

Análise estrutural qualitativa como ferramenta para o design de mobiliário

Márcia Câmara Bandeira de Figueiredo, Marcus Paulo Santos Brandão e Marcela Vieira de Paula Crepaldi (*)

Actas de Diseño (2026, abril),
Vol. 53, pp. 154-157. ISSN 1850-2032.
Fecha de recepción: julio 2022
Fecha de aceptación: octubre 2025
Versión final: abril 2026

Resumo: No campo da arquitetura e da engenharia o conhecimento estrutural é de extrema importância na atividade projetual. Nesse contexto, a estrutura assume um duplo papel: de sustentação da edificação; e expressivo, ligado à concepção formal e aparência final do elemento projetado. Partindo da ideia de que tal compreensão é necessária também ao design de produtos, o presente artigo busca, através da transposição de conhecimentos oriundos da teoria das estruturas, desenvolver uma análise estrutural qualitativa de cadeiras, como uma importante ferramenta projetual.

Palavras-chave: Ferramenta Projetual – Design de Produto – Análise Estrutural.

[Resúmenes en inglés y español en la página 157]

Introdução

Sabe-se que na arquitetura e na engenharia a teoria das estruturas é de grande importância na concepção de projetos. Nessas áreas, uma estrutura pode ser definida como um conjunto de elementos geométricos reagentes a esforços, tais como barras (vigas e pilares), placas (lajes) e blocos (fundações) que se inter-relacionam formando um sistema que desempenha uma função específica: promover a sustentação de edificações (Rebello, 2003, p. 21). Afora o papel de dar sustentação, a definição de um sistema estrutural está ligada também à concepção formal da edificação. Sob essa perspectiva, a estrutura assumiria assim um duplo papel: como elemento portante e como elemento expressivo e poético em algumas composições arquitetônicas. De acordo com Santa Cecília (2005) e Andrade (2016), o estudo da produção da arquitetura moderna evidenciou tais estratégias compositivas fundamentadas na manipulação de sistemas estruturais e construtivos em finalidades expressivas. Nesse contexto, o protagonismo estrutural desenvolvido nas formas arquitetônicas acabou por restabelecer um rico diálogo entre arquitetos e engenheiros através da conceitos e princípios básicos da teoria das estruturas.

Nota-se que, antes mesmo do cálculo estrutural, a teoria das estruturas envolve o entendimento qualitativo dos fenômenos físicos e a análise de sua concepção geométrica ou formal dos sistemas estruturais. Esse conhecimento serve para diversas áreas, não só para a arquitetura ou engenharia. Na prática do design de produto, por exemplo, o conceito de estrutura é incorporado ao projeto de objetos de menor escala, mesmo que muitas vezes de maneira intuitiva. No design de mobiliário é possível perceber a presença de uma composição estrutural, além de cores, texturas e materiais. Nesse sentido, assim como ocorre nas edificações, o projeto de uma cadeira pode ser analisado em termos de um sistema estrutural composto por elementos como barras, placas e blocos que conectados, desempenharão a função de garantir a sustentação, a estabilidade e o uso, bem como

de transmitir valores culturais e identitários a partir da configuração formal que a estrutura atribui ao objeto.

Nota-se que esse duplo papel, portante e expressivo das estruturas, assim como observado por Santa Cecília (2005) e Andrade (2016) na arquitetura, é um aspecto marcante também na produção do móvel moderno brasileiro, tal como demonstra os estudos de Santos (1995) e Vicente e Vasconcellos (2017). Sob essa perspectiva, o artigo investiga possibilidades de transpor os conhecimentos da teoria das estruturas para o campo do design de produto, aplicando-os à análise estrutural qualitativa de design de cadeiras. Por fim, procura-se sintetizar as informações obtidas nessas análises para que sirvam como ferramenta para a atividade projetual do designer.

Teoria das Estruturas e seus aspectos qualitativos

De acordo com Rebello (2003), a Teoria das Estruturas é uma disciplina cujos conhecimentos podem ser divididos em duas abordagens: análise dos aspectos qualitativos da concepção estrutural e análise dos aspectos quantitativos relativos ao cálculo estrutural. Na primeira, a análise e concepção estrutural abordará, entre outros aspectos, o entendimento dos fenômenos físicos que ocorrem nas estruturas, da geometria dos seus elementos, dos sistemas estruturais básicos e dos esforços que atuam sobre eles. Em outras palavras, ela tratará da análise das condições de equilíbrio externo e do caráter formal das estruturas, sem se ater às questões matemáticas. Já o cálculo matemático será responsável pela verificação e dimensionamento estrutural, e nesse processo a escolha de determinado material e a análise da sua resistência serão fundamentais.

