

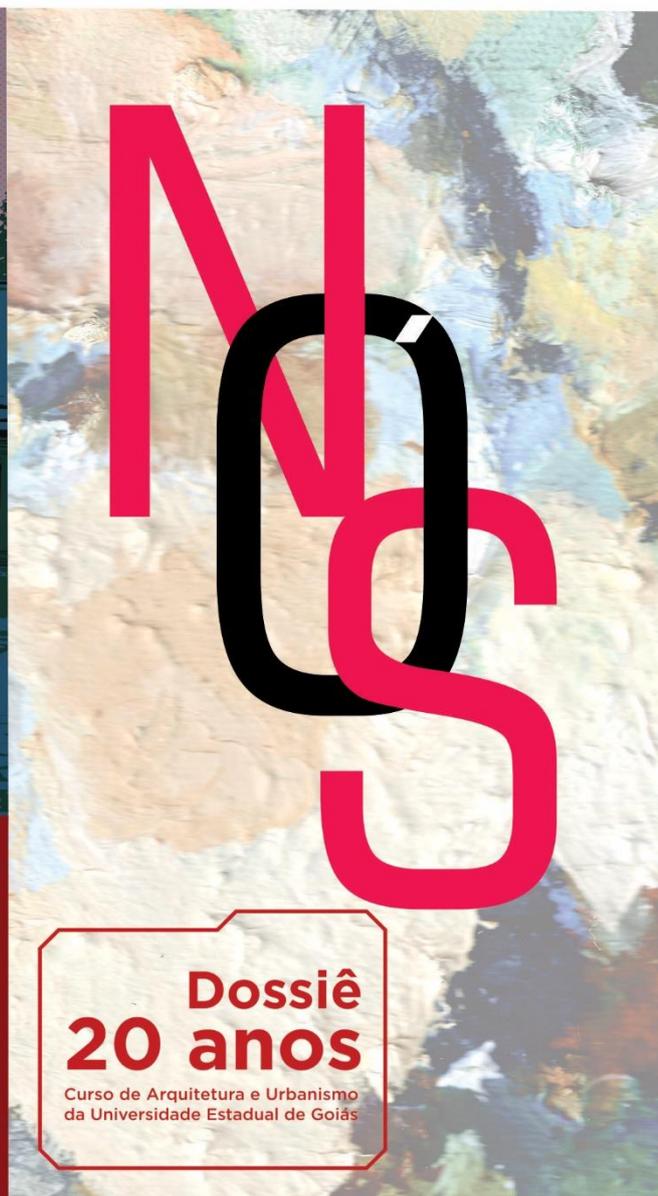


# REVISTA

CULTURA, ESTÉTICA & LINGUAGENS

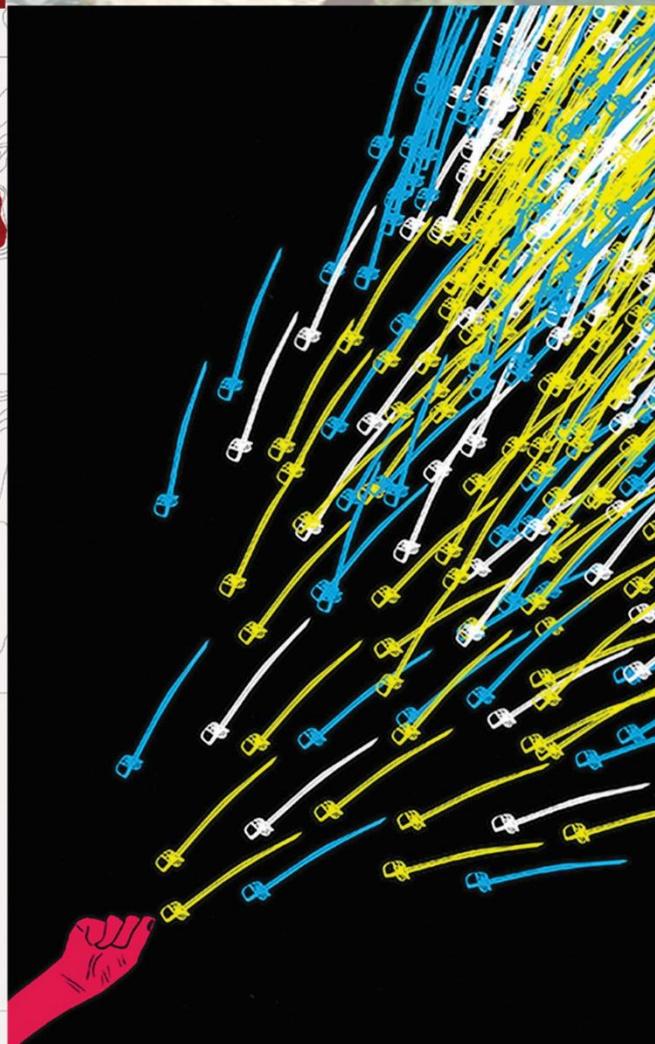
VOL. 05, Nº 2 - 3º TRIMESTRE - 2020

ISSN 2448-1793



Dossiê  
**20 anos**

Curso de Arquitetura e Urbanismo  
da Universidade Estadual de Goiás



## CONCEPÇÃO ESTRUTURAL E LINGUAGEM ARQUITETÔNICA: PROJETO “FÁBRICA DE IDEIAS E INOVAÇÃO”, MENÇÃO HONROSA NO 12º CONCURSO CBCA PARA ESTUDANTES DE ARQUITETURA

A METHODOLOGY FOR THE STRUCTURAL DESIGN IN ARCHITECTURE: PROJECT “FACTORY OF IDEAS AND INNOVATION”, HONORABLE MENTION IN THE 12th CBCA CONTEST FOR ARCHITECTURE STUDENTS

<https://doi.org/10.5281/zenodo.4666525>

Envio: 12/08/2020 ♦ Aceite: 29/09/2020

### Daniel da Silva Andrade



Doutor em estruturas e construção civil pela Universidade de Brasília (UnB); Mestre em estruturas e materiais de construção pela Universidade Federal de Goiás (UFG); Graduado em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Estadual de Goiás (UEG); Professor do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Goiás (UEG).

### Gabriela Gomes Costa



Graduanda em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Estadual de Goiás (UEG).

### Iara Oliveira Miquelin



Graduanda em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Estadual de Goiás (UEG).

**Murilo Henrique Alves Cordeiro**

Graduando em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Estadual de Goiás (UEG).

**Jairo Santana Silva**

Graduando em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Estadual de Goiás (UEG).

**RESUMO**

Assim como o projeto de Arquitetura, a concepção estrutural é por natureza um processo criativo avesso a enquadramentos e formatações, permanecendo aberto à infinita inovação. Porém, a aplicação de metodologias específicas pode abreviar o caminho para se chegar a soluções estruturais adequadas e eficientes. Este artigo apresenta uma metodologia para a concepção estrutural na Arquitetura e a sua aplicação na elaboração do projeto “Fábrica de Ideias e Inovação”, desenvolvido por estudantes de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Goiás (UEG), que recebeu menção honrosa no 12º concurso de projetos para estudantes de Arquitetura e Urbanismo promovido pelo Centro Brasileiro da Construção em Aço (CBCA), em 2019. Essa metodologia consiste na aplicação de seis procedimentos (etapas), a partir da observância de critérios específicos, que devem fazer parte do processo de projeto de Arquitetura: (1) escolha do sistema estrutural básico; (2) escolha do material estrutural; (3) aplicação de padrões estruturais; (4) aplicação de algumas recomendações práticas; (5) pré-dimensionamento estrutural; (6) compatibilização entre forma estrutural e forma estruturada. Além da aplicação no projeto supracitado, a metodologia aqui apresentada tem sido empregada com êxito, de forma pontual, na integração entre algumas disciplinas de estruturas e projeto de Arquitetura na UEG. Espera-se que essa possa ser utilizada futuramente como uma ferramenta de ensino em cursos de Arquitetura e Urbanismo.

