-X	Cortante- X	FLM-Y	FLA-Y	Cortante - Y	Comb. Esforços
0,2726	0,3158	0,2181	0,2181	0,2181	0,086	0,1349	0,1349	0,01776	0,468

Fonte: Próprio autor (2018).

A tabela 5 acima representa as verificações dos estados limites últimos de acordo com cada perfil para cada elemento proposto, todos referentes ao bloco 1. A tabela 6 a seguir, representa as verificações dos estados limites últimos de acordo com cada perfil para cada elemento proposto, todos referentes ao bloco 2.

Tabela 6 – Discriminação dos cocientes entre esforços solicitantes e resistentes para cada ELU estudado no bloco 2

Bloco - 2									
Elemento: Viga perfil W 250 X 17,9									
Tração	Compressão	FLA-X	FLT-X	FLM-X	Cortante- X	FLM-Y	FLA-Y	Cortante - Y	Comb. Esforços
0,044	0,322	0,3073	0,5063	0,3105	0,0485	0,1997	0,2433	0,01462	0,5265
Elemento: Pilar perfil W 250 X 80									
Tração	Compressão	FLA-X	FLT-X	FLM-X	Cortante- X	FLM-Y	FLA-Y	Cortante - Y	Comb. Esforços
0,276	0,322	0,2142	0,2142	0,2142	0,0861	0,0322	0,0322	0,0029	0,426
Elemento: Viga perfil W 410 X 60									
Tração	Compressão	FLA-X	FLT-X	FLM-X	Cortante- X	FLM-Y	FLA-Y	Cortante - Y	Comb. Esforços
0,0532	0,1139	0,326	0,1791	0,326	0,01235	0,0216	0,0343	0,00092	0,3446

Fonte: Próprio autor (2018).

A tabela 7 a seguir representa as verificações dos estados limites últimos de acordo com cada perfil para cada elemento proposto, todos referentes ao bloco 3.

Tabela 7 – Discriminação dos cocientes entre esforços solicitantes e resistentes para cada ELU estudado no bloco 3

Bloco - 3									
Elemento: Pilar perfil W 360 X 91									
Tração	Compressão	FLA-X	FLT-X	FLM-X	Cortante- X	FLM-Y	FLA-Y	Cortante - Y	Comb. Esforços
0,1575	0,1862	0,0907	0,0376	0,0907	0,0286	0,0814	0,1113	0,005	0,2081
Elemento: Viga perfil W 360 X 39									
Tração	Compressão	FLA-X	FLT-X	FLM-X	Cortante- X	FLM-Y	FLA-Y	Cortante - Y	Comb. Esforços
0,02954	0,1483	0,2369	0,4613	0,2369	0,0716	0,1102	0,1423	0,0079	0,5013
Elemento: Viga perfil W 200 X 15									
Tração	Compressão	FLA-X	FLT-X	FLM-X	Cortante- X	FLM-Y	FLA-Y	Cortante - Y	Comb. Esforços
0,0352	0,0566	0,3647	0,8955	0,3692	0,0904	0,0115	0,0214	0,0012	0,8955

Fonte: Próprio autor (2018).

A tabela 8 a seguir representa as verificações dos estados limites últimos de acordo com cada perfil para cada elemento proposto, todos referentes ao bloco 4.

Tabela 8 – Discriminação dos cocientes entre esforços solicitantes e resistentes para cada ELU estudado no bloco 4

Bloco - 4									
Elemento: Pilar perfil W 250 X 73									
Tração	Compressão	FLA-X	FLT-X	FLM-X	Cortante- X	FLM-Y	FLA-Y	Cortante - Y	Comb. Esforços
0,2637	0,3013	0,0254	0,0254	0,0254	0,10597	0,0491	0,0491	0,00262	0,4311
Elemento: Viga perfil W 360 X 39									
Tração	Compressão	FLA-X	FLT-X	FLM-X	Cortante- X	FLM-Y	FLA-Y	Cortante - Y	Comb. Esforços
0,132	0,1641	0,431	0,4206	0,431	0,1539	0,07	0,0904	0,0072	0,454
Elemento: Viga perfil W 200 X 15									
Tração	Compressão	FLA-X	FLT-X	FLM-X	Cortante- X	FLM-Y	FLA-Y	Cortante - Y	Comb. Esforços
0,072	0,2796	0,1741	0,167	0,1762	0,0668	0,176	0,3276	0,0165	0,474

Fonte: Próprio autor (2018).

A tabela 9 a seguir representa as verificações dos estados limites últimos de acordo com cada perfil para cada elemento proposto, todos referentes ao bloco 5.

Tabela 9 – Discriminação dos cocientes entre esforços solicitantes e resistentes para cada ELU estudado no bloco 5

Bloco - 5									
Elemento: Viga perfil W 250 X 17,9									
Tração	Compressão	FLA-X	FLT-X	FLM-X	Cortante- X	FLM-Y	FLA-Y	Cortante - Y	Comb. Esforços
0,0624	0,3037				0,0373			0,016	0,379
Elemento: Pilar perfil W 410 X 60									
Tração	Compressão	FLA-X	FLT-X	FLM-X	Cortante- X	FLM-Y	FLA-Y	Cortante - Y	Comb. Esforços
0,1572	0,5	0,4308	0,2884	0,4308	0,1711	0,1315	0,209	0,0123	0,4819
Elemento: Viga perfil W 250 X 80									
Tração	Compressão	FLA-X	FLT-X	FLM-X	Cortante- X	FLM-Y	FLA-Y	Cortante - Y	Comb. Esforços
0,1624	0,2016	0,3113	0,3113	0,3113	0,1379	0,1478	0,1971	0,0087	0,4184

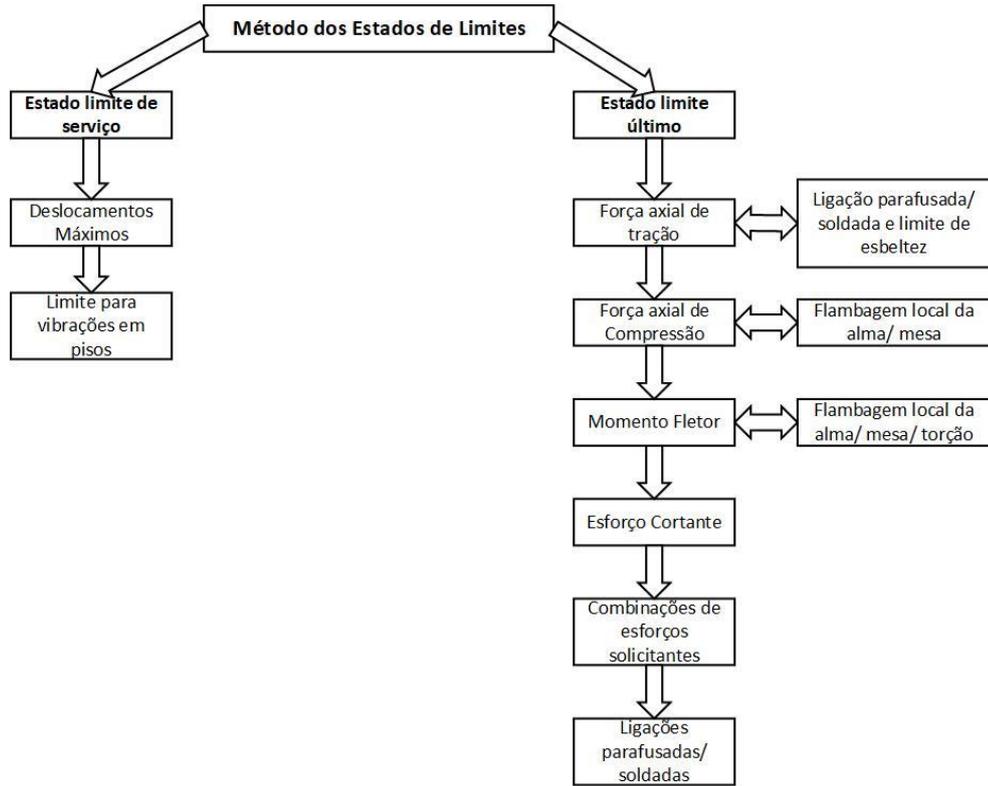
Fonte: Próprio autor (2018).

