

## CONCEITOS QUE INFLUENCIAM NA ELABORAÇÃO DO PROJETO ESTRUTURAL

*Marco Antônio Nunes de Melo<sup>1</sup>; Carolina Oliveira Pinto<sup>n</sup>*  
*<sup>1</sup>Universidade de Uberaba*  
*marconunes\_eng@outlook.com<sup>1</sup>; carolina.pinto@uniube.br<sup>n</sup>*

### **Resumo**

Observando as etapas de elaboração de um projeto estrutural, teve-se o intuito de desenvolver um trabalho capaz de apresentar alguns conceitos básicos importantes durante o desenvolvimento de um projeto estrutural de edifícios de concreto armado, abrangendo desde a gestão da equipe até os princípios para conceber uma ótima estrutura. Através de uma revisão literária de todos os conceitos envolvidos, foram adicionadas ao trabalho as principais características a serem lembradas durante as concepções do projeto, enfatizando o objetivo de elaborar uma estrutura dentro da segurança imposta minimizando os custos da obra. Foi um trabalho de aprendizado, a fim de demonstrar que um projeto para ser bem dimensionado deve ter sua elaboração inicial aprimorada, aplicando métodos de trabalho com *softwares* desenvolvidos e critérios de projeto e execução capazes de contribuir ao orçamento geral. O trabalho demonstra que o conhecimento do projetista é o princípio de uma excelência em projeto e que para ter um resultado satisfatório é necessário ter profissionais capazes de desenvolver técnicas e soluções criativas com o intuito de dimensionar uma estrutura apropriada eliminando o superdimensionamento.

**Palavras-chave:** Projeto arquitetônico. Concepção estrutural. Compatibilização. Otimização estrutural.

### **1 Introdução**

Observa-se ao passar dos tempos que os métodos construtivos tiveram uma grande evolução. As concepções arquitetônica e estrutural, os *softwares* de cálculos e materiais empregados, os métodos de trabalho e estrutura adotada, e tantos outros fatores influenciam diretamente no resultado de custo da obra. Porém, a economia para ser alcançada depende do conhecimento e conscientização dos projetistas para intervir que o processo de dimensionamento da estrutura demanda do projetista conhecimento teórico e prático para definir critérios de trabalho capazes de influenciar expressivamente, inclusive, nas dimensões dos elementos estruturais, a fim de se obter um dimensionamento simplificado.

Assim, o objetivo deste trabalho é identificar conceitos e seus principais critérios a serem planejados durante a elaboração do projeto, partindo da concepção geral e refletindo respectivamente ao projeto estrutural, o qual é responsável pelo maior custo da obra, visando sempre à economia no orçamento geral.

### **2 Conceitos Importantes na Elaboração do Projeto**

Desde o planejamento e levantamento das necessidades da construção, é indispensável o comando de todas as etapas. Portanto, todas as fases devem ser minuciosamente planejadas e elaboradas com cuidado, tendo em vista uma otimização de todos os projetos e uma boa

## 9º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 23 a 28 de novembro de 2015

concepção arquitetônica, a qual reflete na concepção estrutural.

Para elaboração do projeto estrutural visa-se a necessidade de conhecimento de vários profissionais envolvidos, pois o arranjo estrutural é formado a partir do modelo arquitetônico adotado. Vários critérios arquitetônicos são impostos a partir da necessidade do cliente, e muitas vezes do conhecimento geral do tipo de estrutura empregada. Também, toda estrutura deve ser elaborada pensando na construção da mesma, sendo sempre exequível, visando à disponibilidade dos materiais e mão-de-obra e considerando vários outros fatores que devem ser estudados durante a concepção do projeto.

Ao começar as concepções dos projetos deve-se pensar desde a integração da equipe envolvida nos projetos até a otimização da estrutura, já que hoje o principal objetivo de uma construção é minimizar custos.