**PALAVRAS-CHAVE:** estruturas, projeto, arquitetura, concepção, sistemas estruturais.

**ABSTRACT**

Like the architecture project, structural design is by nature a creative process that avoids framing and formatting, remaining open to infinite innovation. However, the application of specific methodologies can shorten the path to arrive at adequate and efficient structural solutions. This article presents a methodology for structural design in architecture and its application in the elaboration of the project "Factory of ideas and innovation", developed by students of architecture and urbanism at the State University of Goiás (UEG), which received an honorable mention in the 12th competition for projects for students of Architecture and Urbanism promoted by the Brazilian Center for Steel Construction (CBCA), in 2019. This methodology consists of the application of six procedures (stages), based on the observance of specific criteria, which must be part of the process architectural design: (1) choice of the basic structural system; (2) choice of structural material; (3) application of structural standards; (4) application of some practical recommendations; (5) structural pre-dimensioning; (6) compatibility between structural form and structured form. In addition to the application in the aforementioned project, the methodology presented here has been used successfully, in a timely manner, in the integration between some disciplines of structures and architecture design at UEG. It is hoped that this can be used in the future as a teaching tool in courses in architecture and urbanism.

**KEYWORDS:** structures, design, architecture, design, structural systems.

**1 – INTRODUÇÃO**

A elaboração de um projeto arquitetônico configura-se como um processo complexo, pois implica em considerar de forma concomitante uma série de requisitos, como necessidades físicas e psicológicas dos usuários, suas formas de expressão cultural e histórica, a intervenção no ambiente natural, a mediação das relações sociais pelo estabelecimento das relações entre espaços públicos e privados, as características dos materiais de construção e dos sistemas construtivos, bem como uma composição formal que possibilite estabelecer um sistema estrutural com comportamentos específicos.

De acordo com Saramago e Lopes (2009) as questões relacionadas com a concepção estrutural, devido às inovações tecnológicas das últimas décadas, assumem uma importância crescente no fazer arquitetônico. Afinal, se antigamente o projeto estrutural era concebido a partir do conhecimento adquirido por experiência e tradição, a constante superação técnica e econômica dos limites impostos à construção possibilita a criação de variadas formas que exigem a solução de problemas estruturais de maior complexidade e diversidade.

Rodrigues *et al.* (2010) ressaltam que o estudo das estruturas, na formação acadêmica dos estudantes de Arquitetura, é considerado uma tarefa difícil por muitos, devido ao uso do instrumental matemático necessário à compreensão de determinados conceitos em relação ao comportamento físico das estruturas. No entanto, particularmente, tirando-se partido da privilegiada capacidade de percepção visual dos alunos de Arquitetura, é possível facilitar a atividade de concepção estrutural.

Rebello (1999), após a análise da grade curricular de cinco escolas de Arquitetura, e através de uma fundamentação didática e pedagógica, formula uma nova proposta de ensino, baseada no favorecimento da independência intelectual do estudante em relação ao conhecimento do comportamento estrutural. A proposta de Rebello (1999) tomava como fundamento a consideração de que o ensino/aprendizado de estruturas se efetuava até então de maneira fragmentada, prejudicando uma plena apreensão dos conteúdos por parte dos alunos. Além disso, a ênfase nos aspectos quantitativos, em detrimento do conhecimento conceitual, resultaria na formação de um profissional despreparado para conceber, manipular e aplicar em projeto as várias possibilidades estruturais existentes.

Atualmente, no curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Goiás, o estudo das estruturas acontece, de maneira sistemática, em três disciplinas: Sistemas Estruturais 1, que se dedica ao estudo dos conceitos básicos e gerais em relação à concepção e análise estrutural; Sistemas Estruturais 2, que trata da concepção e noções de dimensionamento de estruturas de concreto armado; e Sistemas Estruturais 3, que aborda a concepção e noções de dimensionamento de estruturas de aço e madeira.

A metodologia apresentada neste artigo tem sido aplicada com êxito, de forma pontual, no curso de Arquitetura e Urbanismo da UEG por meio de uma atividade integrada entre a disciplina Sistemas Estruturais 1 e a disciplina Projeto de Arquitetura 2, ambas ministradas no 3º período letivo do curso. Nessa atividade, o estudante concebe um sistema estrutural, como atividade integrante da disciplina Sistema Estruturais 1, para o projeto arquitetônico desenvolvido por eles na disciplina Projeto de Arquitetura 2, sendo que, todos os processos que envolvem essa atividade integrada

são desenvolvidos com a elaboração de modelos físicos tridimensionais. A intenção dessa atividade é mostrar aos alunos a funcionalidade da estrutura no projeto de Arquitetura e sua relevância nos processos de projeto e construção, introduzindo o conhecimento dos sistemas estruturais de forma qualitativa e lúdica. Esse procedimento tem possibilitado uma melhor compreensão dos conceitos básicos dos sistemas estruturais, tirando vantagem da percepção visual dos estudantes de arquitetura. Desse modo, esse assunto tem se tornado mais atraente para os alunos, que geralmente se mostram mais motivados, despertando o interesse pelo estudo da análise estrutural nos períodos letivos subsequentes.

### 1.1 A CONCEPÇÃO ESTRUTURAL NA ARQUITETURA

A concepção estrutural na Arquitetura, também chamada de lançamento da estrutura, é de fundamental importância para os processos de projeto de Arquitetura e consiste em conceber um sistema estrutural que seja capaz de manter o edifício em equilíbrio estático, além de ser harmônico em relação a aspectos arquitetônicos funcionais, formais e estéticos. Implica escolher o sistema estrutural, sua geometria e materiais a serem utilizados e definir as posições dos elementos estruturais, de modo a formar um sistema eficiente, capaz de absorver os esforços oriundos das ações atuantes e transmiti-los ao solo.

Torroja (1960) é um dos primeiros a defender a ideia de que a concepção estrutural, enquanto fruto de um processo criativo, necessariamente deve estabelecer a conexão entre processos técnicos e artísticos. O autor defende que a discussão conceitual da forma e da estrutura deve ser priorizada para que o modelo matemático seja o resultado e não a causa do projeto. Afinal, para ele, a concepção de um sistema estrutural é anterior ao cálculo, que existiria para confirmar ou testar aquilo que foi concebido pela mente humana.

Segundo Rebello (1993), a concepção de um partido estrutural resulta da síntese de critérios específicos que podem ser obtidos pela observação dos exemplos existentes e dos fenômenos naturais. O autor propôs um método, baseado num 'sistema' de

sistemas estruturais básicos, que auxilia a organização do processo mental da concepção estrutural. Dessa forma, a partir do conhecimento de um número determinado de elementos, torna-se possível, pelo estabelecimento de associações adequadas entre eles, criar um número infinito de possibilidades e formas estruturais.

Alguns autores sugerem que, para desenvolver o conhecimento intuitivo das estruturas, é fundamental o favorecimento da experimentação em etapa anterior ao cálculo, de maneira a desenvolver o raciocínio estrutural do aluno. Para tanto, propõem que a elaboração de maquetes estruturais faça parte da primeira etapa do processo de aprendizado. Isso porque esses modelos em escala reduzida permitem a compreensão dos conceitos através da investigação dos aspectos qualitativos do fenômeno físico.

Este trabalho apresenta uma metodologia para a concepção estrutural na arquitetura por meio de uma aplicação prática na elaboração do projeto arquitetônico “Fábrica de Ideias e Inovação”, desenvolvido por estudantes de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Goiás (UEG). Esse projeto recebeu menção honrosa no 12º concurso de projetos para estudantes de Arquitetura e Urbanismo promovido pelo Centro Brasileiro da Construção em Aço (CBCA), em 2019.