3.2.4 Concepção dos esforços resistentes – Análise de estado limite último e de serviço

De acordo com Fakury, Silva e Caldas (2016) o estado limite ultimo se relaciona com a segurança da estrutura, remetendo sempre a colapso total ou parcial, a falha de material, instabilidade dos elementos ou em conjunto ou ainda o movimento de corpo rígido. Já o estado limite de serviço remete à capacidade da estrutura de desempenhar, satisfatoriamente, as funções às quais foram projetadas interferindo a aparência, a funcionalidade da edificação, conforto dos seus ocupantes, funcionamento de equipamentos, patologias como rachaduras e trincas, danos em portas, janelas e entre outras esquadrias. O procedimento a ser adotado é exibido na Figura 3.

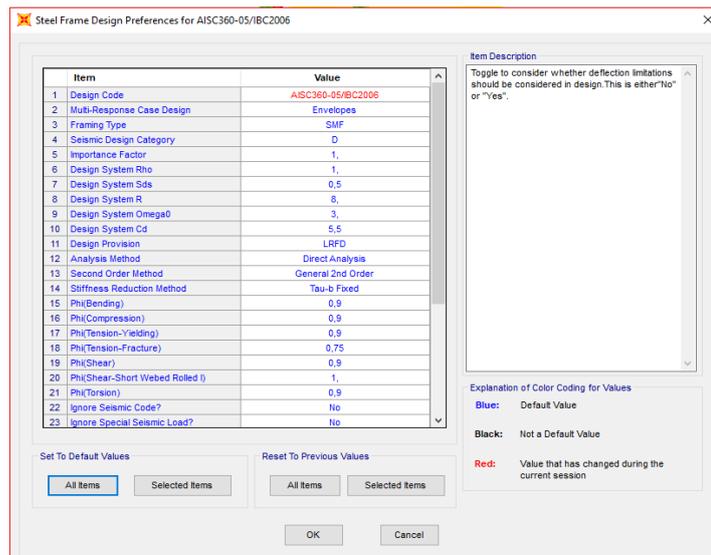
Com a abordagem no estado limite de serviço – ELS – foi realizado a atribuição de “AISC360-05/IBC2006”, por se tratar de uma norma norte-americana bastante semelhante a NBR:8800, na aba Design Code em Steel frame Design Preferences for AISC360/IBC2006, como é demonstrado na figura 4 a seguir. Após a realização do descrito, o software informou que todas as estruturas referentes aos 5 blocos estavam com uma margem considerável de segurança, dentro da norma.

Figura 7 – Descrição do método de estado de limites últimos e de serviço



Fonte: Próprio autor (2018).

Figura 8 – Modificações realizadas na modelagem para verificação da estrutura perante ELS



Fonte: Próprio autor (2018).

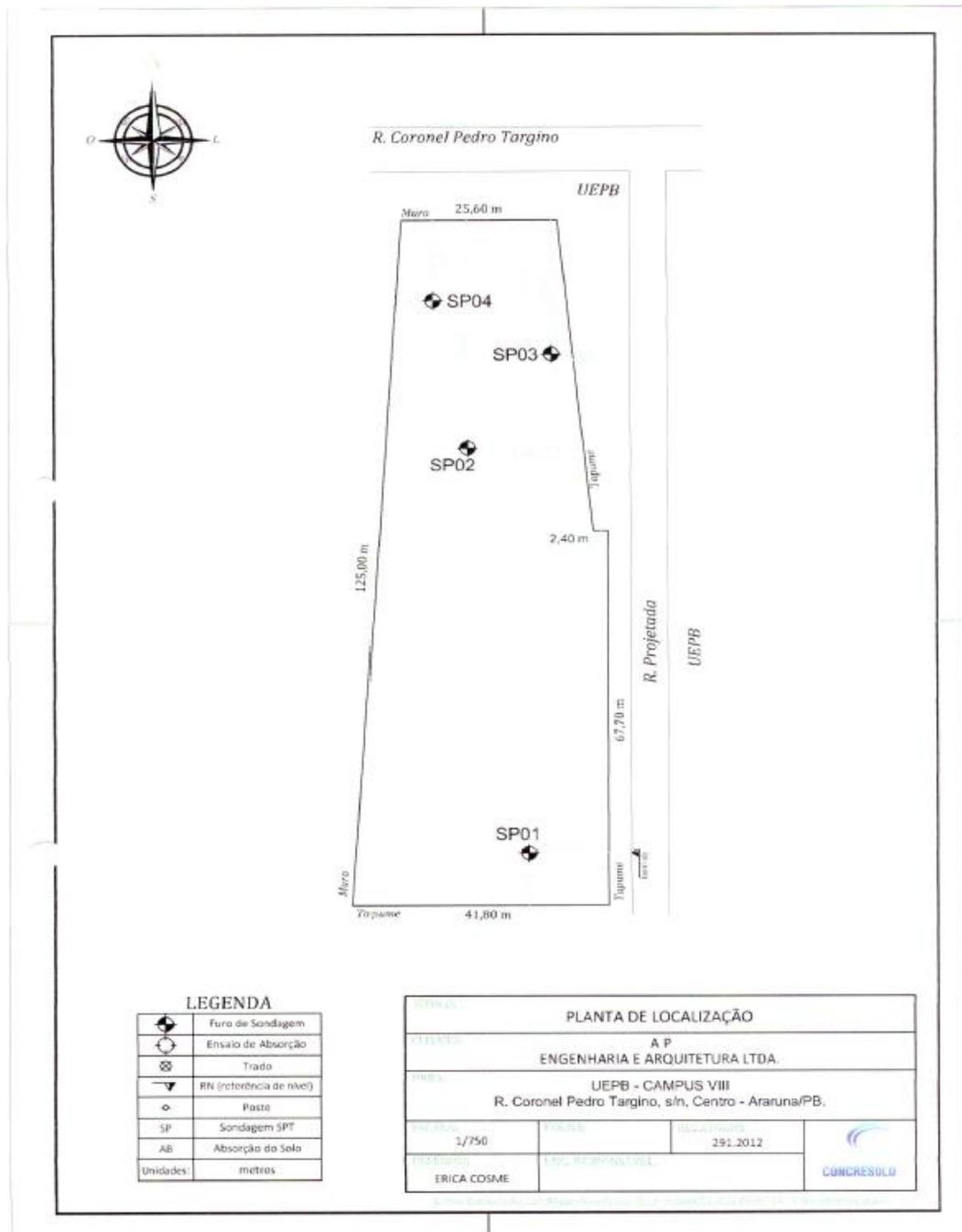
3.2.5 Dimensionamento dos perfis de aço adotados nos elementos estruturais vigas e pilares

No processo de dimensionamento foi realizado pautado no catálogo da GERDAL de perfis de aço comercializados onde foi escolhido os mesmos no sentido de menos para mais resistentes, colocados no modelo criado pelo software SAP 2000, gerado os esforços solicitantes, calculados os esforços resistentes para todas as ocasiões de estado limite e verificado se os esforços resistentes foram maiores que os solicitantes. Caso isto não ocorra, escolhe um perfil de aço imediatamente mais resistente, até encontrar o que satisfaça o requisito de ter esforços resistentes maiores, ou igual, ao solicitante.

4 FUNDAÇÕES

De acordo com o material disponibilizado, o autor teve acesso ao ensaio de sondagem SPT, realizado no início da obra. Foram realizados 4 ensaios e utilizados, para este trabalho, os resultados referentes ao pior ensaio coletado, isto é, os dados da perfuração que irá gerar o menor valor da tensão admissível do solo para fins de cálculo estrutural. A seguir, figura 9, exhibe o mapa de sondagem realizado previamente a obra ser executada.