Vários conceitos são representativos durante a elaboração de um projeto, porém, sua concepção geral deve ser interativa entre todos os grupos de trabalhos responsáveis pelo mesmo. Pensando nestes conceitos foram abordados os que têm melhor representatividade na elaboração do projeto estrutural.

### 2.1 Construtibilidade

A construtibilidade aborda respectivamente a análise de vários critérios que facilitam o projeto e a execução, visando sempre à otimização de todo o processo construtivo adotado.

Contando que o modelo adotado é um emprego adequado e acreditando no conhecimento e experiência do projetista, é possível enfatizar a relação entre projeto e execução, entendendo que devem especificar no projeto as diretrizes para facilitar a aplicação das técnicas construtivas, permitindo racionalizar custos e muitas vezes o tempo de execução.

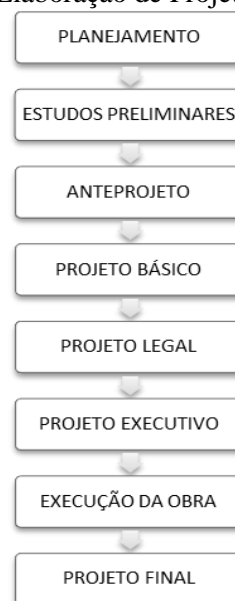
É necessário o emprego da construtibilidade durante a fase de projetos,

pois, é uma gestão aplicada na elaboração destes, com a função de racionalizar e melhorar o desempenho dentro do processo de produção, criando soluções técnicas, melhorando o desempenho da edificação, reduzindo custos de trabalho, custo de operação e manutenção e minimizando o tempo de trabalho.

Portanto, com o intuito de proporcionar ao projetista uma facilidade de comunicação entre todos os projetos, minimizar interferências e evitar uma eventual falha que pode causar consequências posteriores, foi criado um processo funcional (figura 1) ou uma sequência lógica das etapas de desenvolvimento para criação de um ótimo projeto.

A partir de tantos estudos e planejamentos, inicia-se a fase de projetos, esta etapa envolve todos os profissionais voltados para a construção civil, a maneira mais fácil, é a comunicação entre todos os projetistas para que sejam solucionadas as interferências encontradas antes mesmo de ser encaminhado para a obra.

**Figura 1:** Organograma Funcional na Elaboração de Projetos



Fonte: Acervo do autor (2015)

## 9º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 23 a 28 de novembro de 2015

### 2.2 Concepção Arquitetônica

O projeto arquitetônico é uma das etapas iniciais com grande importância ao resultado econômico final da construção. Nele deve-se definir as características da edificação, tornando viável e exequível todo o desenvolvimento do sistema construtivo e adaptação dos projetos complementares, propiciando rapidez, facilidade e qualidade na execução.

A concepção arquitetônica deve estar relacionada diretamente aos projetos complementares, visando sempre à integridade do espaço, especificamente ao projeto estrutural. Percebe-se a interferência na locação dos pilares, altura dos pavimentos, altura das vigas, vãos das lajes, além de localizar e pré-dimensionar reservatórios, casa de gás, posição de medidores, etc., requisitando do profissional conhecimentos dos variados tipos de projetos para atender as condições necessárias e otimizar o resultado final da obra a partir de decisões tomadas durante a fase de projetos.

Portanto, há vários aspectos que resultam na melhor composição do projeto arquitetônico e que a partir do conhecimento do arquiteto durante a elaboração do mesmo, cria-se um modelo ideal e conseqüentemente resulta num melhor arranjo estrutural, interferindo estritamente na economia da obra.

Alguns aspectos citados por Rauber (2005) são:

- Geometria do prédio, ou modelo geral e a planta do prédio são resultados de uma composição arquitetônica a partir das necessidades e diretrizes conforme as normas vigentes;
- Distribuição simétrica dos ambientes em cada pavimento, reduzindo o surgimento de tensões de cisalhamento devido à torção;

Acreditando na melhor definição e caracterização do modelo arquitetônico é possível adaptar e criar o melhor arranjo estrutural, tornando uma obra exequível, menor custo de execução, reaproveitamento

de mão-de-obra e material, por fim, capaz de elaborar uma estrutura bem definida.