## 2. METODOLOGIA

A metodologia proposta neste trabalho dá ênfase em aspectos qualitativos e lúdicos, e visa facilitar a atividade de concepção estrutural por meio de uma sistematização em etapas. Ressalta-se que todas estas etapas devem fazer parte dos processos de projeto de Arquitetura e devem, ainda, ser acompanhadas pela elaboração de modelos tridimensionais, sejam eles físicos ou computacionais, bem como a elaboração de desenhos a mão livre (croquis), tão importantes para o desenvolvimento da percepção espacial.

Esta metodologia consiste na aplicação de seis procedimentos (etapas), a partir da observância de critérios específicos, abordados neste artigo: (1) escolha do sistema estrutural básico; (2) escolha do material estrutural; (3) aplicação de padrões estruturais; (4) aplicação de algumas recomendações práticas; (5) pré-

dimensionamento estrutural; (6) compatibilização entre forma estrutural e forma estruturada.

## 2.1 A ESCOLHA DO SISTEMA ESTRUTURAL BÁSICO

Inúmeros são os tipos de sistemas estruturais que podem ser utilizados. Para que a escolha do sistema seja adequada a cada situação é fundamental que o Arquiteto conheça os sistemas estruturais básicos, suas características e limitações. De acordo com Engel (2001), os sistemas estruturais básicos podem ser classificados em sistema estrutural de forma ativa, vetor ativo, seção ativa e superfície ativa.

Os sistemas estruturais de forma ativa são formados basicamente por matéria não rígida, flexíveis, suportada por extremidades fixas, com a capacidade de suportar-se e cobrir um vão. A transmissão das cargas até aos apoios ocorre através de esforços normais (tração e compressão). Essa característica ocorre devido à forma da estrutura coincidir com o fluxo dos esforços, seguindo o trajeto natural das forças. Os sistemas estruturais de forma ativa podem se dividir em sistemas de cabos, tendas (figura 1), sistemas pneumáticos e sistemas de arcos.



Figura 1 – Sistema Estrutural de Forma Ativa: centro comunitário Athos Bulcão (UnB).  
Fonte: Acervo pessoal dos autores (2017).

Os sistemas estruturais de vetor ativo são formados basicamente por elementos curtos, sólidos e em linha reta (barras). Esses elementos, devido à sua pequena seção em relação ao seu comprimento, transmitem apenas forças na direção do seu eixo

longitudinal, sendo submetidos a apenas esforços normais de tração e compressão. Através de uma montagem triangular dos elementos, a composição torna-se estável, e por meio desse mecanismo as forças podem ser transmitidas a longas distâncias sem apoios intermediários. Os Sistemas de vetor ativo podem ser classificados em sistemas de treliças planas, treliças curvas (figura 2) e treliças espaciais.



Figura 2 – Sistema Estrutural de vetor ativo: Arena Castelão, Fortaleza-CE.  
Fonte: Acervo pessoal dos autores (2018).

Os sistemas estruturais de seção ativa são formados basicamente por elementos lineares de material resistente a solicitações de compressão, tração e flexão. Esse sistema é geralmente composto por lajes, vigas e pilares. As vigas, são capazes de resistir a forças perpendiculares ao seu eixo e transmiti-la lateralmente ao longo do mesmo até aos seus extremos. A mudança da direção das forças é resultado da resistência da massa da seção em relação às tensões normais e de cisalhamento. O sistema de seção ativa pode ser classificado em sistemas de vigas (figura 3), sistemas de pórticos e sistemas de vigas e lajes (grelhas).



Figura 3 – Sistema Estrutural de seção ativa: Museu de Arte de São Paulo.  
Fonte: Acervo pessoal dos autores (2015).

Os sistemas de superfície ativa são formados basicamente pela composição de elementos de superfície, formando mecanismos que reorientam forças, com resistência a compressão, tração e cisalhamento. O potencial da superfície para mudar as forças de direção depende da sua posição em relação à direção da força atuante, sendo mais eficaz quando a superfície é paralela à direção da força atuante e mais fraca quando a superfície está perpendicular à força atuante. Nos sistemas de superfície ativa o enrijecimento do sistema através da inclinação da superfície, com uma curva (figura 4) ou dobra, favorece os mecanismos de resistência mecânica.



Figura 4 – Sistema Estrutural de superfície: Igreja da Pampulha, Belo Horizonte-MG.  
Fonte: Acervo pessoal dos autores (2016).

## 2.2 A ESCOLHA DO MATERIAL ESTRUTURAL

Este item não tem a pretensão de abordar com profundidade os materiais estruturais e as suas propriedades, e sim destacar a importância da escolha do material estrutural para a concepção de uma estrutura e algumas características que podem ser determinantes para esta escolha.

Não existem regras fixas para a adoção de um material. Essa escolha depende de muitos fatores que vão desde questões concretas como custo, mão-de-obra disponível, e outros, até aqueles de difícil definição como valores sociais, culturais e mesmo sensações e percepção pessoal.

De acordo com Silva (2012), os principais materiais estruturais são: concreto armado (moldado in loco, pré-moldado/fabricado e protendido); madeira (roliça, serrada e laminada colada) e aço (chapa dobrada, laminado e soldado).

As estruturas de concreto armado são comuns em todos os países do mundo, caracterizando-se pela estrutura preponderante no Brasil. Esse nome é dado à estrutura de concreto que possui armações feitas com barras de aço em seu interior. Essas armações são necessárias para suprir a falta de resistência do concreto à tração, já que o forte do material é a resistência à compressão. Comparada a estruturas com outros materiais, a disponibilidade dos materiais constituintes (concreto e aço) e a facilidade de aplicação explicam a ampla utilização das estruturas de concreto nos mais variados tipos de construção, como edifícios, pontes e viadutos, reservatórios, barragens, pisos industriais, pavimentos rodoviários e de aeroportos, paredes de contenção, obras portuárias, canais, etc.

Uma das principais características do concreto armado, que torna a sua utilização muito vantajosa em Arquitetura, é o fato desse material ser moldável, proporcionando grande variabilidade de formas, porém formas muito complexas podem elevar o custo da execução. Uma das limitações das estruturas de concreto é que essas geralmente são pesadas, os elementos estruturais têm um peso próprio elevado, dificultando a sua utilização em grandes vãos e estruturas em balanço. Além disso, a sua execução no Brasil

se dá de forma artesanal, quase que em sua totalidade, demandando mais tempo em relação aos demais materiais estruturais.

O aço apresenta resistência muito elevada em relação aos demais materiais estruturais, permitindo a redução da quantidade de material utilizado na seção dos elementos estruturais. Isso é muito interessante pois permite a concepção de estruturas mais esbeltas, permitindo assim um maior aproveitamento dos espaços arquitetônicos. Além disso, a leveza da estrutura de aço somada à sua grande resistência, faz com que esta seja uma opção muito vantajosa para grandes vãos e estruturas em balanço. Silva (2012) destaca que as estruturas de aço ainda oferecem grande rapidez na execução, mas, como desvantagem, exigem maior especialização da mão-de-obra de montagem, maior conservação e proteção contra incêndio em casos específicos, aumentando os custos.

A madeira é um dos mais antigos materiais de construção, sendo que as madeiras com elevada densidade apresentam excelentes propriedades mecânicas, sendo adequadas para utilização em estruturas. Entre as inúmeras vantagens da madeira como material estrutural destacam-se o seu baixo peso próprio e grande resistência mecânica, boas características de isolamento térmico e acústico e facilidade de ser trabalhada. Como limitações ressaltam-se a vulnerabilidade à deterioração, caso não haja um tratamento que possa prolongar a sua vida útil, e as elevadas deformações, limitando o seu uso em grandes vãos e estruturas em balanço.