O presente estudo se detém a primeira abordagem, buscando transpor contribuições da análise qualitativa das estruturas ao design de produto, em específico, ao design de mobiliário.

Do ponto de vista qualitativo, Rebello (2003, p. 21) descreve que uma estrutura pode ser definida como “um conjunto, um sistema, composto por elementos que se inter-relacionam para desempenhar uma função, permanente ou não”. Nas edificações, a estrutura é composta por elementos, tais como pilares, vigas, lajes e fundações, que se inter-relacionarão formando um sistema estrutural capaz de absorver e transmitir esforços, sustentando o edifício e criando nele espaços habitáveis. Uma estrutura, portanto, é formada sempre por um sistema ou associação de elementos estruturais básicos reagentes a esforços que se tornam os caminhos pelos quais as cargas que atuam sobre eles percorrerão até chegar ao seu destino, o solo. Do ponto de vista da geometria, o autor classifica esses elementos em barras (rígidas e cabos), blocos e lâminas (placas, membranas e cascas). Além disso, descreve que nas edificações são inúmeras as possibilidades de associação dos elementos estruturais básicos resultando em sistemas estruturais, ou arranjos formais diversos, tais como: cabo, arco, viga de alma cheia, treliça, viga vierendeel, pilar, placa, casca, membrana e pórtico.

Nesses sistemas estruturais é possível verificar o aparecimento e predominância de determinados esforços, tais como a tração axial, a compressão axial e o momento fletor ou flexão. O conhecimento qualitativo destes esforços e do comportamento de estruturais submetidas a eles é fundamental ao processo projetual, seja na escala arquitetônica ou do design de produtos.

A tração axial ou simples é o esforço resultante da aplicação de uma força de dentro para fora, e na direção do eixo longitudinal de uma barra ou cabo, que leva ao aumento do comprimento do elemento estrutural. Já compressão axial é um fenômeno oposto ao primeiro, isto é, ele resulta de uma força aplicada de fora para dentro na direção do eixo longitudinal da peça, levando à diminuição do seu comprimento. Associado ao esforço de compressão axial, existe ainda o fenômeno da flambagem, que diz respeito à perda de estabilidade da peça comprimida antes mesmo do seu rompimento devido a sua possibilidade de flexão. Já o momento fletor ocorre em elementos estruturais submetidos a carregamentos aplicados perpendicularmente ao seu eixo longitudinal. Esse esforço, além provocar o giro de suas seções da peça, torna o seu eixo longitudinal curvo, gerando o aparecimento de flexas (Rebello, 2003, pp. 49-57).

Os cabos são estruturas que só possuem resistência quando estão sujeitos ao esforço da tração axial. Por isso, nessas estruturas a quantidade de material próximo ao centro geométrico da seção transversal será o fator determinante para a sua capacidade de resistir ao referido esforço. Nos arcos, pilares e demais elementos estruturais nos quais observa-se o predomínio de esforços de compressão axial, o fator determinante da resistência será não a quantidade de material, mas a forma como ele se distribui na seção transversal da peça. Nesse caso, a melhor situação é aquela em que o material se encontra uniformemente afastado do centro de gravidade ou giro da seção, sendo assim capaz de combater a instabilidade causada pelo fenômeno da flambagem. Já em vigas, placas e outros elementos estruturais horizontais, nos

quais verifica-se o predomínio de esforços de momento fletor, o fator determinante para resistência da peça à tendência de giro e curvatura é também a maneira como o material se distribui na seção transversal do elemento. Nesse caso, a melhor situação é aquela em que o material se encontra afastado do centro de gravidade ou giro da seção e concentrado nos seus pontos extremos superiores e inferiores, nos quais se observam as tensões máximas. Nota-se que essa série de correspondências entre esforços predominantes, sistemas estruturais, seções ideais bem como materiais, estabelecidas por Rebello (2003) funcionarão como uma “lente” fornecida pela teoria das estruturas para ler e analisar a produção de mobiliário dos designers.