### 2.3 Análise e Concepção Estrutural

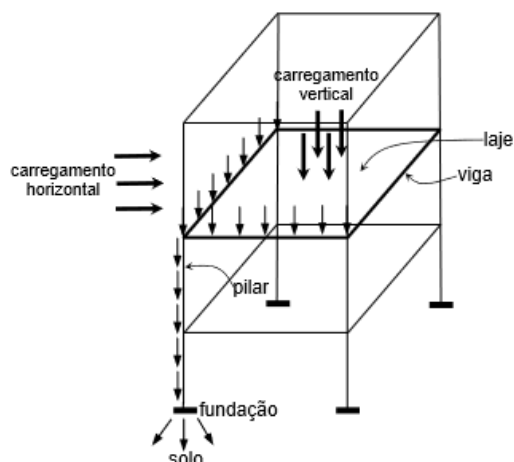
A concepção estrutural deve ser sempre lembrada que é o mesmo que conceber a estrutura, é acreditar que se tem o arranjo mais adequado e capaz de assegurar os variados elementos estruturais, respeitando as imposições do projeto arquitetônico e demais projetos complementares.

O modelo estrutural adotado para um projeto tem importante representação no orçamento da obra, entretanto, deve-se levar em conta a concepção arquitetônica, apresentando todos os critérios que devem ser obedecidos. A partir dela, o projetista é capaz de dimensionar a melhor concepção estrutural com objetivo final o baixo custo da obra.

Para criar um modelo estrutural adequado é necessário interligar os aspectos de segurança com a qualidade impostas pelas normas técnicas, pela economia, e até mesmo pelos parâmetros estruturais necessários ao modelo arquitetônico. Esse modelo é uma integração entre a localização dos pilares, o posicionamento das vigas e os vãos das lajes, baseando sempre no projeto arquitetônico.

A figura 2 ilustra um esquema de arranjo estrutural composto por pilares, vigas e lajes, suportando um carregamento vertical e um carregamento horizontal, transferindo todos os carregamentos para os elementos de fundação e dissipados para o solo.

Para Barboza (2008), ao estabelecer a estrutura o engenheiro deve ser capaz de conhecer e estabelecer parâmetros com o intuito de compreender o comportamento da estrutura. Então, a fim de proporcionar a melhor forma o comportamento do material adotado, o projetista deve ser capaz de aplicar o tipo de análise estrutural ideal para o arranjo adotado.

**9º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 23 a 28 de novembro de 2015**
**Figura 2:** Conceito de Sistema Estrutural


Fonte: Alva (2007, p4)

Para Barboza (2008), ao estabelecer a estrutura o engenheiro deve ser capaz de conhecer e estabelecer parâmetros com o intuito de compreender o comportamento da estrutura. Então, a fim de proporcionar a melhor forma o comportamento do material adotado, o projetista deve ser capaz de aplicar o tipo de análise estrutural ideal para o arranjo adotado.

Segundo a NBR 6118:2014, a análise estrutural pode ser adotada conforme o comportamento admitido dos materiais constituintes da estrutura, não deixando de lado as limitações correspondentes.

#### 2.4 Compatibilização e Plataforma BIM

A compatibilização de projetos é compreendida como uma atividade durante a fase de projetos que sobrepõe vários tipos de projetos e a partir desta sobreposição é capaz de identificar interferências. Com isto, os projetistas tem a função de solucionar o problema detectado, evitando transtornos na fase de execução da obra.

A compatibilização é uma atividade que torna a elaboração dos projetos mais próxima da execução da obra, proporcionando aos projetistas, identificarem durante a integração de todos os projetos uma impossibilidade de execução de algum elemento que se

encontra em interferência com outro projeto.