### 2.3 PADRÕES ESTRUTURAIS

De acordo com Ching *et al* (2010) os padrões estruturais são composições tridimensionais que consistem em elementos verticais de apoio, sistemas horizontais para vencimento de vãos e elementos de resistência às solicitações laterais (ação do vento). Essas composições são construídas a partir de unidades estruturais e podem auxiliar de forma significativa o trabalho de concepção estrutural.

As unidades estruturais são sistemas compostos por elementos capazes de formar ou definir limites de um único volume espacial. Há diferentes maneiras de se definir uma unidade estrutural (figura 5).

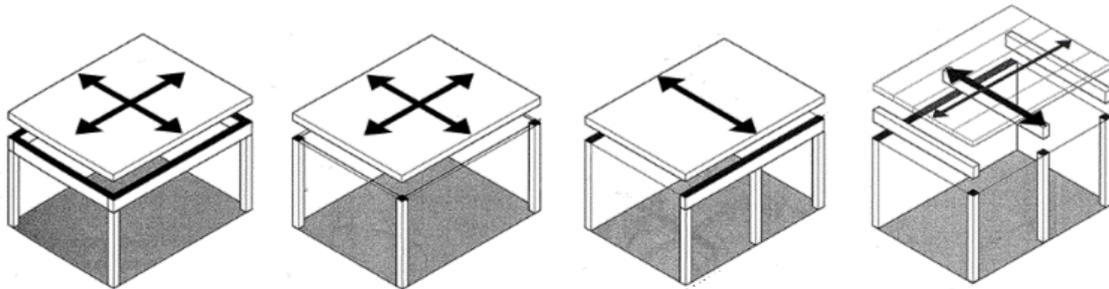


Figura 5 – Exemplos de unidades estruturais  
Fonte: CHING *et al.* (2010)

Os padrões e as unidades estruturais são construídos com base em grelhas estruturais. As grelhas ou retículas são padrões de linhas retas, geralmente espaçadas de maneira homogênea e se cruzando nos ângulos retos, que servem como referência para a localização de elementos estruturais como lajes, vigas e pilares. Nos projetos de arquitetura as grelhas podem ser utilizadas como elementos organizadores fundamentais.

As grelhas regulares definem vãos estruturais equivalentes, permitindo o uso de vários elementos em módulo. Porém, é preciso observar que as grelhas regulares são padrões genéricos que podem ser modificados em resposta às circunstâncias do programa, do terreno e dos materiais. Assim, as grelhas podem ser dotadas de irregularidades, uma das irregularidades mais comuns são as diferenças entre os espaçamentos dos eixos devido às dimensões (escala) dos vãos (figura 6). As escalas das grelhas estão relacionadas aos seguintes fatores: tipo de atividade humana a ser acomodada; dimensões eficazes do vão para um determinado sistema estrutural. Na representação gráfica das grelhas as linhas representam os locais onde as vigas serão inseridas, os espaços entre as linhas representam as posições das lajes e as marcações nos encontros de alguns eixos representam as posições dos pilares (figura 6).

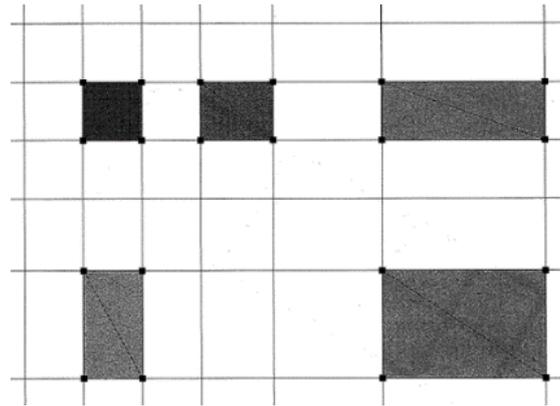


Figura 6 – Grelha estrutural com irregularidades de escala  
Fonte: CHING *et al.* (2010).

O tipo, o padrão e a escala sugeridos por uma grelha estrutural devem acomodar as atividades humanas previstas. No mínimo, o padrão de apoio vertical não deve limitar a utilidade de um espaço, nem condicionar as atividades previstas. Já as dimensões dos vãos influenciam de maneira direta os componentes horizontais, devendo ser adequadas às características e limitações dos materiais estruturais.

Quando os espaços precisam ser mais amplos do que o necessário para usos comuns, como ocorre em auditórios e ginásios, eles podem interromper o ritmo normal de uma grelha estrutural, nesse caso os vãos são maiores e as cargas resultantes exigem consideração especial. Os espaços de grande escala geralmente exigem um sistema estrutural adequado para o vencimento de grandes vãos.

#### 2.4. ALGUMAS RECOMENDAÇÕES PRÁTICAS

Juntamente com a utilização dos padrões estruturais deve-se proceder o posicionamento dos principais elementos estruturais que farão parte do sistema. Para essa existem algumas recomendações práticas que têm o objetivo de facilitar o lançamento dos elementos estruturais e contribuir para a estabilidade global da edificação. As recomendações que se seguem são aplicáveis para os sistemas estruturais de seção ativa, formados por lajes, vigas e pilares:

1. O lançamento estrutural parte da consideração do caminho das forças que atuam nas edificações, definindo-se primeiramente a localização das lajes, seguindo-se com o posicionamento das vigas e dos pilares, nessa ordem;
2. Como dito anteriormente, o posicionamento das lajes pode ser facilitado com a utilização dos padrões estruturais. Para as lajes maciças comuns recomenda-se limitar os vãos, pois lajes com vãos muito grandes requerem espessuras elevadas, além disso, as deformações excessivas podem ser um ponto crítico. Para vencer grandes vãos, torna-se mais viável a utilização de protensão ou de lajes de maior rigidez como, as lajes nervuradas;
3. Recomenda-se lançar vigas onde existam paredes, evitando que as mesmas fiquem aparentes, contribuindo para o aspecto estético. Entretanto, não é obrigatório lançar vigas sob todas as paredes. Eventualmente, uma parede poderá apoiar-se diretamente na laje, devendo-se fazer as devidas verificações na laje em virtude do carregamento introduzido pela parede. Quando existirem paredes leves, como por exemplo paredes de gesso acartonado e divisórias, a tarefa do lançamento de vigas torna-se mais flexível;
4. Os elementos estruturais devem ser os mais uniformes possíveis quanto à geometria. Dessa forma, recomenda-se que as vigas e as lajes tenham vãos comparáveis entre si;
5. A transferência de carga deve ser a mais direta possível. Dessa forma, deve-se evitar, na medida do possível, a utilização de vigas apoiadas sobre outras vigas (chamadas apoios indiretos), bem como o apoio de pilares em vigas (chamadas de vigas de transição);
6. Recomenda-se iniciar a localização dos pilares pelos cantos e, a partir daí, pelas áreas que geralmente são comuns a todos os pavimentos (área de elevadores e de escadas) e onde se localizam, na cobertura, a casa de máquinas e o reservatório superior. Em seguida, posicionam-se os pilares de extremidade e os internos, sempre procurando observar os requisitos inerentes ao projeto de arquitetura;

7. Deve-se, sempre que possível, dispor os pilares alinhados e nos encontros entre vigas, a fim de formar pórticos com as vigas que os unem. Os pórticos, assim formados, contribuem significativamente para a estabilidade global do edifício;
8. É fundamental que os vãos sejam estabelecidos levando em consideração as características dos materiais estruturais e os requisitos do projeto arquitetônico. Distâncias muito grandes entre pilares produzem vigas com dimensões elevadas. Por outro lado, pilares muito próximos acarretam interferência nos elementos de fundação e aumento do consumo de materiais;
9. Alternativamente, geralmente por motivos estéticos, podem ser utilizadas lajes sem vigas, apoiadas diretamente sobre os pilares, com ou sem capitéis, casos em que são denominadas lajes-cogumelo e lajes planas ou lisas, respectivamente. No alinhamento dos pilares, podem ser consideradas vigas embutidas, com altura considerada igual à espessura das lajes, sendo também denominadas vigas-faixa.
10. Sempre que possível, é interessante a criação de núcleos estruturais verticais por meio da associação de pilares-parede em torno de caixas de elevadores e escadas. Tratam-se de elementos que contribuem significativamente para a estabilidade global do edifício, além de contribuir para ações laterais (ação do vento).

