

# DIMENSIONAMENTO E DETALHAMENTO ESTRUTURAL DE UM EDIFÍCIO COM AUXÍLIO DO SOFTWARE EBERICK

Henrique Matheus Terhorst<sup>1</sup>  
Gilsinei da Silva<sup>2</sup>

## RESUMO

A realização do projeto estrutural exige do calculista um vasto conhecimento teórico sobre todas as propriedades do concreto e aço, para extrair dos elementos todas as características necessárias para um bom dimensionamento estrutural, seguro e econômico. Este trabalho tem como objetivo realizar o dimensionamento e detalhamento estrutural de um edifício multifamiliar em concreto armado com amparo do software Eberick. Para chegar a solução do problema, foi realizada uma pesquisa bibliográfica amparada em normas técnicas e bibliografias, afim de amarrar todo o conhecimento com a prática e auxiliar na tomada de decisões durante o dimensionamento. Os processos partiram da pesquisa bibliográfica, apresentação do projeto arquitetônico, concepção estrutural e dimensionamento estrutural.

**Palavras-Chave:** Projeto estrutural. Dimensionamento. Concreto armado. Concepção estrutural.

## ABSTRACT

The realization of the structural project requires the designer to have a vast theoretical knowledge about all the properties of concrete and steel, to extract from the elements all the characteristics necessary for a good structural, safe and economical project. This work has as general objective to carry out the dimensioning and structural detailing of a multifamily building in armed concrete with Eberick software support. In order to arrive at a solution of the problem, a bibliographical research was carried out based on technical norms and bibliographies recognizes in

---

<sup>1</sup> Acadêmico do Curso de Engenharia Civil da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (UNIARP).

<sup>2</sup> Professor Orientador. Graduado em Engenharia Civil, pela Universidade Federal de Santa Catarina, Especialista em Administração, Gestão Pública e Políticas Sociais, pela Faculdade Dom Bosco e docente do Curso de Engenharia Civil da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe.

---

the professional scope, in order to link all the knowledge with the practice and help in the decision making during the sizing. The processes were initiated from the bibliographic research, presentation of the architectural project, structural conception and structural dimensioning.

**Keywords:** Structural Project. Dimensioning. Armed Concrete. Structural Conception.

## INTRODUÇÃO

Este trabalho vem contextualizar todas as disciplinas na área de estruturas utilizando todo o conhecimento sobre o Dimensionamento e Detalhamento de um Edifício em Concreto Armado. Como se sabe, no Brasil a técnica construtiva mais utilizada ainda é o concreto armado. Para isso foi utilizado o software Eberick, que é um software para Cálculo Estrutural desenvolvido pela empresa AutoQI.

Atualmente no mercado existem diversos programas computacionais que realizam o dimensionamento dessas estruturas, deve-se tomar extremo cuidado ao utilizar esses programas, apresentando uma grande noção sobre o cálculo dessas estruturas sem se esquecer de amarrar todo o conhecimento com as normas vigentes no país.

Vale lembrar que o software jamais substituirá o profissional de Engenharia, ele serve apenas como uma ferramenta que auxilia o estudo e a execução de um projeto além de diminuir consideravelmente o tempo onerado para esse trabalho, tomando as decisões com um amparo normativo. É importante para o calculista conhecer cada etapa do projeto, desde a concepção até a execução do mesmo, para torná-lo compatível com o que se espera do empreendimento, e também para tomar as decisões mais adequadas durante o processo.

A concepção estrutural parte de uma análise no projeto arquitetônico definindo as vigas, pilares e lajes. Então se realiza o pré-dimensionamento da estrutura e posterior dimensionamento da mesma. Após a entrega de todos os projetos, cabe ao Engenheiro que executará a obra fazer uma leitura de todos os pontos críticos que o Calculista elencou, tendo conhecimento de suas responsabilidades técnicas e a compatibilização de todos os projetos necessários para a obra. Deve-se ter muita cautela desde a concepção Estrutural, partindo do projeto arquitetônico, bem como no próprio dimensionamento da estrutura analisando os resultados e tomando as decisões práticas garantindo a estabilidade

---

da Estrutura.