O objetivo da compatibilização entre projetos é minimizar os conflitos encontrados durante a fase de projetos e buscar o perfeito ajuste para solucionar cada problema. É nesta fase que repara a otimização e a utilização dos materiais a ser utilizados, o tempo de execução, a mão-de-obra necessária, entre outros aspectos que se identificam durante a construção.

O processo de compatibilização ocorre a partir de técnicas de trabalho capazes de desenvolver estratégias para facilitar o serviço do responsável pela compatibilidade entre todos os projetos. As principais técnicas de compatibilização utilizadas é o uso de *Extranets*, sobreposição de projetos e o uso de listas de checagem ou chamadas de *check-lists*, portanto, o que tem mais influência e se identifica como mais importante é a troca de informação entre todos os profissionais envolvidos.

Com o grande avanço da tecnologia e a necessidade de aprimoramentos e aperfeiçoamento de todos os projetos são criados modelos de gestão, *softwares* de trabalho, critérios a serem seguidos, entre tantos outros, a fim de ajudar no gerenciamento e condução do melhor produto.

A plataforma BIM conceitualmente oferece aos engenheiros projetistas um modelo de organização e interação de informações numa base de dados global com informação adequada num modelo normalizado, onde constam todos os critérios necessários para caracterizar uma estrutura. Com a função de definir e caracterizar uma estrutura, o modelo BIM identifica todas as características de cada objeto a fim de associar como uma estrutura modelada. (FERREIRA *et al*, 2012)

O conceito da tecnologia BIM ainda está apresentando alternativas capazes de inovar boas práticas para os profissionais, possibilitando-os em uma nova maneira de transmitir informações entre os

## 9º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 23 a 28 de novembro de 2015

profissionais envolvidos, permitindo avaliações e tomadas de decisões durante a concepção e desenvolvimento dos projetos.

### 2.5 Dimensionamento da Estrutura

A fase de dimensionamento é o principal arranjo de técnicas e soluções requeridas através do conhecimento do engenheiro, é nesta etapa que se faz o lançamento das estruturas, obtendo através de cargas e ações de trabalho da estrutura, as dimensões dos pilares, das vigas e modelos de lajes capazes de vencer vãos necessários, sendo estudada neste período a técnica estrutural que melhor trabalha.

Todas as decisões tomadas no dimensionamento do arranjo estrutural pelo engenheiro estrutural devem estar conforme as orientações das normas em vigor.

A composição do sistema estrutural é dependente principalmente da arquitetura, portanto, vários critérios são necessários e envolvidos no dimensionamento de todo um conjunto.

Conforme Alva (2007), pilar é um elemento vertical sujeito à flexo-compressão com o objetivo de fornecer apoio às vigas e transferir as cargas para a fundação.

As vigas são elementos geralmente de seção retangular (base x altura), sujeitas a flexão, apoiadas nos pilares e muitas vezes embutidas nas paredes, tem a função de transferir o peso da alvenaria apoiada diretamente sobre ela e as reações das lajes para os pilares.

A espessura e o tipo das lajes ficam a critério do engenheiro calculista, porém a norma NBR 6118:2014 prescreve imposições em relação a cada tipo de laje.

A partir desta composição é capaz de definir uma estrutura e soluções adequadas para desenvolver o melhor modelo estrutural e caracterizar a melhor estrutura conforme suas características.

### 2.6 Otimização da Estrutura

Nos tempos atuais o principal objetivo de uma construção é a minimização dos custos na execução da obra, entretanto, boa parte das definições de execução são estabelecidas durante a fase de projetos, baseando nas imposições das normas vigentes, considerando os estados limites de ruptura e utilização e atendendo aos princípios de segurança.

A otimização estrutural tem como objetivo principal segundo Lopes et al (2013):

- Minimizar custo de todo referente ao projeto estrutural a partir do dimensionamento de sua estrutura, obedecendo a seus estados limites último e de utilização;
- Eliminar a ideia de dimensionamento por conhecimento profissional e criar o arranjo estrutural mais eficaz e com menor custo.