## 2.5 PRÉ-DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL

O Arquiteto, ao fazer o projeto arquitetônico, pode ter dificuldade em estudar as relações dimensionais entre a concepção estrutural e arquitetônica, porque o dimensionamento estrutural está longe de ser iniciado e o espaço ocupado por cada uma das partes da estrutura interfere diretamente na funcionalidade e na estética de sua Arquitetura.

Com base na experiência de renomados profissionais, com o objetivo de resolver esse impasse, foram desenvolvidos processos de pré-dimensionamento das estruturas que, se não apresentam resultados exatos, muito se aproximam deles. Evidentemente,

é necessário que, posteriormente, sejam realizados os cálculos estruturais com todo o cuidado e a exatidão exigidos pelas normas técnicas, mas, com o pré-dimensionamento, se tem um ponto de partida para se estabelecer as relações dimensionais entre concepção estrutural e arquitetônica.

Um pré-dimensionamento estrutural é fundamental para o lançamento inicial dos componentes estruturais, observando-se as restrições e possibilidades dos espaços. O pré-dimensionamento dos sistemas estruturais é feito recorrendo-se a gráficos, tabelas ou equações simplificadas. Neste trabalho foi utilizado o método gráfico contido em Rebello (2010), por ser de fácil aplicação, permitindo a obtenção das dimensões iniciais dos elementos estruturais de forma rápida e prática.

Os gráficos (figura 7) apresentam, nas abscissas, valores que correspondem a uma das variáveis, como vãos, quando se trata de estruturas como cabos, vigas e treliças, ou número de pavimentos ou altura não travadas, quando se trata de pilares.

Nas ordenadas, estão os valores que correspondem à resposta do pré-dimensionamento (dimensão requerida), como flecha do cabo, altura da seção do arco, da viga e da treliça, ou, ainda, a dimensão mínima de um dos lados da seção do pilar.

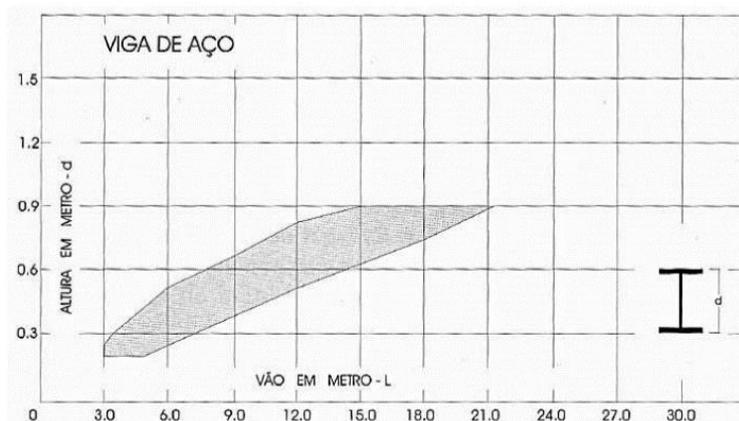


Figura 7 – Gráfico para pré-dimensionamento de vigas de aço  
Fonte: REBELLO, Y. C. P. (2010).

Os gráficos não são apresentados na forma de uma linha, mas de uma superfície contida entre duas linhas, a superior representa os valores máximos de pré-dimensionamento e a inferior, os valores mínimos.

O uso do limite inferior ou superior depende de bom senso. Se a estrutura for pouco carregada, como as estruturas de cobertura, utiliza-se o limite inferior, ou, na dúvida, a região intermediária. Quando a estrutura é bastante carregada utiliza-se o limite superior.

## 2.6 COMPATIBILIZAÇÃO ENTRE FORMA ESTRUTURAL E FORMA ESTRUTURADA

A compatibilização de projetos consiste em detectar falhas relacionadas às interferências e inconsistências geométricas entre os subsistemas da edificação. Desse modo, há a integração de todos os sistemas. Dentre os projetos a serem analisados, é possível citar: estruturas, arquitetônico, hidráulico, instalações, paisagismo, impermeabilização, elétrico, prevenção de incêndios e outros. Basicamente, é como se todos esses projetos fossem “sobrepostos”, no intuito de encontrar incompatibilidades. Neste artigo limitou-se à abordagem da compatibilização entre a concepção estrutural e o projeto de Arquitetura, aqui denominados forma estrutural e forma estruturada.

A compatibilização é imprescindível para a produção do projeto de Arquitetura, é uma atividade viva e constante durante os processos de projeto arquitetônico e os demais projetos que envolvem a edificação.

A metodologia aqui proposta recomenda a utilização de modelos tridimensionais, croquis e diagramas em todo o processo de projeto. Assim, estes artifícios também devem ser utilizados no intuito de facilitar a compatibilização entre forma estrutural e forma estruturada.

Um dos fatores a serem observados na compatibilização é o posicionamento dos pilares entre os pavimentos que compõem uma edificação. Assim, por exemplo, deve-se verificar se os arranjos dos pilares afetam as áreas sociais, áreas de circulação, etc. Para essa verificação, além da utilização dos modelos tridimensionais, é comum se utilizar os padrões estruturais por meio da sobreposição da grelha estrutural de um pavimento sobre outro, assim procedendo-se a verificação e compatibilização do arranjo de pilares entre pavimentos.

Na impossibilidade de compatibilização da posição dos pilares entre pavimentos é possível se utilizar vigas de transição, embora se recomende, sempre que possível, evitar este tipo de solução, como dito anteriormente.

Ressalta-se também a importância de verificar se o arranjo dos pilares permite a realização de manobras dos carros nos casos de pavimentos de garagem. Quanto às garagens, verifica-se que é mais difícil compatibilizar as melhores posições estruturais dos pilares com a melhor distribuição dos boxes (espaços reservados para os automóveis), sendo primordial, nesta etapa, o domínio espacial e entendimento em relação aos requisitos de projeto na busca da melhor posição estrutural para os pilares.

Destaca-se a importância de se realizar o pré-dimensionamento dos elementos estruturais antes de se proceder a compatibilização, para que se tenha noção das dimensões dos elementos estruturais e a sua relação com os espaços arquitetônicos. Tendo noção das dimensões iniciais dos elementos estruturais é comum, por questões estéticas e com vistas às facilidades no acabamento e ao melhor aproveitamento dos espaços, adotar larguras de vigas em função da largura das alvenarias.

O pré-dimensionamento também é fundamental para a previsão de espessuras de lajes e alturas de vigas. As alturas das vigas ficam limitadas pela necessidade de prever espaços livres para aberturas de portas e de janelas, e as espessuras das lajes influenciam diretamente no cálculo de escadas e rampas.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O concurso CBCA para estudantes de Arquitetura é um concurso de projetos de Arquitetura, de abrangência nacional. Esse, é uma etapa do concurso promovido pela Associação Latino-Americana do Aço (ALACERO), que tem abrangência latino-americana. A equipe vencedora do Brasil concorre com equipes vencedoras dos países membros da ALACERO, como Argentina, Chile, Colômbia, Equador, México, Peru, República Dominicana e Venezuela.

O projeto escolhido para a elaboração deste artigo, desenvolvido por equipe formada por alunos e professores do curso de Arquitetura e Urbanismo da UEG, recebeu

menção honrosa na 12ª edição do concurso CBCA, em 2019. Como dito anteriormente, a metodologia aqui proposta para a concepção estrutural, além do projeto “Fábrica de Ideias e Inovação”, tem sido empregada com êxito, de forma pontual, na integração entre algumas disciplinas de estruturas e projeto de Arquitetura na UEG.