Figura 9 – Mapa de execução de ensaios de sondagem SPT, realizados no campus de Araruna



Fonte: Próprio autor

De acordo com o procedimento de dimensionamento, todas as sapatas isoladas irão estar a uma profundidade inicial de 2 metros a baixo do nível do terreno (considerando o mesmo já nivelado). Considerando a profundidade do bulbo de pressão igual a 2B (duas vezes a menor dimensão da sapata) e, ainda, imaginando as patas, inicialmente, como tendo uma dimensão entre 1m a 1,5m, foi constatado que o ensaio de sondagem 01 (figura 10) revelou-se como sendo

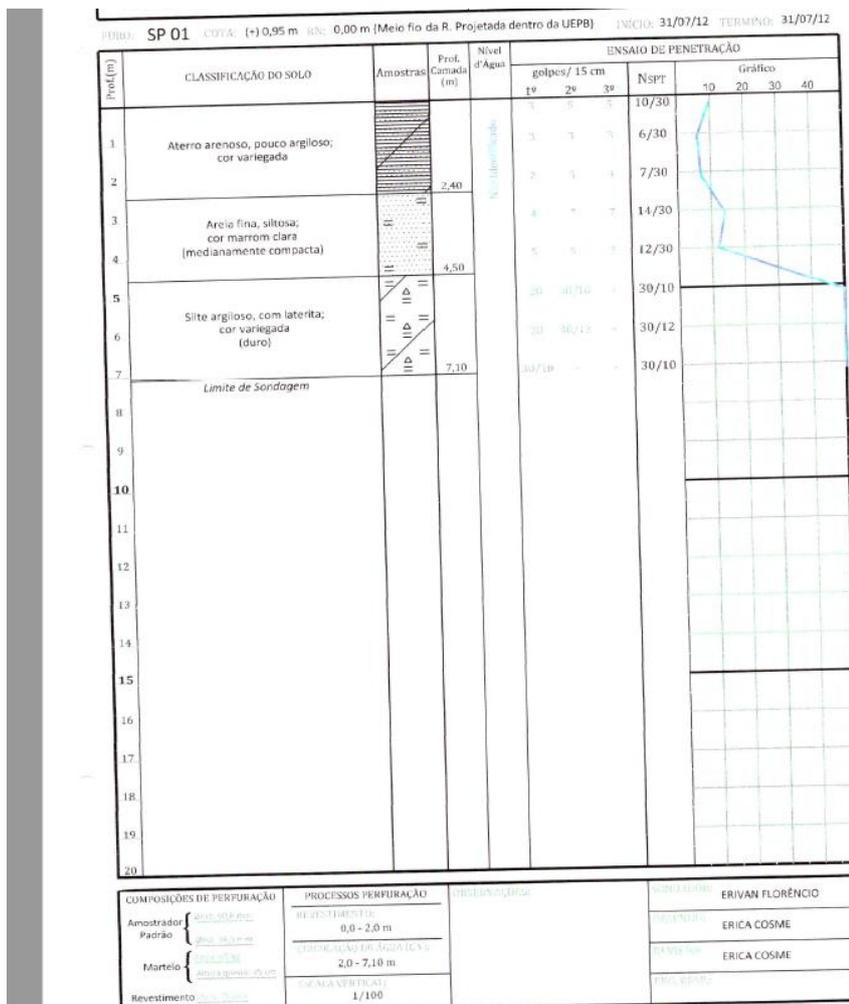
o pior ensaio. Neste sentido, foi feita a média dos números do Nspt referentes a camada 2m mais 2B (2 x 1,5m = 3m), proporcionando o valor de Nspt,médio igual á:

$$Nspt, \text{m\u00e9dio} = \frac{7 + 14 + 12}{3} = 11 \tag{1}$$

Tendo em vista a equação de Tensão admissível média mais implementada nos cálculos de fundação como sendo:

$$\sigma_{adm} = \frac{Nspt, \text{m\u00e9dio}}{500} \left[\frac{kN}{cm^2} \right] \tag{2}$$

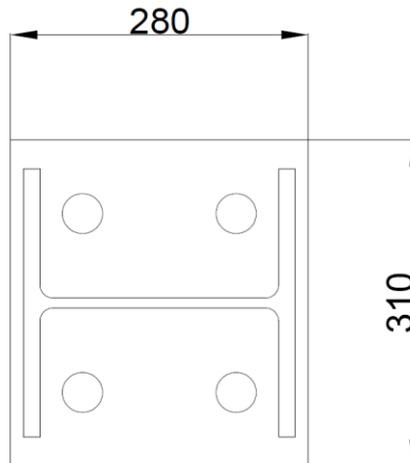
Figura 10 – Relatório do ensaio de sondagem 01, referente aos piores valores de tensão admissível do solo



Fonte: Próprio autor (2018)

Os valores de a_1 e b_1 , provenientes das figuras 11 e 12 que representa a base dos pilares chumbados na sapata.

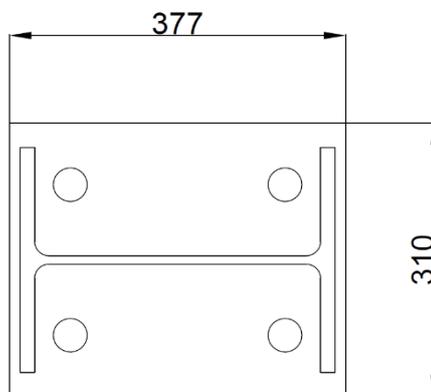
Figura 11 – Base dos pilares referentes aos blocos 01, 02, 04 e 05, dimensões em milímetros



Fonte: Próprio autor (2018)

De acordo com a figura 11 (acima), temos que as dimensões a_1 e b_1 para a base do pilar que será concretada na sapata como sendo de 28cm e 31 cm, respectivamente. De acordo com a figura 12 (a seguir), temos as dimensões a_1 e b_1 para a base do pilar que será concretada na sapata como sendo de 37,7 cm e 31 cm, respectivamente. Vale expor que apesar do perfil dos pilares do bloco 4 serem, ligeiramente, diferente será considerado com os mesmos valores de a_1 e b_1 referente aos blocos 1, 2 e 5.

Figura 12 –Base dos pilares referente ao bloco 3, dimensões em milímetros



Fonte: Próprio autor (2018)

Com os valores das equações (1) e (2) aliados com os valores a_1 e b_1 de todas as bases dos pilares dos 5 blocos foi possível medir a quantidade de concreto utilizado para cada sapata referente por bloco e exibido na tabela 10 a seguir.

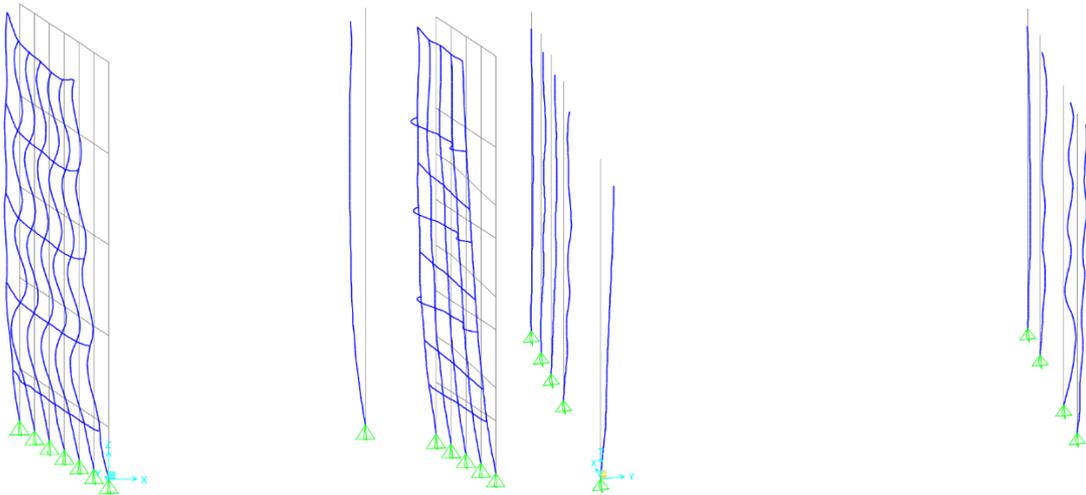
Tabela 10 – Determinação do total de volume de concreto utilizado nas sapatas isoladas de cada bloco e, ao total, da obra

Fonte: Próprio autor (2018)

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Seguindo o descrito no tópico 3.3.3, a classificação dos blocos segundo a sua deslocabilidade será exibida a seguir. Para o bloco 1, a figura 13 exibe a deformação do eixo x e do eixo y, respectivamente, da combinação mais crítica em termos de deslocabilidade.

Figura 13 – Deformações em relação ao eixo x (a) e ao eixo y (b)



(a) Modelagem em relação ao eixo X

(b) Modelagem em relação ao eixo Y

Fonte: Próprio autor (2018).