Esse trabalho tem como objetivo geral realizar o dimensionamento e detalhamento de um edifício multifamiliar em concreto armado, com o auxílio do software de Cálculo Estrutural Eberick. A metodologia aplicada foi um estudo de caso da estrutura de um edifício com amparo de pesquisas, artigos e normas técnicas fornecendo assim todo o embasamento teórico e normativo necessário.

## CONCRETO ARMADO

A utilização do concreto se dá há muito tempo, solucionando os problemas da humanidade com o crescimento dos povoados. Ao longo do tempo muitas técnicas foram incorporadas nesse sistema, aonde chegamos enfim na criação e utilização do Concreto Armado no século XIX e utilizamos até os dias atuais. (PORTO; FERNANDES, 2015).

Muito se evoluiu desde sua criação, mas a principal evolução se deu no avanço tecnológico tanto na fabricação das matérias primas como também na área de cálculo dessas estruturas, que eram realizadas a mão pouco tempo atrás e hoje temos um sistema de calculo avançado através de softwares.

## CONCRETO ARMADO NO BRASIL

No Brasil, pouco se sabe a respeito do início da utilização do concreto armado. Há relatos no ano de 1904 no estado do Rio de Janeiro, em construções habitacionais difundindo o uso desse material no país, pois se obteve êxito no emprego preliminar desse material (PORTO; FERNANDES, 2015).

“Acredita-se que os primeiros cálculos de estruturas em concreto armado no país foram realizados por Carlos Euler e seu auxiliar Mario de Andrade Martins Costa em um projeto de uma ponte sobre o rio Maracanã, por volta de 1908” (PORTO; FERNANDES, 2015, p. 16).

Com o crescente uso deste material nas construções no país surgiu a necessidade de criação de parâmetros, ou seja, um órgão que estipulasse através de estudos e conhecimentos práticos um “manual de concreto armado”. Pouco ainda se sabia sobre as características dos materiais, porém se desenvolveu uma norma

---

técnica para esse fim.

Para projeto e dimensionamento das estruturas em concreto armado, foi desenvolvida, pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), em 1940, a NB-1: cálculo e execução de obras de concreto armado. Essa norma previa o dimensionamento em serviço baseado nas tensões admissíveis e no estado limite último (PORTO; FERNANDES 2015, p. 16).

## ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

O dimensionamento de uma estrutura de concreto armado deve garantir que ela suportará de forma segura, estável e sem deformações excessivas, todas as solicitações cuja estrutura estará submetida ao longo de sua vida útil. Assim, o dimensionamento consiste em impedir a ruína dos elementos presentes na estrutura. Entendendo ruína não apenas como a ruptura, mas também as limitações de uso da estrutura, fissuras inaceitáveis e deformações excessivas dos elementos. Um dimensionamento bem realizado garante não só a segurança dos usuários, mas também a vida útil da estrutura e seus elementos (CARVALHO; FIGUEIREDO FILHO, 2015).

Segundo Carvalho e Figueiredo Filho (2015, p. 46) “Em outras palavras, a finalidade do cálculo estrutural é garantir, com segurança adequada, que a estrutura mantenha certas características que possibilitem a utilização satisfatória da construção [...] para as finalidades que foi concebida”.

As estruturas são solicitadas por cargas (peso próprio e a carga acidental) e por influências naturais, tais como o sol, vento, chuva, frio, calor e geadas. Porém ações extraordinárias também devem ser levadas em conta como terremotos, fogo e explosão. Essas solicitações, em sua maioria, são conhecidas e fáceis de serem calculadas, como o peso próprio. Porém outras cargas tendem a serem estimadas, como por exemplo o vento, que não possui uma incidência exata, calculando-se dentro de certos limites com dispersões determinadas ou estabelecendo valores máximos probalísticos. Outro tipo de carga que também é estimada é a carga acidental, que é normatizada de acordo com seu tipo de utilização (LEONHARDT; MONNIG, 2008).