### 3.1 O PROJETO “FÁBRICA DE IDEIAS E INOVAÇÃO”

O tema “Fábrica de Ideias e Inovação”, proposto na 12ª edição do CBCA, configura-se como um centro tecnológico, cujo programa tem como objetivo incentivar o desenvolvimento científico, tecnológico e o empreendedorismo, de forma integrada entre instituições de ensino e empresas.

Faz parte do escopo do concurso a escolha do lugar de implantação do projeto. Assim, a área definida para a inserção do edifício “Fábrica de Ideias e Inovação”, está localizada na cidade de Anápolis, Goiás. Em razão de sua localização geográfica, que está situada no centro do Brasil, a cidade possui determinantes corredores de transporte na ligação do Brasil de norte a sul, e dispõe também do Distrito Agroindustrial de Anápolis (DAIA) um relevante complexo que contém 209 indústrias, com destaque nos polos farmacêutico e químico. Anápolis também é conhecida por ser um polo universitário que conta com cursos de graduação, especialização, mestrado e doutorado, com destaque à Universidade Estadual de Goiás.

Contudo, apesar do enorme potencial de ligação entre o setor privado e público, ainda existe uma ausência na integração desses serviços, isto é, não existe um ponto de encontro onde indústrias e instituições acadêmicas se relacionam no interesse de criar, produzir, investir e inovar tecnologias que buscam o desenvolvimento de pesquisas na área da biotecnologia, energias alternativas, biologia sintética e produção sustentável conforme propõe uma “Fábrica de Ideias e Inovação”.

A área está localizada nas extensões do Campus de Ciências Exatas e Tecnológicas da UEG, cujo terreno possui aproximadamente 113ha. O terreno, onde se insere o projeto (figura 8), permite que a edificação sirva como um laboratório experimental, proporcionando vivência, estudo e contemplação. Dessa forma, o edifício

pretende gerar multidisciplinaridade e intercâmbio de ideias entre estudantes e pesquisadores, com o enfoque no desenvolvimento de inovações tecnológicas, sustentáveis e renováveis, servindo como um ponto de encontro para pesquisar, criar e produzir, tanto para o setor privado quanto para o meio acadêmico.

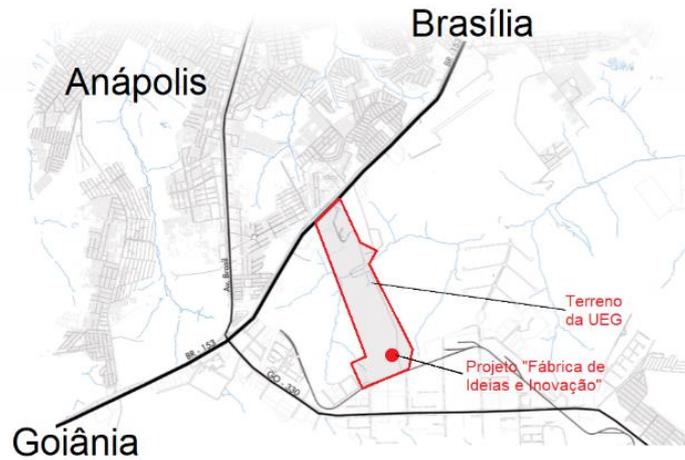


Figura 8 – Terreno de implantação do projeto “Fábrica de Ideias e Inovação”.  
Fonte: Acervo pessoal dos autores (2019).

Nas proximidades da região onde o edifício se insere, encontram-se importantes pontos de desenvolvimento econômico e científico, sendo eles: UEG a noroeste, Aeroporto de Cargas a nordeste, Parque de Manobras da Ferrovia a sudoeste e DAIA a sudeste. A partir disso, o edifício surge na junção do traçado destes eixos (figura 9) que, interligados, possibilitam a criação de um espaço de vivência central, o qual estabelece uma interação com a natureza local e ao mesmo tempo com entorno edificado, criando visadas para os mesmos.

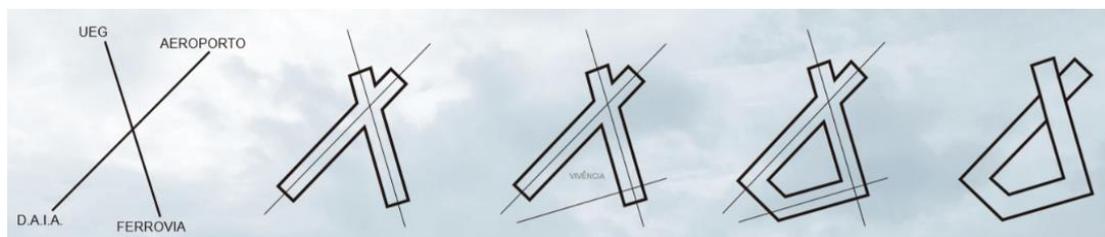


Figura 9 – Síntese do processo de concepção do projeto “Fábrica de Ideias e Inovação”.  
Fonte: Acervo pessoal dos autores (2019).

Como dito anteriormente, todas as etapas aqui descritas devem ser acompanhadas pela elaboração de modelos tridimensionais, sejam eles físicos ou computacionais. Para o projeto “Fábrica de Ideias e Inovação”, este trabalho foi iniciado com maquetes físicas (figura 10) e posteriormente adotou-se a modelagem computacional.

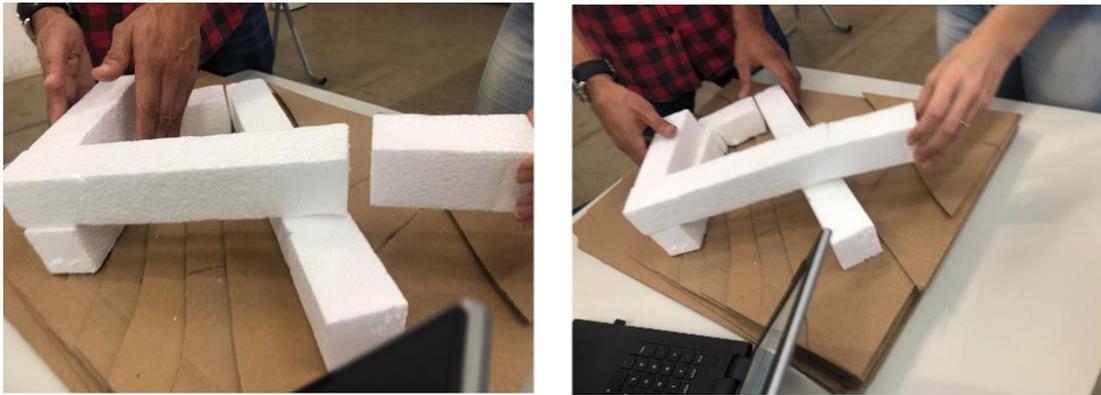


Figura 10 – Maquete física confeccionada durante o processo de projeto.  
Fonte: Acervo pessoal dos autores (2019).



Figura 11 – Visão geral do projeto “Fábrica de Ideias e Inovação”.  
Fonte: Acervo pessoal dos autores (2019).

Um dos requisitos do concurso CBCA é que o projeto elaborado tenha estrutura de aço, devendo ser apresentada uma síntese da concepção estrutural. Então, nesse caso a escolha do material foi condicionada à essa determinação, optando-se pelo aço

galvanizado, que possui maior resistência à deterioração e maior vida útil, ficando assim a concepção formal do projeto vinculada ao material e ao sistema estrutural escolhido.

Tendo como um dos principais objetivos estimular o trabalho criativo, uma das decisões de projeto foi estabelecer espaços amplos e flexíveis, então optou-se pela utilização de um sistema estrutural de seção ativa, compostos por perfis de aço com seção “I”, o que permitiu a criação de grandes vãos para os ambientes, e somado ao uso do drywall como fechamento, permitiu uma espacialidade mais flexível.