A tabela 11 a seguir exibe o cociente entre as deformações de 2º ordem com a de 1º ordem, gerando valores abaixo de 1,1 e classificando o bloco como estrutura de baixa

Bloco 01		Bloco 02		Bloco 03		Bloco 04		Bloco 05	
Nó	Vol - [m³]	Nó	Vol - [m³]	Nó	Vol - [m³]	Nó	Vol - [m³]	Nó	Vol - [m³]
2	0,46334459	2	0,155891	2	0,146111	2	0,150553	2	0,18321232
4	0,40692086	4	0,203429	4	0,543125	4	0,659634	4	0,74388666
6	0,44965449	6	0,666643	6	0,372676	6	0,475382	6	0,7786163
8	0,19664054	8	0,479745	8	0,129329	8	0,312309	8	0,75803855
10	0,8595201	10	0,277106	10	0,359281	10	1,106785	10	0,76322512
12	0,43867252	12	0,386631	12	0,380713	12	0,7262	12	0,66754023
14	0,62475395	14	1,241063	14	0,62933	14	0,319272	14	0,28020137
16	0,23857402	16	0,827671	16	0,637782	16	1,180549	16	0,17637473
18	1,34237835	18	0,248631	18	0,357752	18	0,75869	18	0,7313709
20	0,90945668	20	0,384279	20	0,677477	20	0,323444	20	0,75894541
22	0,34966805	22	1,481755	22	0,047986	22	1,066048	22	0,73085198
24	0,56922882	24	1,009035	24	0,049018	24	0,662971	24	0,73266151
26	0,94784343	26	0,24899	26	0,081167	26	0,321776	26	0,59289041
28	0,22707451	28	0,390401	28	0,079594	28	1,17441	28	0,23831058
30	0,32751953	30	1,316362	30	0,102666	30	0,750994	30	0,33493977
32	0,40788726	32	0,875624	32	0,567555	32	0,631393	32	0,39088139
34	1,36476137	34	0,248872	34	0,144465	34	0,995746	34	0,35299095
36	0,92733037	36	0,382911			36	0,314662		
38	0,82312475	38	1,476644			38	0,150155		
40	0,21012763	40	1,006955			40	0,595842		
42	0,32130257	42	0,239063			42	0,423731		
44	0,37873494	44	0,37063						
46	1,22919164	46	1,193994						
48	0,10920052	48	0,797496						
50	0,16229035	50	0,131213						
52	0,18807985	52	0,17484						
54	0,6590904	54	0,631354						
56	0,48898557	56	0,458856						
58	1,44441595	58	0,210177						
60	1,16719758	60	0,327244						
290	0,31824863	62	0,327424						
		64	0,329609						
		66	0,31484						
		68	0,136216						
total	18,5512198	total	18,95159	total	5,306027	total	13,10055	total	9,21493818
total - [m³]									65,1243252

deslocabilidade.

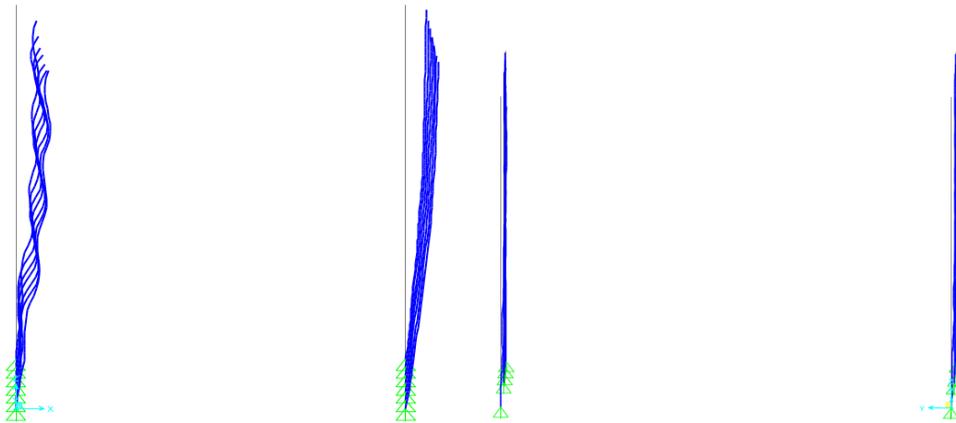
Tabela 11 – Determinação do total de volume de concreto utilizado nas sapatas isoladas de cada bloco e, ao total, da obra

Bloco 1	
Eixo de deformação	Cociente entre deformações de 2º/1º
Eixo X	1,063291
Eixo Y	1,059839

Fonte: Próprio autor (2018)

Para o bloco 2, a figura 14 exibe a deformação do eixo x e do eixo y, respectivamente, da combinação mais crítica em termos de deslocabilidade.

Figura 14 – Deformações em relação ao eixo x (a) e ao eixo y (b)



(a) Modelagem em relação ao eixo X

(b) Modelagem em relação ao eixo Y

Fonte: Próprio autor (2018).

A tabela 12 a seguir exibe o cociente entre as deformações de 2º ordem com a de 1º ordem, gerando valores abaixo de 1,1 e classificando o bloco como estrutura de baixa deslocabilidade.

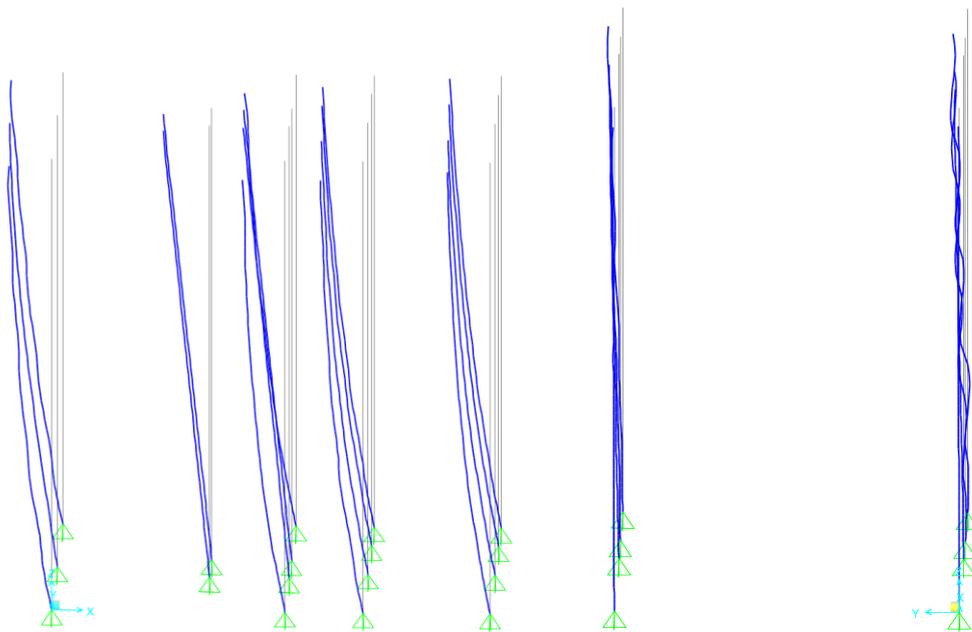
Tabela 12 – Determinação do total de volume de concreto utilizado nas sapatas isoladas de cada bloco e, ao total, da obra

Bloco 2	
Eixo de deformação	Cociente entre deformações de 2º/1º
Eixo X	1,051908
Eixo Y	1,047026

Fonte: Próprio autor (2018)

Para o bloco 3, a figura 15 exibe a deformação do eixo x e do eixo y, respectivamente, da combinação mais crítica em termos de deslocabilidade.

Figura 15 – Deformações em relação ao eixo x (a) e ao eixo y (b)



(a) Modelagem em relação ao eixo X

(b) Modelagem em relação ao eixo Y

Fonte: Próprio autor (2018).

A tabela 13 a seguir exibe o cociente entre as deformações de 2º ordem com a de 1º ordem, gerando valores abaixo de 1,1 e classificando o bloco como estrutura de baixa deslocabilidade.