Toda estrutura é projetada para suportar as solicitações a ela aplicadas. Exemplos típicos dessas solicitações são o momento fletor, esforço cortante, forças normais e momento torsor. Conforme explica Soriano (2014, p. 63) “As ações que

---

atuam nas estruturas podem ser forças (também denominados esforços), deformações impostas ou de comportamento do material no tempo, e variações de temperatura”. Esses esforços que geram as solicitações impostas ao elemento estrutural.

## **LANÇAMENTO DA ESTRUTURA**

Analisando o projeto arquitetônico, devemos realizar um pré-dimensionamento estrutural dos elementos de concreto armado, definindo pré dimensões para o cálculo dos mesmos. Com isso, passamos essas dimensões e alimentamos o programa de cálculo estrutural tanto com a arquitetura quanto com os elementos estruturais.

Com os projetos e a idealização da estrutura prontos, podemos começar a lançar toda a estrutura no software.

A disposição dos pilares é feita de uma forma com que o vão livre das vigas não fique muito extenso, o que aumenta consideravelmente as suas dimensões, porém não podem ser pequenas demais essas distâncias também. Esses pilares também preferencialmente devem ser colocados em locais que possam existir ao longo de toda a prumada, sem prejudicar também a disposição dos cômodos e vagas de garagem. Algumas posições para os pilares são bem naturais, como os cantos da edificação por exemplo, junção de vigas, porém não é uma regra (ADÃO; HERMELY, 2010). Após lançados vigas e pilares, definimos o contorno das lajes no software, onde aí sim poderemos processar a estrutura e proceder com a análise dos resultados.

## **METODOLOGIA**

### **MATERIAIS**

#### **Autocad**

Nesse software foi realizado todo o embasamento em questões

---

arquitetônicas do projeto em questão, tanto em cortes como em fachadas e principalmente na planta baixa, que será exportada para o software de dimensionamento estrutural Eberick.

## Eberick

Nesse software foi feito todo o lançamento inicial da estrutura, após esse processo, no mesmo software foi realizado as análises necessárias para garantir a segurança e a qualidade do dimensionamento estrutural do edifício sem deixar de lado a economicidade.

## METODOLOGIA

Agregando a todo o conhecimento adquirido durante o curso, esse trabalho consiste em uma pesquisa bibliográfica buscando todo o embasamento teórico e normativo, buscando o conhecimento comprobatório para desenvolver a estrutura de um edifício de 7 pavimentos afim de amarrar todo o embasamento teórico ao conhecimento adquirido. Este trabalho busca levantar tópicos importantes estudados durante todo o curso, que fazem parte de toda a base para a realização deste projeto de dimensionamento de estrutura, bem como o comportamento estrutural de acordo com as condições que serão aplicadas.

A arquitetura que foi utilizada é do Escritório Projetare sob responsabilidade do Arquiteto Marcelo Wandscher. As plotagens estão disponíveis junto ao Trabalho de Conclusão de Curso do acadêmico na biblioteca online da UNIARP

(<http://extranet.uniarp.edu.br/acervo/Biblioteca%20Digital%20PDF/Forms/AllItems.aspx?RootFolder=%2Facervo%2FBiblioteca%20Digital%20PDF%2FEngenharia%20Civil%2FTCC&FolderCTID=0x012000259FFCBD2DA7E74081B319077E75E01D&View=%7BA252669C-D726-4CB7-BFDC-BE4FAC8C4B32%7D>).

As principais normas utilizadas na realização deste trabalho foram:

- a) NBR-6118 (ABNT, 2014);
- b) NBR-6120 (ABNT, 1980);
- c) NBR-6123 (ABNT, 1988);
- d) NBR-7480 (ABNT, 2008);

---

e) NBR-9935 (ABNT, 2011).