Além disso, como pontos importantes do projeto destacam-se o volume que compreende um vão de aproximadamente 50 metros, que marca a entrada do edifício (figura 12a), e um balanço de 20 metros (figura 12b), que configura um mirante para a contemplação da paisagem local. Essa volumetria foi concebida levando em consideração a elevada declividade apresentada pela topografia do terreno. Para estruturar esses elementos e garantir uma leveza visual ao edifício, optou-se por um sistema estrutural de vetor ativo, com a utilização de duas grandes treliças planas com travamento feito por vigas transversais, todas em perfil “I”, por ser um sistema adequado para grandes vãos e estruturas em balanço.



(a)

(b)

Figura 12 – a) vão que marca a entrada do edifício e b) estrutura em balanço.

Fonte: Acervo pessoal dos autores (2019).

Para a estrutura da cobertura (figura 13) também se optou por uma estrutura treliçada. Ressalta-se que é muito comum se utilizar mais de um tipo de sistema para estruturar um único edifício (sistemas estruturais híbridos), sendo muito frequente a utilização de sistemas de seção ativa para se estruturar lajes de piso e teto dos ambientes e sistemas de vetor ativo para a estruturação dos planos de cobertura. Essa foi a concepção adotada no projeto “Fábrica de Ideias e Inovação”, juntamente com as

treliças planas (sistema de vetor ativo) para o balanço e o grande vão que marca a entrada do edifício.

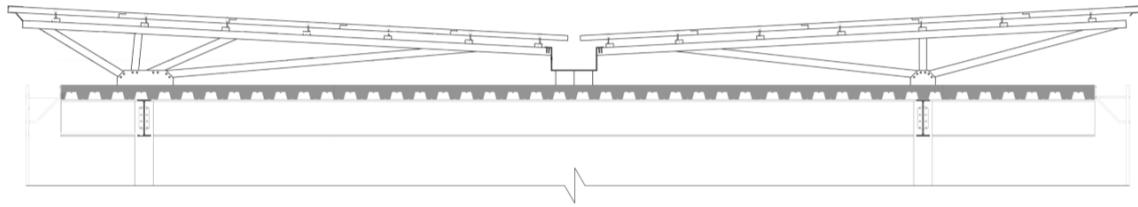


Figura 13 – Corte esquemático da estrutura da cobertura.  
Fonte: Acervo pessoal dos autores (2019).

Em relação ao padrão estrutural foi adotada uma malha ortogonal e regular quase que na totalidade do projeto, com exceção de algumas intersecções volumétricas (figura 14). Esse fator, no caso das estruturas de aço, facilita a execução e reduz o custo global da estrutura, devido à padronização na fabricação dos elementos estruturais.



Figura 14 – Representação do padrão estrutural do segundo pavimento.  
Fonte: Acervo pessoal dos autores (2019).

Sobre as recomendações práticas abordadas neste trabalho, os planos de lajes foram definidos primeiramente, juntamente com a modulação adotada em relação aos padrões estruturais. Depois da definição dos planos de lajes, as posições das vigas também foram definidas, com a colocação dessas nas extremidades das lajes.

Como a modulação estabelecida para a estrutura de aço resultou em grandes vãos de lajes, optou-se pela utilização de lajes pré-fabricadas aoveolares protendidas, sendo essas adequadas para grandes vãos e compatíveis com a rapidez do processo de execução das estruturas de aço.

Procurou-se ao máximo coincidir o alinhamento das vigas com o alinhamento das paredes. No entanto, devido à modulação estrutural, algumas paredes ficaram apoiadas diretamente nas lajes, optando-se pelo sistema drywall, com gesso acartonado.

A localização dos pilares foi iniciada pelos cantos, e posteriormente nas extremidades do edifício. A modulação adotada permitiu a utilização de pouquíssimos pilares internos, apenas em regiões de intersecção volumétrica.

Procurou-se ao máximo dispor os pilares de forma alinhada e nos encontros entre vigas, formando pórticos, com o objetivo de contribuir com a estabilidade global do edifício e facilitar a execução (figura 15).



Figura 15 – Pilar localizado no encontro entre vigas.  
Fonte: Acervo pessoal dos autores (2019).

Conforme recomendado anteriormente, como não teve nenhum impedimento imposto por questões arquitetônicas, foram criados núcleos estruturais verticais por meio da associação de pilares-parede em torno das caixas de elevadores e escadas, com o intuito de contribuir para a estabilidade global do edifício (figura 16).

O padrão estrutural adotado resultou em um arranjo de pilares com poucas interferências entre os pavimentos, exceto nas regiões de intersecção volumétrica, onde foi realizada a compatibilização da estrutura com os espaços internos do edifício, com poucas alterações em relação ao dimensionamento dos ambientes. Para esse procedimento foram utilizadas a sobreposição de desenhos com os padrões estruturais dos pavimentos, bem como a modelagem computacional tridimensional.

O pré-dimensionamento foi realizado em conjunto com a compatibilização entre forma estrutural e forma estruturada. Assim, foi possível obter as dimensões mínimas para a altura das vigas e espessura mínima das lajes, fator que foi fundamental para a compatibilização em relação ao pé-direito útil e ao cálculo de escadas.

Embora o pré-dimensionamento das treliças tenha apresentado uma dimensão menor que o pé-direito do seu respectivo pavimento, optou-se por treliças que compreendessem a altura inteira do pavimento, por motivos estéticos e construtivos pois, nesse caso, as treliças precisariam apoiar as lajes de piso e de teto do referido pavimento.



Figura 16 – Modelagem computacional com a síntese da estrutura  
Fonte: Acervo pessoal dos autores (2019).

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo apresentou uma metodologia para a concepção estrutural na Arquitetura e a sua aplicação na elaboração do projeto arquitetônico “Fábrica de Ideias e Inovação”, que recebeu menção honrosa no 12º concurso de projetos para estudantes de Arquitetura e Urbanismo promovido pelo CBCA, em 2019.

A metodologia apresentada busca sistematizar em etapas o trabalho de concepção estrutural, tão importante nos processos de projeto de Arquitetura.

Acredita-se que essa sistematização foi fundamental para o êxito do projeto e, conseqüentemente o fato desse ter recebido menção honrosa no concurso, de abrangência nacional.

Além da aplicação no projeto “Fábrica de Ideias e Inovação”, a metodologia aqui apresentada tem sido empregada com êxito, de forma pontual, na integração entre algumas disciplinas de estruturas e projeto de Arquitetura na UEG, tendo os alunos, nessas ocasiões, se mostrado mais motivados e com maior interesse pelo estudo das estruturas.

O desenvolvimento do projeto “Fábrica de Ideias e Inovação” e a aplicação da metodologia aqui proposta ressalta também a necessidade de se ter espaços adequados na UEG para o desenvolvimento de atividades integradas, que possam envolver as disciplinas práticas de projeto e outras disciplinas. As atividades integradas são fundamentais para os processos de ensino e aprendizagem e, nesse sentido, o projeto “Fábrica de Ideias e Inovação” abre novas expectativas e debates sobre a importância dessa integração, que pode se estender aos projetos de ações de extensão universitária a serem implementados e desenvolvidos, por exemplo, com a participação do PRISMA, Escritório Modelo de Arquitetura e Urbanismo (EMAU), da TECTÔNICA, Empresa Junior do Cursos de Engenharia Civil, e da comunidade acadêmica em geral.

Por fim, espera-se que a metodologia aqui apresentada possa ser utilizada futuramente como uma ferramenta de ensino em cursos de Arquitetura e Urbanismo, facilitando o trabalho de concepção estrutural nos processos de projeto de Arquitetura.

## REFERÊNCIAS

CHING, Francis D. K.; ONOUYE, Barry S.; ZUBERBUHLER, Douglas. **Sistemas estruturais ilustrados**. Porto Alegre: Bookman, 2010.