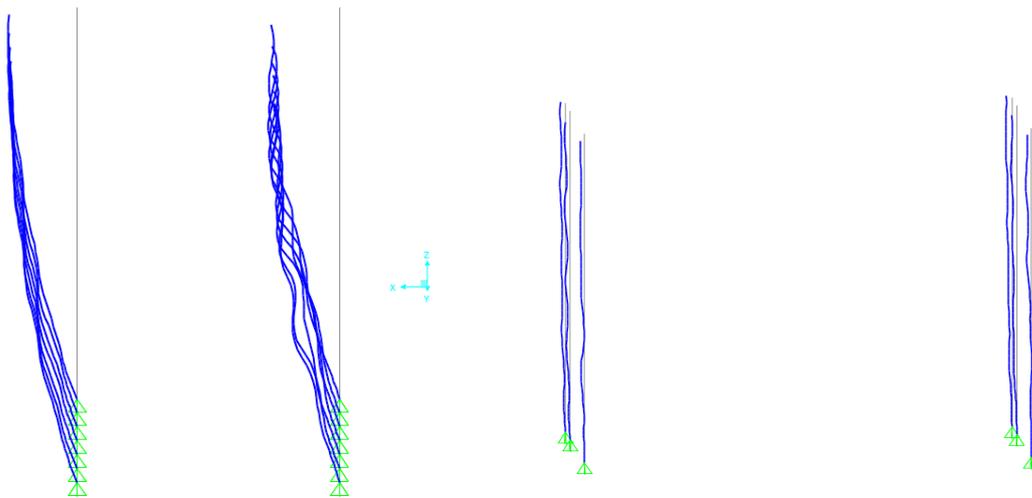
Tabela 13 – Determinação do total de volume de concreto utilizado nas sapatas isoladas de cada bloco e, ao total, da obra

Bloco 3	
Eixo de deformação	Cociente entre deformações de 2º/1º
Eixo X	1,046088
Eixo Y	1,046088

Fonte: Próprio autor (2018)

Para o bloco 4, a figura 16 exhibe a deformação do eixo x e do eixo y, respectivamente, da combinação mais crítica em termos de deslocabilidade.

Figura 16 – Deformações em relação ao eixo x (a) e ao eixo y (b)



(a) Modelagem em relação ao eixo X

(b) Modelagem em relação ao eixo Y

Fonte: Próprio autor (2018).

A tabela 14 a seguir exhibe o cociente entre as deformações de 2º ordem com a de 1º ordem, gerando valores abaixo de 1,1 e classificando o bloco como estrutura de baixa deslocabilidade.

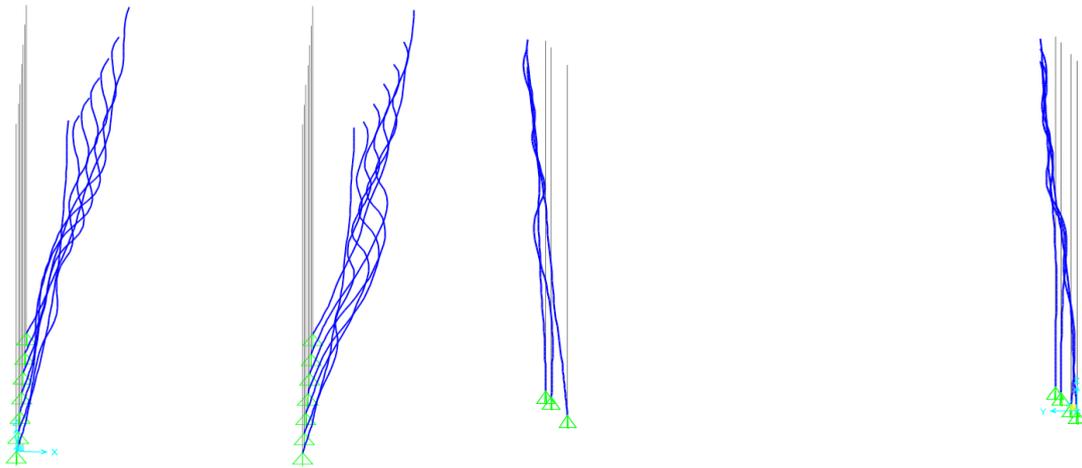
Tabela 14 – Determinação do total de volume de concreto utilizado nas sapatas isoladas de cada bloco e, ao total, da obra

Bloco 4	
Eixo de deformação	Cociente entre deformações de 2º/1º
Eixo X	1,075874
Eixo Y	1,090587

Fonte: Próprio autor (2018)

Para o bloco 5, a figura 17 exibe a deformação do eixo x e do eixo y, respectivamente, da combinação mais crítica em termos de deslocabilidade.

Figura 17 – Deformações em relação ao eixo x (a) e ao eixo y (b)



(a) Modelagem em relação ao eixo X

(b) Modelagem em relação ao eixo Y

Fonte: Próprio autor (2018).

A tabela 15 a seguir exibe o cociente entre as deformações de 2º ordem com a de 1º ordem, gerando valores abaixo de 1,1 e classificando o bloco como estrutura de baixa deslocabilidade.

Tabela 15 – Determinação do total de volume de concreto utilizado nas sapatas isoladas de cada bloco e, ao total, da obra

Bloco 5	
Eixo de deformação	Cociente entre deformações de 2º/1º
Eixo X	1,056467
Eixo Y	1,090909

Fonte: Próprio autor (2018)

De acordo com a tabela 11, demonstra o orçamento médio proposto, no mês de novembro de 2018, para de 2 (dois) fornecedores na região da Paraíba em relação ao volume de concreto.

Tabela 11 – Descrição orçamentária de fornecedores de concreto armado na região da Paraíba

Fornecedores de Concreto – Novembro/2018			
Fornecedor - 1		Fornecedor - 2	
1 m³ de concreto fck 30 mpa	Reais	1 m³ de concreto fck 30 mpa	Reais
	350		424,5

Fonte: Próprio autor (2018)

De acordo com a tabela 12, demonstra o orçamento médio proposto, no mês de novembro de 2018, para de 3 (três) fornecedores na região da Paraíba em relação ao total de ferragens utilizadas.

Tabela 12 – Descrição orçamentária de fornecedores de ferragens na região da Paraíba

Fornecedores de Ferragens – Novembro/2018					
Fornecedor - 1		Fornecedor - 2		Fornecedor - 3	
Produto	Reais/k g	Produto	Reais/k g	Produto	Reais/kg
CA - 50 - 6,3 mm	6,3	CA - 50 - 6,3 mm	6,45	CA - 50 - 6,3 mm	6,5
CA - 50 - 8 mm	6,9	CA - 50 - 8 mm	7	CA - 50 - 8 mm	6,94
CA - 50 - 10 mm	7,1	CA - 50 - 10 mm	7,15	CA - 50 - 10 mm	7,13
CA - 50 - 12,5 mm	7,8	CA - 50 - 12,5 mm	7,7	CA - 50 - 12,5 mm	7,85
CA - 50 - 16 mm	6,4	CA - 50 - 16 mm	6,3	CA - 50 - 16 mm	6,25
CA - 60 - 5 mm	7,3	CA - 60 - 5 mm	7,6	CA - 60 - 5 mm	7,5

Fonte: Próprio autor (2018)

De acordo com a tabela 13, demonstra o orçamento médio proposto, no mês de dezembro de 2018, para de 3 (três) fornecedores, sendo 2 (dois) na região da Paraíba e 1 (um) na região do Rio Grande do Norte, em relação ao total de elementos metálicos utilizadas.

Tabela 13 – Descrição orçamentária de fornecedores de ferragens na região da Paraíba

Fornecedores dos Componentes Metálicos – Dezembro/2018					
Fornecedor - 1 (PB)		Fornecedor - 2 (PB)		Fornecedor - 3 (RN)	
Produto	Reais / 6m	Produto	Reais / 6m	Produto	Reais / 6m
L 90 x8	270	L 90 x8	285	L 90 x8	240
W 200 x 15	760	W 200 x 15	780	W 200 x 15	700
W 250 x 17,9	925	W 250 x 17,9	950	W 250 x 17,9	825
W 250 x 73	3880	W 250 x 73	3950	W 250 x 73	3820
W 250 x 80	4200	W 250 x 80	4150	W 250 x 80	4020
W 360 x 39	1134	W 360 x 39	1100	W 360 x 39	1083
W 360 x 91	4625	W 360 x 91	4650	W 360 x 91	4570
W 410 x 60	3150	W 410 x 60	3200	W 410 x 60	3030
Produto	Reais / 100 unidades	Produto	Reais / 100 unidades	Produto	Reais / 100 unidades
Parafuso ASTM A325 - 19 mm	265	Parafuso ASTM A325 - 19 mm	250	Parafuso ASTM A325 - 19 mm	245
Porcas - 19 mm	38	Porcas - 19 mm	35	Porcas - 19 mm	35
Arruelas - 19 mm	30	Arruelas - 19 mm	30	Arruelas - 19 mm	28,5
Produto	Reais / kg	Produto	Reais / kg	Produto	Reais / kg
Eletro E70XX	18,9	Eletro E70XX	18	Eletro E70XX	18,5
Produto	Reais / m²	Produto	Reais / m²	Produto	Reais / m²
Chapa 12,5 mm	680	Chapa 12,5 mm	650	Chapa 12,5 mm	585
Chapa 19 mm	1150	Chapa 19 mm	1050	Chapa 19 mm	910

Fonte: Próprio autor (2018)

Vale ressaltar que foram contactados 2 fornecedores de forma para cotação e ambos deram valores bem semelhantes, a critério de trabalho será imposto o valor de R\$ 120,00 por uma chapa plastificada de 2,2m x 1,6m, adicionar 10% sobre este valor afim de contabilizar pregos, barrotes e outros componentes essenciais na hora de colocar a forma na estrutura, e considerar a reutilização em 5 vezes gerando um valor de R\$ 7,50 por m². A tabela 14 a seguir

exibe os quantitativos de perfis metálicos utilizados na elaboração do projeto de aço deste trabalho.