Tendo o projeto arquitetônico em mãos, o segundo passo foi a análise do projeto, definindo quais as melhores posições para os elementos estruturais (Pilares, Vigas, Lajes e Escadas), ou seja, o lançamento da estrutura. A estrutura foi lançada no software Eberick V.9 utilizando os conceitos de pré-dimensionamento da mesma, afim de, em um primeiro momento, utilizar as menores dimensões admissíveis por norma para cada elemento estrutural. Após, foram analisados os resultados obtidos no software tanto para as dimensões dos elementos quanto para a escolha do aço no edifício fazendo então um redimensionamento estrutural com base nos conceitos adquiridos durante a formação.

## APRESENTAÇÃO, ANÁLISE DOS DADOS E RESULTADOS

### PRÉ-DIMENSIONAMENTO

Para o pré-dimensionamento da estrutura foram utilizados como base para o lançamento da estrutura, vigas com as dimensões  $b_w=14$  cm e  $h=40$ cm. Para os pilares, foi utilizado a dimensão mínima especificada em norma,  $360$  cm<sup>2</sup>, ou seja,  $14 \times 30$ . Claro que, com o andamento do processo de cálculo essas medidas serão modificadas de acordo com a sua solicitação estrutural. As lajes utilizadas no pavimento térreo são maciças enquanto nos demais pavimentos trabalhamos com lajes pré-moldadas. A espessura final das paredes será de  $15$ cm e será utilizado para a vedação tijolos cerâmicos com peso específico de  $13$  kN /cm<sup>3</sup>.

O valor considerado para a altura das paredes variou de acordo com as cotas de nível dos pavimentos, bem como a subtração da altura da viga em cada determinado pavimento girando em torno de  $246$ cm.

### SOFTWARE EBERICK

A aplicação da estrutura em diferentes locais requer uma configuração única do software para cada projeto. Com base nisso, foram realizadas todas as configurações no software referentes á, detalhamento de pilares, detalhamento de

vigas, detalhamento de lajes, dimensionamento de pilares, dimensionamento de vigas, dimensionamento de lajes, materiais e durabilidade, classe do concreto e configurações de vento.

## LANÇAMENTO DA ESTRUTURA

Como pré-dimensionamos os elementos estruturais com as dimensões mínimas exigidas por norma no caso de pilares e vigas, sabemos que em um primeiro momento ocorrerá vários erros de dimensionamento na estrutura. Assim, com esse lançamento feito e as configurações do software ajustadas, podemos processar a estrutura para obtermos os resultados iniciais. Depois de processados esses dados deveremos fazer as análises cabíveis para garantir a solidez e a segurança da estrutura.

Pensando em evitar ao máximo o momento torsor na estrutura, as vigas que se apoiam em outras vigas foram rotuladas, evitando assim o engaste com o elemento de apoio. Na estrutura de lançamento essas vigas que são apenas apoiadas são exemplificadas conforme a Figura 1.

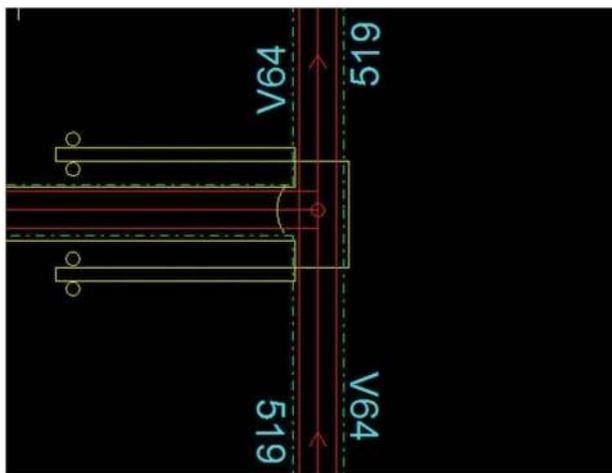


Figura 5: Viga apoiada em outro elemento

Fonte: O próprio autor

Para auxiliar na rigidez da estrutura quanto aos seus deslocamentos, foram lançados os pilares com sua maior dimensão voltados para a menor dimensão da estrutura auxiliando na estabilidade em geral dos pórticos principais. Abaixo se encontra a figura 02, onde está exemplificada a estrutura lançada em 3D na vista frontal.