Várias são as técnicas de otimização estrutural, muitos estudos são feitos a fim de criar métodos ou programas de dimensionamento por otimização da estrutura, no entanto, as aplicações de técnicas de otimização estrutural geralmente é concebida pela otimização do layout da estrutura ou com a variação no posicionamento e forma dos elementos estruturais, ou então, pela otimização da seção transversal dos elementos já pré-definidos. Entretanto a maioria dos estudos de otimização estrutural é a partir da seção transversal dos elementos, uma vez que, o projeto estrutural deve obedecer aos limites do projeto arquitetônico.

Por fim, a otimização estrutural é de grande importância na elaboração do projeto a fim de subestimar uma estrutura, impondo as minimizações de custo, não comprometendo com os princípios básicos de segurança impostos pelas normas.

**9º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 23 a 28 de novembro de 2015****5 Considerações Finais**

Neste trabalho foi desenvolvida toda a teoria em cima de conceitos considerados importantes no desenvolver de um projeto estrutural de concreto armado. Também foram impostos alguns critérios em cima dos conceitos, a fim de incentivar um projetista a aprimorar as técnicas de trabalho no desenvolvimento do projeto.

Foi apresentado primeiramente um contexto referente à construtibilidade que resulta na integração de todos os setores envolvidos no projeto a fim de minimizar custos, abrangendo a concepção arquitetônica, já que é o princípio de um projeto estrutural, houve uma breve recordação de concepção estrutural, a fim de demonstrar sua primordial importância a partir do conhecimento do engenheiro projetista. Concebe-se a compatibilização entre projetos e a plataforma BIM, já que a compatibilização é um dos desafios encontrados por muitos engenheiros e que esta tecnologia BIM pode minimizar trabalhos e retrabalhos, e então, parte-se para o dimensionamento da estrutura e sua otimização, os quais são os principais conceitos para obtenção de um resultado satisfatório.

Por fim, é necessária a aplicação destes conceitos na equipe de trabalho, envolvendo todos os profissionais relacionados ao projeto e execução da obra, a fim de desenvolver uma produção com conceito aprimorado, proporcionando uma estrutura de trabalho adequada a todos os envolvidos e destacando a grande importância do conhecimento e experiência dos projetistas no desenvolver dos métodos de cálculos, sendo necessário verificar os resultados fornecidos pelos softwares de cálculos, com a intenção final a responsabilidade da estrutura projetada.

**Referências**

ALVA, Gerson Moacyr  
Sisniegas. **Concepção estrutural de edifícios em concreto armado**. 2007. 24 f. Departamento de Estruturas e Construção Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE  
NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. 3 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2014. 238 p.

BARBOZA, Marcos Robiati. **Concepção e análise de estruturas de edifícios em concreto armado**. Bauru: Relatório Final de Iniciação Científica - Fapesp, 2008. 166 p.

FERREIRA, Bruno et al. **Integração da Tecnologia BIM no Projeto de Estruturas de Betão**. 2012. Disponível em: <[http://paginas.fe.up.pt/~be2012/Indice/BE2012/pdf-files/020\\_Artigo.pdf](http://paginas.fe.up.pt/~be2012/Indice/BE2012/pdf-files/020_Artigo.pdf)>. Acesso em: 08 abr. 2015.

LOPEZ, Rafael Holdorf; MIGUEL, Leandro Fleck Fadel. **Introdução a otimização estrutural**. 2013. Disponível em: <[http://ppgec.posgrad.ufsc.br/files/2013/05/Topicos\\_Pesquisa\\_UFSC-otimização.pdf](http://ppgec.posgrad.ufsc.br/files/2013/05/Topicos_Pesquisa_UFSC-otimização.pdf)>. Acesso em: 15 abr. 2015.

RAUBER, Felipe Claus. **Contribuições ao projeto arquitetônico de edifícios em alvenaria estrutural**. 2005. 111 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

VIANNA, Luis Claudio  
Coelho. **Otimização de Seções Transversais de Concreto Armado: Aplicação a Pórticos**. 2003. 143 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.