Tabela 14 – Quantitativos de perfis metálicos

Bloco - 1		Bloco - 2		Bloco - 3		Bloco - 4		Bloco - 5	
Perfis Metálicos - [m]		Perfis Metálicos - [m]		Perfis Metálicos - [m]		Perfis Metálicos - [m]		Perfis Metálicos - [m]	
L 90 x8	44,54	L 90 x8	38,75	L 90 x8	27,4	L 90 x8	32,45	L 90 x8	27,4
W 200 x 15	-	W 200 x 15	-	W 200 x 15	45,2	W 200 x 15	-	W 200 x 15	-
W 250 x 17,9	735,41	W 250 x 17,9	950,25	W 250 x 17,9	-	W 250 x 17,9	87,4	W 250 x 17,9	396
W 250 x 73	-	W 250 x 73	-	W 250 x 73	-	W 250 x 73	336	W 250 x 73	-
W 250 x 80	496	W 250 x 80	496	W 250 x 80	-	W 250 x 80	-	W 250 x 80	-
W 360 x 39	-	W 360 x 39	-	W 360 x 39	364,2	W 360 x 39	327,05	W 360 x 39	-
W 360 x 91	-	W 360 x 91	-	W 360 x 91	272	W 360 x 91	-	W 360 x 91	272
W 410 x 60	402,775	W 410 x 60	364,2	W 410 x 60	-	W 410 x 60	-	W 410 x 60	263,75

Fonte: Próprio autor (2018)

A tabela 15 a seguir exibe os quantitativos de parafusos e seus componentes como arruelas e porcas utilizados na elaboração do projeto de aço deste trabalho.

Tabela 15 – Quantitativos de parafusos e seus componentes

Bloco - 1		Bloco - 2		Bloco - 3		Bloco - 4		Bloco - 5	
Parafusos e Componentes - [Und]		Parafusos e Componentes - [Und]		Parafusos e Componentes - [Und]		Parafusos e Componentes - [Und]		Parafusos e Componentes - [Und]	
Parafuso ASTM A325 - 19 mm	1894	Parafuso ASTM A325 - 19 mm	1486	Parafuso ASTM A325 - 19 mm	654	Parafuso ASTM A325 - 19 mm	1246	Parafuso ASTM A325 - 19 mm	1086
Porcas - 19 mm	1894	Porcas - 19 mm	1486	Porcas - 19 mm	654	Porcas - 19 mm	1246	Porcas - 19 mm	1086
Arruelas - 19 mm	1894	Arruelas - 19 mm	1486	Arruelas - 19 mm	654	Arruelas - 19 mm	1246	Arruelas - 19 mm	1086

Fonte: Próprio autor (2018)

A tabela 16 a seguir exibe os quantitativos do componente de solda eletrodo E70XX utilizados na elaboração do projeto de aço deste trabalho.

Tabela 16 – Quantitativos de parafusos e seus componentes

Bloco - 1	Bloco - 2	Bloco - 3	Bloco - 4	Bloco - 5
Elemento de Solda - [kg]				
Eletro E70XX 35	Eletro E70XX 45	Eletro E70XX 15,5	Eletro E70XX 28,5	Eletro E70XX 24

Fonte: Próprio autor (2018)

A tabela 17 a seguir exibe os quantitativos das chapas utilizadas na elaboração do projeto de aço deste trabalho.

Tabela 17 – Quantitativos de parafusos e seus componentes

Bloco - 1	Bloco - 2	Bloco - 3	Bloco - 4	Bloco - 5
Chapas Metálicas - [m ²]				
Chapa - 12,5 mm 9,1	Chapa - 12,5 mm 8,44	Chapa - 12,5 mm 2,98	Chapa - 12,5 mm 7,87	Chapa - 12,5 mm 7,38
Chapa - 19 mm 18,766	Chapa - 19 mm 14,25	Chapa - 19 mm 6,48	Chapa - 19 mm 14,42	Chapa - 19 mm 10,68

Fonte: Próprio autor (2018)

A tabela 18 a seguir exibe os quantitativos totais de todos os componentes do projeto de concreto armado. Vale ressaltar que não foi dividido em blocos, apenas mostrado o quantitativo total da estrutura.

Tabela 18 – Quantitativos totais do projeto de concreto

Estrutura de Concreto			
Superestrutura		Infraestrutura	
CA - 50 - 6,3 mm [kg]	1952,8	CA - 50 - 6,3 mm [kg]	68,7
CA - 50 - 8 mm [kg]	4738,8	CA - 50 - 8 mm [kg]	226,5
CA - 50 - 10 mm [kg]	9070,2	CA - 50 - 10 mm [kg]	1491,2
CA - 50 - 12,5 mm [kg]	4216	CA - 50 - 12,5 mm [kg]	1738,7
CA - 50 - 16 mm [kg]	9288,7	CA - 50 - 16 mm [kg]	6366,9
CA - 60 - 5 mm [kg]	8852,2	CA - 60 - 5 mm [kg]	480,5
Concreto - [m ³]	389,38	Concreto - [m ³]	138,19
Forma - [m ²]	4792,99	Forma - [m ²]	474,35

Fonte: Próprio autor (2018)

A tabela 19 a seguir exhibe os quantitativos totais de todos os componentes do projeto de aço.

Tabela 19 – Quantitativos de elementos metálicos totais do projeto de aço

Superestrutura							
Perfis Metálicos - [m]		Parafusos - [Und]		Elemento de Solda - [kg]		Chapas Metálicas - [m²]	
L 90 x8	170,54	Parafuso ASTM	6526	Eletro E70XX	148	Chapa - 12,5 mm	35,77
W 200 x 15	45,2	A325 - 19 mm				Chapa - 19 mm	64,596
W 250 x 17,9	2169,06	Porcas - 19 mm	6526				
W 250 x 73	336	Arruelas - 19 mm	6526				
W 250 x 80	992						
W 360 x 39	691,25						
W 360 x 91	544						
W 410 x 60	1030,725						
Infraestrutura							
Concreto - [m³]					65,1243252		

Fonte: Próprio autor (2018)

Como foram pesquisados 2 (dois) fornecedores de concreto, 3 (três) fornecedores de ferragens e 3 (três) fornecedores de elementos estruturais metálicos, ao todo, temos 6 possibilidades de custo dos quantitativos de materiais para o projeto de concreto e 6 combinações de custo dos quantitativos de materiais para o projeto de aço. Sendo assim, será exposto todas as combinações possíveis de custo na tabela 20 a seguir. Como os quantitativos de cada combinação não mudam, será verificado qual bloco do projeto de aço se tornou mais caro e o mais barato, detalhando os custos das suas respectivas superestruturas e infraestruturas.