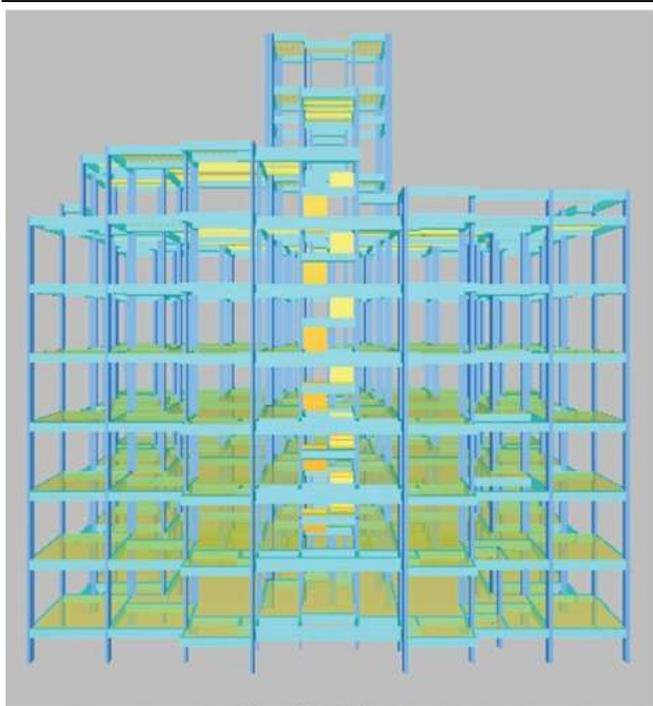


Figura 6: Pórtico espacial gerado no Eberick

Fonte: O próprio autor

## DIMENSIONAMENTO AO ESTADO LIMITE ÚLTIMO (ELU)

Conforme definição da NBR 6118 (ABNT, 2014, P.4) “estado-limite relacionado ao colapso, ou a qualquer outra forma de ruína estrutural, que determine a paralisação do uso da estrutura.” Por esse motivo o dimensionamento da estrutura ao ELU se dá sempre por meios mais conservadores.

Para o dimensionamento ao ELU, a seção da estrutura é de suma importância, pois é ela que vai determinar o momento de inércia de cada elemento estrutural, sem levar em conta as armaduras de aço que serão dimensionadas no Estado Limite de Serviço-ELS.

Na Figura 03, observamos através do pórtico em barras gerado pelo software que algumas dessas barras possuem deslocamento excessivos. Através desse pórtico temos noção de quais elementos estruturais precisam de uma atenção maior quanto ao seu dimensionamento. Nessa demonstração, quanto mais próxima de verde as cores das barras, menor o deslocamento do elemento estrutural.