ENGEL, Heino. **Sistemas estruturais**. Ed. castelhana/portuguesa. Barcelona: Gustavo Gili, 2001.

REBELLO, Yopanan C. P. **Contribuição ao ensino de estruturas nas escolas de arquitetura**. São Paulo: USP, 1993. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

REBELLO, Yopanan C. P. **Uma proposta de ensino da concepção estrutural**. São Paulo: USP, 1999. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

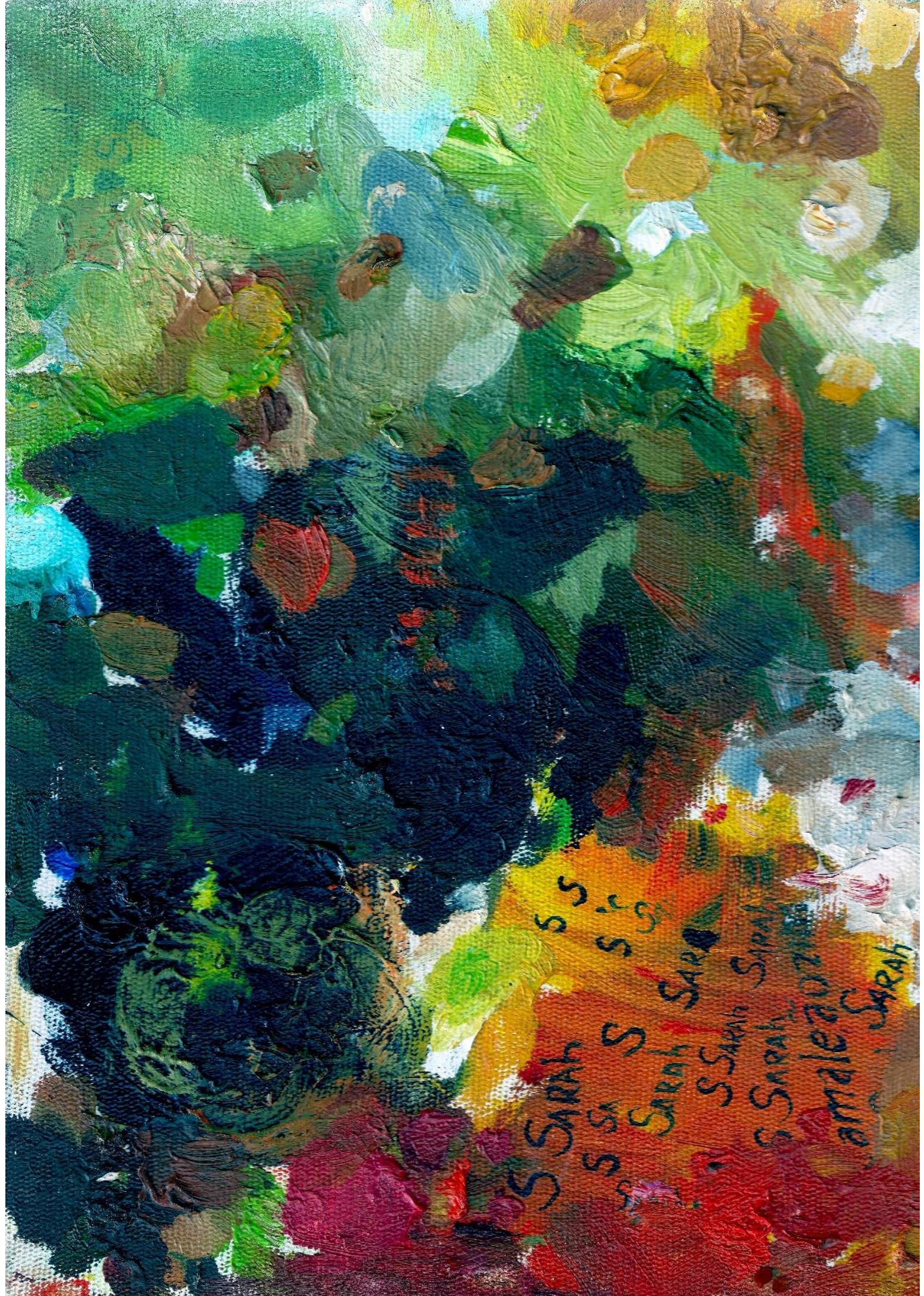
REBELLO, Yopanan C. P. **A concepção estrutural e a arquitetura**. São Paulo: Ziguarte, 2010.

RODRIGUES, Claudia Susie Camargo.; PINTO, Ricardo Alexandre Marquezin; RODRIGUES, Paulo Fernando Neves. **Uma Aplicação da Realidade Aumentada no Ensino de Modelagem dos Sistemas Estruturais**. Revista Brasileira de Computação Aplicada (ISSN 2176-6649), Passo Fundo, v.2, n. 2, p. 81-95, set. 2010.

SARAMARGO, Rita de Cássia Pereira; LOPES, João Marcos de Almeida. **Ensino de estruturas nas escolas de arquitetura do Brasil: estrutura curricular e recursos didáticos**. Revista Tecnológica, Edição Especial ENTECA 2009, p. 169-179, 2009.

SILVA, Mauro César de Brito. **Estrutura e Arquitetura: aço e madeira**. Editora da PUC, Goiás. Goiânia, 2012.

TORROJA, E. **Razón y ser de los tipos estructurales**. Madrid: Instituto Técnico de la construcción y del cemento, 1960.



S SARAH S S  
S SARAH S S  
SARAH SARAH  
S SARAH SARAH  
S SARAH SARAH  
amalea SARAH

## MOSTRA(R) O PATRIMÔNIO CULTURAL EDIFICADO DE ANÁPOLIS: UMA EXPERIENCIA METODOLÓGICA EM AÇÃO

DISPLAYNG THE BUILDING CULTURAL HERITAGE OF ANÁPOLIS  
A METHODOLOGICAL EXPERIENCE IN ACTION

MOSTRA(RE) IL PATRIMONIO CULTURALE EDILÍCIO DI ANÁPOLIS  
UN'ESPERIENZA METODOLOGICA IN AZIONE

Envio: 20/08/2020 ♦ Aceite: 29/10/2020

### Milena d' Ayala Valva



Arquiteta e Urbanista pela PUC-GO, professora da UEG desde 2001 no curso de Arquitetura e Urbanismo e do Programa de Pós-Graduação Territórios e Expressões Culturais no Cerrado (TECCER-UEG) desde 2012. Especialização em Revitalização Urbana e Arquitetônica e Mestrado em Arquitetura pela UFMG. Doutorado em Projeto, Espaço e Cultura pela FAU-USP

### RESUMO:

Esse artigo trata de uma experiência que está sendo desenvolvida desde 2016 na disciplina de Patrimônio Cultural Edificado, do quinto período do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Goiás (UEG). Mais do que refletir sobre um processo de ensino e aprendizagem, esse registro quer apresentar inquietações, quer falar de uma escola e seus alunos, da aventura da liberdade e criação e da difusão de conhecimentos e sensibilidades. *Conhecer para Preservar, Preservar para Conhecer*, jargão conhecido, é o nome de um projeto experimental que busca, através de uma proposta de ação e de provocações, novas práticas de educação patrimonial. Essa prática envolve trabalho de campo, conhecimento e questionamentos da realidade, escolha de um tema e materialização de uma proposta de ação coletiva mediada pela estética e pela arquitetura e urbanismo. As *Mostras*, modalidade de exposição escolhida para apresentar o resultado da pesquisa de campo, defendem um conceito e ideias, com o objetivo de sensibilizar as pessoas, considerando diferentes possibilidades de público, sobre o tema da salvaguarda do patrimônio cultural edificado da cidade de Anápolis (GO).

**PALAVRAS-CHAVES:** Patrimônio Edificado, experiência, ensino, aprendizagem.