Tabela 20 – Custos referentes aos materiais necessários para os projetos de concreto armado e de aço

Combinação	Fornecedor de Concreto	Fornecedor de Ferragem	Projeto de concreto armado		Fornecedor dos componentes metálicos	Projeto de Aço	
			Infraestrutura	Superestrutura		Infraestrutura	Superestrutura
1	1	1	R\$122.136,025	R\$438.582,725	1	R\$26.351,135	R\$2.473.725,00
2	1	2	R\$122.136,025	R\$441.108,225	2	R\$26.351,135	R\$2.477.080,00
3	1	3	R\$122.136,025	R\$440.022,925	3	R\$26.351,135	R\$2.351.116,00
4	2	1	R\$132.431,125	R\$467.591,525	1	R\$31.202,905	R\$2.473.725,00
5	2	2	R\$132.431,125	R\$470.117,025	2	R\$31.202,905	R\$2.477.080,00
6	2	3	R\$132.431,125	R\$441.821,125	3	R\$31.202,905	R\$2.351.116,00

Fonte: Próprio autor (2018)

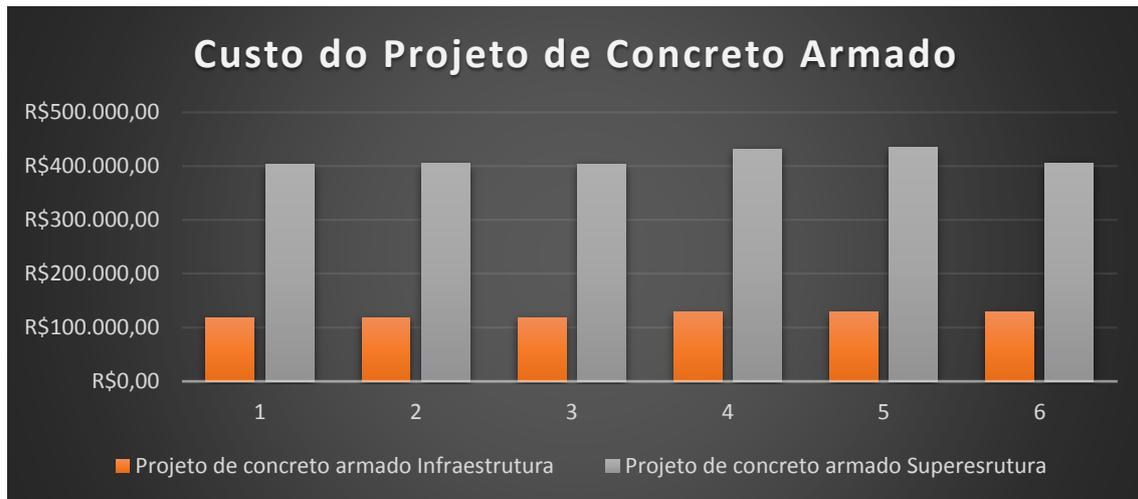
De acordo com a tabela 20, temos para o projeto de concreto armado o custo máximo de R\$ 602.548,15 e o custo mínimo de R\$ 560.718,75. Apresenta uma variação de custo de R\$ 41.829,40. Adotando do menor custo, a variação de custo total chega a ser 7,459%, a variação do custo de superestrutura e infraestrutura chega a ser de R\$ 316.446,70 ou 56,435 % do custo total da obra.

O custo de forma total foi de R\$ 39.505,05, cerca de 7,045%, ou seja, apenas em escolher melhor os fornecedores já estariam evitando de se gastar a quantia necessária para comprar todas as formas do projeto.

Como a superestrutura são 5 pavimentos (térreo, 1º andar, 2º andar, 3º andar e forro), o custo médio por andar chega a ser R\$ 87.716,545, cerca de 15,643% do menor custo total de projeto.

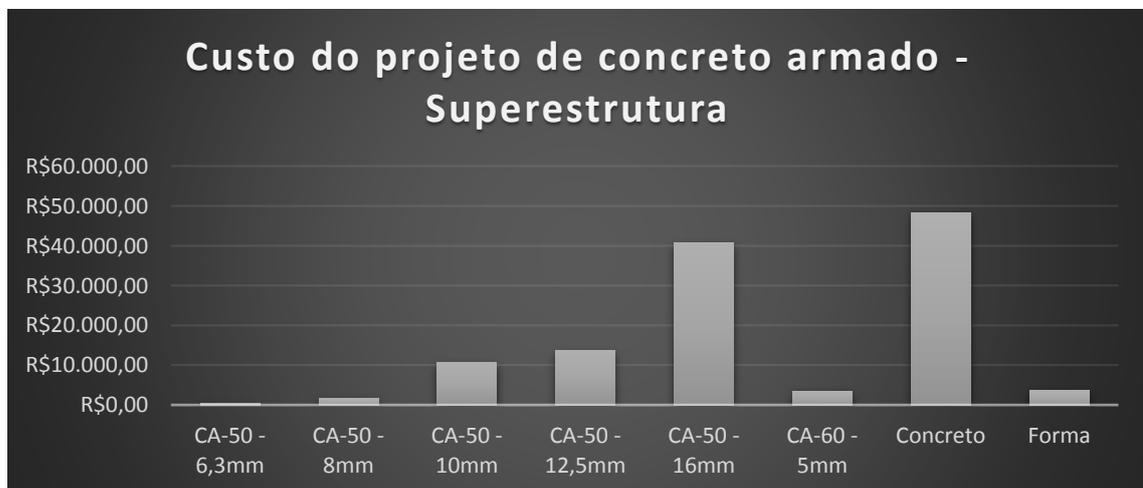
Já a infraestrutura possui o custo de R\$ 122.136,025, cerca de 21,78% do menor custo total de projeto, esta etapa da obra é a que apresenta o maior custo final, superando em 139,239% do custo médio por andar, tornando uma escolha de sistema estrutural onde se deve controlar e avaliar bem a fundação para evitar maiores custos indesejáveis.

Para critérios visuais, a figura 18 a seguir relata os custos do projeto de concreto armado para todas as 6 combinações, evidenciando as partes de infraestrutura e superestrutura.

Figura 18 – Custos do projeto de concreto armado por combinação

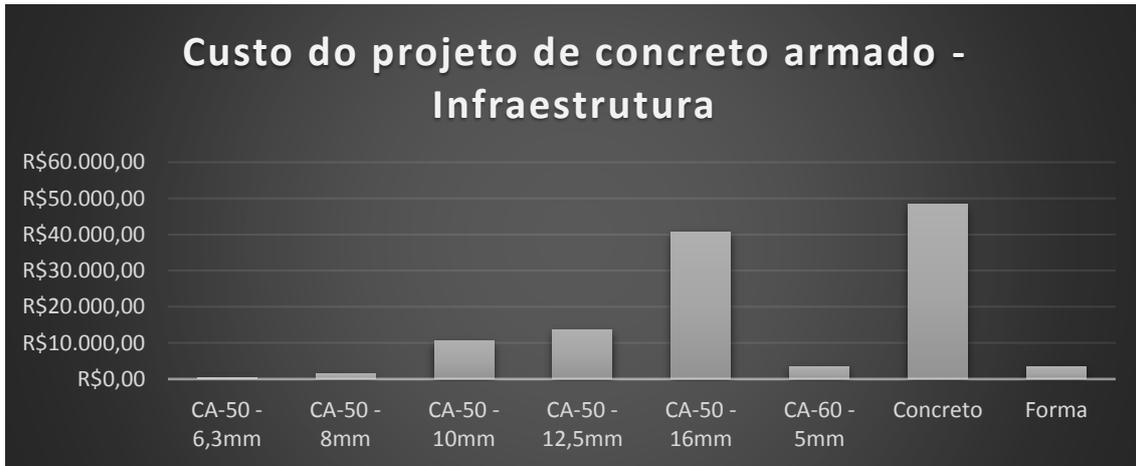
Fonte: Próprio autor (2018).

Em termos de elementos, como está exibido na figura 19, no projeto de concreto armado na parte de superestrutura os 3 quantitativos mais caros são o concreto, aço CA60 – 5mm e o aço CA50 – 10mm, já o elemento mais barato é o aço CA50 - 6,3 mm.

Figura 19 – Custos do projeto de concreto armado – Superestrutura

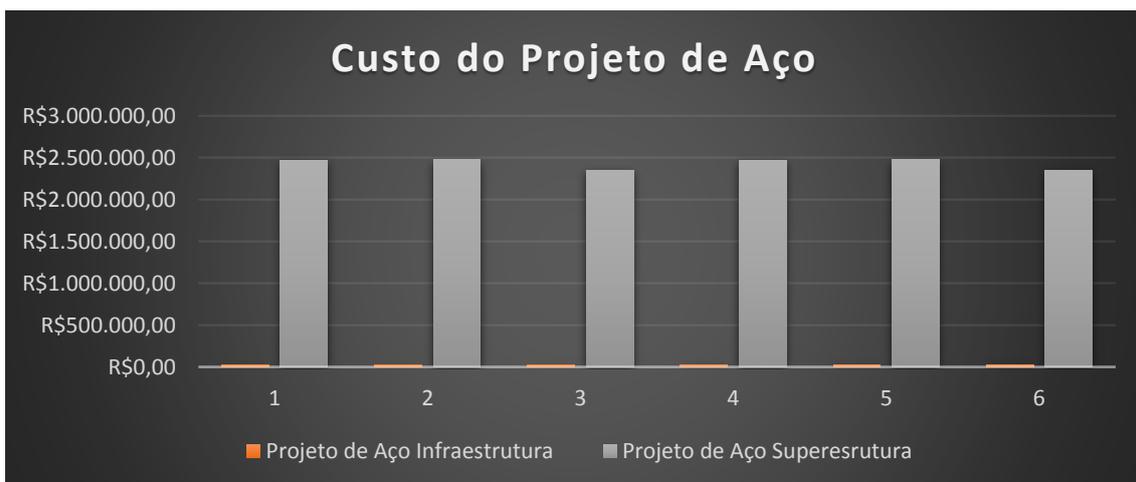
Fonte: Próprio autor (2018)

Na figura 20, no projeto de concreto armado na parte de infraestrutura os 3 quantitativos mais caros são o concreto, aço CA50 – 16mm e o aço CA50 – 12,5mm, já o elemento mais barato é o aço CA50 - 6,3 mm.