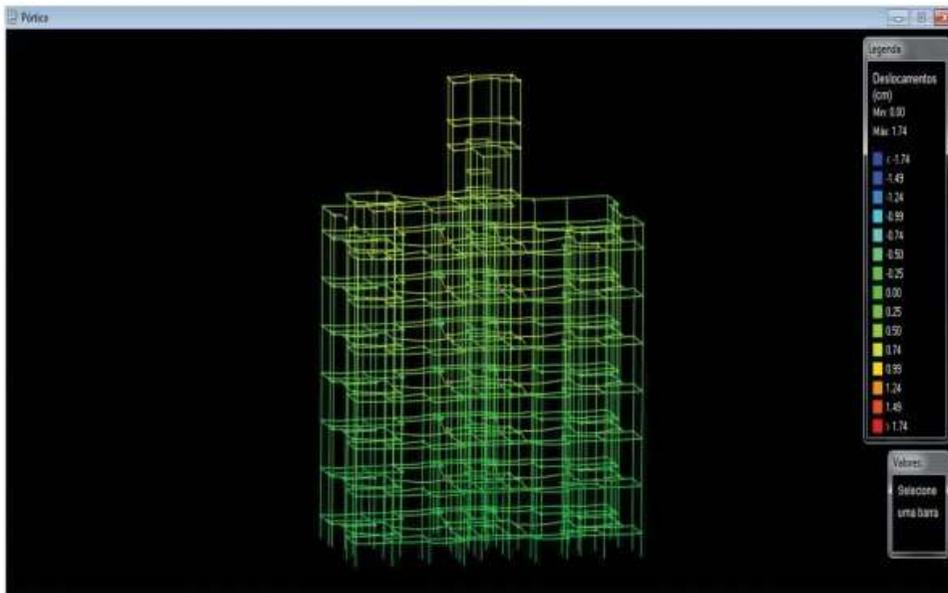


Figura 7: Pórtico deformado da estrutura ao ELU

Fonte: O próprio autor

Nesse projeto, contemplamos apenas o dimensionamento das lajes maciças e fornecemos as cargas estipuladas para as lajes pré-moldadas. Assim, temos lajes maciças apenas no pavimento baldrame e nos patamares das escadas nos níveis intermediários dos pavimentos.

Utilizamos o coeficiente Gama-Z para a verificação de estabilidade da estrutura, cujo seu limite é igual a 1,10. Em um primeiro processamento da estrutura o valor obtido para Gama-Z foi de 1,18 para a direção X e 1,12 para a direção Y. Isso nos mostra que temos que enrijecer mais os pórticos principais para garantir a estabilidade de nossa estrutura quanto aos limites impostos e as ações que nela atuarão. Esse enrijecimento se dá pelo aumento nas dimensões dos elementos estruturais, que por consequência enrijece o pórtico no qual o elemento está inserido.

Após uma análise pontual nos elementos estruturais buscando enrijecer a estrutura e conseqüentemente entrar nos padrões e Gama-Z, conseguimos alcançar os seguintes resultados conforme a Figura 04.