Figura 20 – Custos do projeto de concreto armado – Infraestrutura

Fonte: Próprio autor (2018)

Para o projeto de aço o custo máximo é de R\$ 2.508.282,905 reais e o custo mínimo é de R\$ 2.377.467,135 reais. Apresenta uma variação de custo de R\$ 130.815,77 reais. Adotando o menor custo, a variação de preço chega a ser 5,5%, a variação do custo de superestrutura e infraestrutura chega a ser de R\$ 2.346.264,23 ou 98,68% do custo total da obra. Para critérios visuais, a figura 21 a seguir relata os custos do projeto de aço para todas as 6 combinações, evidenciando as partes de infraestrutura e superestrutura.

Figura 21 – Custos do projeto de aço por combinação

Fonte: Próprio autor (2018)

Na superestrutura, o custo médio por andar é de R\$ 470,223,2, cerca de 19,778% do menor custo total de projeto. Como a obra contempla 5 pavimentos mais fundação, o custo total de matéria se concentra quase que inteiramente na superestrutura, tornando uma escolha de sistema estrutural bastante significativa em termos de superestrutura e quase que desprezível em termos de fundações que possui o custo de R\$ 26.351,135 ou cerca de 1,1% do menor custo total de projeto. Assim como o custo da fundação, o custo de formas para a mesma se torna desprezível. A seguir, tabela 21, representa o custo total por bloco no projeto de aço.

Tabela 21 – Custos totais referentes ao projeto de aço respectivo de cada bloco

Bloco	Infraestrutura	Superestrutura
1	R\$7458,9	R\$667.512,90
2	R\$7631,4	R\$671.770,10
3	R\$2136,7	R\$289.226,30
4	R\$5276,77	R\$308.366,50
5	R\$3711,05	R\$413.744,40

Fonte: Próprio autor (2018)

De acordo com os dados da tabela 21, acima, temos o bloco 2 como sendo o mais caro, cerca de R\$ 679.401,5 ou 28,57% do menor custo total de projeto e temos o bloco 3 como sendo o mais barato, cerca de R\$ 291.363,00 ou 12,25% do menor custo total de projeto.

Em termos de elementos, como está exibido na figura 22, no projeto de aço na parte de superestrutura os 3 quantitativos mais caros são o perfil W 250 x 80, perfil W 410 x 60 e o perfil W 360 x 91, já os elementos mais baratos são as porcas, arruelas e os eletrodos, tendo seus preços quase que insignificantes par ao custo total. A infraestrutura fica fora da imagem pelo fato de ter um custo desprezível, como já relatado.

Figura 22 – Custos do projeto de aço – Superestrutura

Fonte: Próprio autor (2018).

Com o exposto fica nítido a discrepância entre as 2 (duas) soluções estruturais propostas e possíveis de serem implementadas. Na parte de infraestrutura, por ser uma solução estrutural de menor peso para com o solo, já era de se esperar fundações mais acessíveis, em termos de custo.

O que ficou de conhecimento, por parte do autor, foi de como essas duas alternativas, apesar de serem ótimas soluções, cada uma com os seus pontos positivos e negativos, se comportam de maneira quase que opostas, em situações, como, onde se necessita combater um grande momento fletor, a solução de concreto armado se mostra mais eficiente, economicamente, porém, em casos de esforços cisalhantes e/ou esforços de tração, a solução estrutural provinda do aço se sobressai melhor.

Mas, como o empreendimento estudado não se trata de uma edificação com um apelo comercial (por se tratar de uma universidade pública) e, pautados no senso comum sobre gestão pública e verbas públicas, seria mais do que natural se adotar uma concepção estrutural que aliasse o baixo preço de aquisição com o retorno do investimento com a sociedade.

6 CONCLUSÃO

Apesar de existir diversos tipos de materiais que poderiam ser implementados na concepção estrutural do bloco do CCTS da UEPB não se mostrou ser uma solução viável, pelo menos da forma como foi proposto neste trabalho. Mês o aço tendo suas vantagens inerentes como a rapidez de execução, a obra tinha possuía um objetivo de caráter público e, por isso, o fator custo se apresenta de forma preponderante.

Apesar do exposto, o material aço pode sim ser vantajoso em diversas concepções estruturais nas construções. Cabe aos futuros engenheiros civis, formados ou não na UEPB, estudar novas arquiteturas, disposições estruturais, ou até mesmo novos materiais a serem implementados no projeto das possíveis formas de se ter concebido o prédio do CCTS.

ANALYSIS OF THE COST OF MATERIALS BETWEEN ARMED CONCRETE
STRUCTURES AND STRUCTURAL STEEL IN VERTICAL BUILDING: CASE
STUDY OF THE SCIENCE AND TECHNOLOGY BLOCK OF THE PARAÍBA
STATE UNIVERSITY

ABSTRACT

This paper analyzes the costs of comparing structural steel and reinforced concrete designs of the University of Paraíba (UEPB) Center for Science, Technology and Health (CCTS). It was made available the reinforced concrete project elaborated by the UEPB technical team, made in structural steel model, via SAP 2000 software, respecting the same architecture, minimum loads (NBR 6120: 1980), wind loads (NBR 6123: 1988) and structural restrictions such as the exclusion of the staircase from the water tank and the massive slabs of the same height. It was divided the entire structure into 5 blocks without compromising the expansion joints, collected the critical efforts and compared with the resilient efforts of the NBR 8800: 2008, analyzing the profiles adopted before the states limits of use and last along with the types of rigid connections and flexible. The quantitative materials of the projects were raised, we requested budgets from Paraíba-PB and Rio Grande do Norte (RN) companies, combining all possible results and obtaining the lowest cost budget. The lateral displacements (in the X and Y directions) of each block were analyzed and classified as low displacement structural blocks. For the reinforced concrete project, a lower total cost of R\$ 560,718.75, being R \$ 122,136,025 in the foundation and an average cost per floor of R\$ 87,716,545, compared to the average cost per floor, about 139.239% more. For the steel project, the lowest total cost was R\$ 2,377,467,135, of which R\$ 26,351,135 was for the foundation, block 3 was R\$ 291,363.00, the cheapest one and block 2 was R\$ 679.401,50 being the most expensive. Although steel structural design was the most costly, new studies would be required for improvements in the design architecture in order to generate a more attractive and feasible cost solution.

Keywords: Structural Design. Armed Concrete. Steel. Cost.

REFERÊNCIAS

PORTO, Thiago Bomjardim; FERNANDES, Danielle. *Curso básico de concreto armado*. Oficina de Textos, 2015.

PFEIL, Walter; PFEIL, Michèle. *Estruturas de Aço: Dimensionamento Prático de Acordo com a NBR 8800:2008*. 8. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2016. 354 p.

SÁLES, José Jairo de; MUNAIR NETO, Jorge; MALITE, Maximiliano. *Segurança nas estruturas*. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. 115 p.

MATTOS, Aldo Dórea. *Como preparar orçamentos de obras: Dicas para orçamentistas - Estudo de caso* - Exemplos. 2. ed. São Paulo: Pini, 2014. 277 p.

VELLASCO, Pedro Colmar Gonçalves da Silva et al. *Modelagem de estruturas de aço e mistas*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014. 327 p.

VASCONCELOS, A. C. *Concreto no Brasil: recordes – realizações – história*. São Paulo: Copiare, 1985.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6120: cargas para o cálculo de estruturas de edificações: procedimento*. ABNT, 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS. NBR 6123: *Forças devidas ao vento em edificações*. Rio de Janeiro, 1988.

ABNT, NBR. 8800: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. **Rio de Janeiro**, 2008.

FAKURY, Ricardo H.; SILVA, Ana Lydia R. Castro e; CALDAS, Rodrigo B.. *Dimensionamento de elementos estruturais de aço e mistos de aço e concreto*. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016. 496 p.