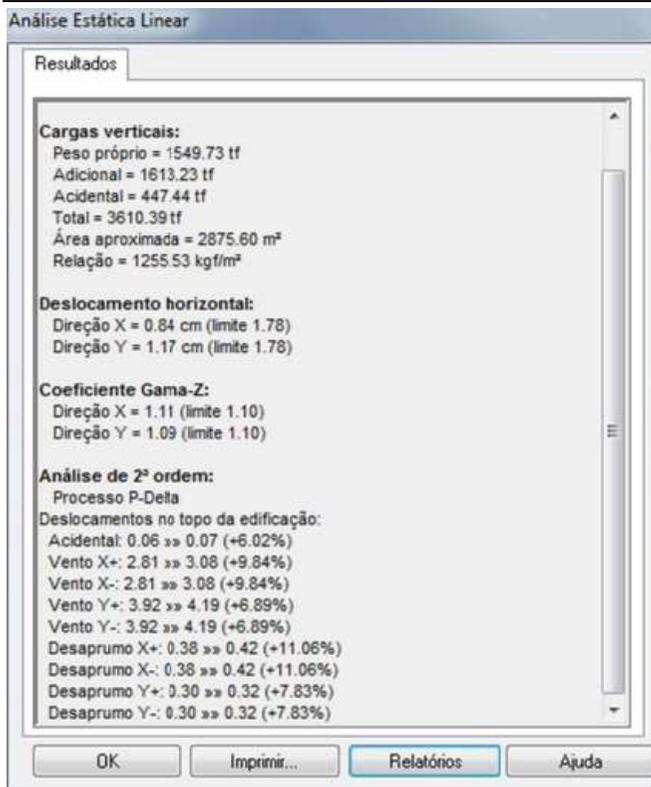


Figura 8: Resultados do processamento

Fonte: O próprio autor

## Dimensionamento de vigas ao ELU

Para o dimensionamento das vigas, temos vários fatores que devemos levar em consideração como por exemplo as flechas que influenciam no dimensionamento da seção da viga. Se tivermos uma flecha fora do limite aceitável por norma temos que aumentar a seção do elemento para tornar este mais rígido. Na figura 5, observamos a viga 65, que no pré-dimensionamento foi lançada com 14cm x 40cm e depois do processamento da estrutura a flecha estava fora dos padrões.

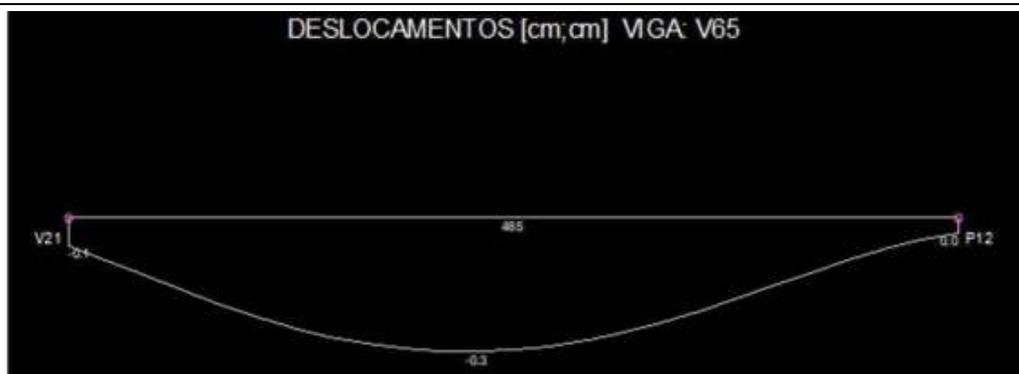


Figura 9: Deslocamento viga 65

Fonte: Próprio autor

Após o processamento, como o vão a ser vencido por essa viga é de 485cm aumentamos a seção da mesma, passando para 14cm x 55cm, obtendo então o valor de deslocamento de 0,3 cm que está dentro dos padrões impostos.

Nas demais vigas não houveram situações mais relevantes, por se tratar de uma edificação de grande porte esperava-se encontrar dificuldades maiores no dimensionamento da estrutura, porém a arquitetura foi planejada criando vãos em que não foi necessário criar elementos fora dos padrões mínimos estabelecidos por norma.

Todo o dimensionamento e detalhamento das vigas estão disponíveis nos apêndices B, C e D junto ao Trabalho de Conclusão de Curso do acadêmico na biblioteca online da UNIARP.

## DIMENSIONAMENTO DAS LAJES AO ELU

As lajes maciças foram dimensionadas e detalhadas quanto a sua dimensão, armaduras positivas e negativas e seu detalhamento. Já as lajes pré-moldadas saem do escopo desse trabalho, tendo em vista que a responsabilidade técnica é inteiramente da empresa que fornecerá este material. Para essas lajes foram indicadas apenas suas áreas e cargas que foram consideradas durante o dimensionamento.

## DIMENSIONAMENTO AO ESTADO LIMITE DE SERVIÇO (ELS)

Neste estado dimensionamos como a estrutura irá se comportar em

---

serviço, ou seja, quando as cargas que foram projetadas começarem a atuar na estrutura. Nesse processo já não é frequente a alteração das seções dos elementos estruturais, pois agora estamos tratando de um dimensionamento quanto ao aço a ser utilizado. Esses arranjos de aço nessa etapa são inteiramente calculados pelo software e cabe ao projetista apenas verificar as flechas nos elementos novamente para ter a certeza que as seções aplicadas suportarão tal carga e vencerão os vãos.

Esses arranjos de aço escolhidos para a nossa estrutura estão disponíveis nos Apêndices juntamente com todo o detalhamento da estrutura da edificação, junto ao Trabalho de Conclusão de Curso do acadêmico na biblioteca online da UNIARP.

## CONCLUSÃO

Podemos observar a interdisciplinaridade de um dimensionamento estrutural. Por mais que os sistemas de cálculo sejam automatizados pelo software Eberick, vemos a necessidade de um profissional competente atrás do computador, para que haja a perfeita junção do software com o conhecimento técnico do profissional.

O projeto estrutural é um dos mais importantes projetos quando falamos em obras, é ele que vai garantir a estabilidade da estrutura com os diversos efeitos que podem nela ocorrer. Sendo assim, mesmo que indiretamente, é ele que também já garante a segurança dos seus usuários e da sociedade em geral.

O projeto estrutural parte de um emaranhado de outros projetos, que cabe ao projetista analisar, estudar e indicar a melhor solução para o problema. Partimos da análise do projeto arquitetônico para definirmos o pré-lançamento da estrutura, com isso partimos para um pré-dimensionamento da mesma, definindo as seções iniciais para que seja possível implantar o projeto. Após realizamos o lançamento e análise com um amparo computacional do problema, ancorado em normas e técnicas existentes no âmbito da construção civil. Ou seja, o estudo realizado nesse trabalho de conclusão de curso amarrado todo o conhecimento de diversas áreas estudadas durante o curso para a formação de um Engenheiro Civil, conhecendo assim desde a tecnologia dos materiais a serem utilizados, os estados limites da estrutura, podendo assim atender as necessidades do cliente.

---

## REFERÊNCIAS

ADÃO, Francisco Chavier; HEMERLY, Adriano Chequetto. **Concreto armado: novo milênio cálculo prático e econômico**. 1. ed. Rio de Janeiro: Interciência Ltda, 2010.

AOKI, Jorge. **Início e fim de pega. Qual a utilidade?**. Disponível em <[www.cimentoitambe.com.br/inicio-e-fim-de-pega-qual-a-utilidade/](http://www.cimentoitambe.com.br/inicio-e-fim-de-pega-qual-a-utilidade/)> Acesso em: out/2017.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120**:Cargas para o cálculo de estruturas de edificações- Procedimento. Rio de Janeiro, 1980.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9935**: Agregados - Terminologia. Rio de Janeiro, 2011.

AZEREDO, Hélio Alves de. **O edifício até sua cobertura**. 2 ed. São Paulo: Blucher, 1997.

BAUER, Luiz Alfredo Falcão. **Materiais de construção**, 1. Livros Técnicos e Científicos, 2015.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos; MARCHETTI, Osvaldemar. **Concreto armado eu te amo**. 8. ed. São Paulo: Blucher, 2015. 10 p.

CARVALHO, Roberto Chust; FIGUEIREDO FILHO, Jasson Rodrigues de. **Cálculo e detalhamento de estruturas de concreto armado**. 4. ed. São Carlos: Edufscar-editora Universidade Federal de São Carlos, 2015.

HELENE, Paulo. **Dosagem dos concretos de cimento Portland**. Concreto: ensino, pesquisa e realizações. São Paulo: IBRACON, 2005, 2: 439-471.

LEONHARDT, Fritz; MONNIG, Eduard. **Construções de Concreto**: Princípios básicos do dimensionamento de estruturas de concreto armado. 1. Ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2008.

NEVILLE, Adam M. **Propriedades do Concreto**. 5. Ed. Porto Alegre: Bookman Editora, 2016.

---

PORRO, Thiago Bomjardim; FERNANDES, Danielle Stefane Gualberto. **Curso básico de Concreto Armado**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

SORIANO, Humberto Lima. **Estática das Estruturas**. 4. Ed. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna LTDA, 2014.