Análise design de mobiliário sob a ótica da teoria das estruturas

No campo do design de produto, Tai (2017) descreve que na concepção de um objeto existem quatro fatores ou pilares considerados fundamentais e que servem como suportes ao projeto de design. São eles: a estética, a ergonomia, a tecnologia e a estrutura. O peso dado a cada um desses pilares em um processo de design pode variar, porém nenhum deles poderá ser ignorado. De modo simplificado, a estética se relaciona a comunicabilidade e valor contemplativo do objeto, a ergonomia conecta-se à questão da usabilidade e a tecnologia envolve a escolha do material e processo de produção. A estrutura equivaleria ao esqueleto do objeto, proporcionando-lhe estabilidade, sustentação e resistência. Sobre isso o autor afirma:

Um objeto precisa de estrutura não só para ficar em pé, mas para suportar forças ou pesos que recebe externamente. Uma cadeira precisa sustentar o peso do indivíduo com eficácia, e a sua estrutura necessariamente tem de oferecer essa condição sem depender exclusivamente do material utilizado (TAI, 2017, p.91).

Nota-se que a definição apresentada acima destaca apenas o papel de sustentação desempenhado pela estrutura na concepção de uma cadeira, sem explorar sua importância na definição dos elementos constituintes desse objeto de design. Por outro lado, a partir dos conceitos da teoria das estruturas, é possível enriquecer a leitura do mesmo objeto.

A escolha da cadeira como objeto dessa pesquisa, se deu, pois, além da sua expressividade estrutural, se trata de um mobiliário que ao ser utilizado estabelece um alto grau de interação com o corpo humano. Nesse sentido, as questões estruturais relativas à sustentação e à morfologia assumem um papel fundamental. Assim, tomando como base a tipologia comum de uma cadeira, é possível estabelecer uma primeira leitura a partir da tradução dos seus elementos constituintes à luz da teoria das estruturas, isto é, dos elementos estruturais básicos presente em uma edificação.

- Assento: Peça da cadeira na posição horizontal, com ou sem inclinação, em que se pode sentar. Acomoda a maior parte do peso do seu usuário. Elemento estrutural presente no assento: Placa, Casca ou Membrana.
- Encosto: Peça da cadeira na posição vertical, com ou sem inclinação, em que se pode apoiar as costas. Elemento estrutural presente no encosto: Placa, Casca ou Membrana
- Pés traseiros: Peças da cadeira onde se fixam o assento e o encosto. Elemento estrutural presente nos pés traseiros: Barra Vertical ou Pilar.
- Pés dianteiros: Peças da cadeira onde se fixam o assento. Elemento estrutural presente nos pés dianteiros: Barra Vertical ou Pilar.
- Travessas ou Travas superiores: Peças da cadeira onde se apoia o assento e se fixam os pés dianteiros e/ou traseiros. Elementos estruturais presente nas travessas ou travas superiores: Barras Horizontais ou Viga.
- Travessas ou Travas inferiores: Peças da cadeira onde se fixam os pés dianteiros e/ou traseiros. Elementos estruturais presente nas travessas ou travas inferiores: Barras Horizontais ou Cabos.

Buscando uma análise mais aprofundada a partir dessa primeira leitura do design de cadeiras, considerou-se as demais categorias ou lentes oferecidas pela abordagem qualitativa da teoria das estruturas de Yopanan Rebello, a saber: caminho das forças, referente à identificação dos esforços predominantes em cada um dos elementos estruturais constituintes; e seção ideais para resistência aos esforços identificados. Tais informações foram compiladas em um exemplo de análise síntese. O objetivo é que a sistematização dessas informações se constitua como uma ferramenta de orientação a atividade projetual.

1. Assento

- Elemento de associação na Arquitetura considerado: Laje apoiada
- Esforços predominantes: Deve-se considerar os esforços de FLEXÃO no assento em função da carga aplicada pelo peso do usuário.
- Design da seção: Retangular cheia ou vazada com material afastado do centro de giro.

2. Encosto

- Elemento de associação na Arquitetura considerado: Laje em balanço
- Avaliação Estrutural: Deve-se considerar os esforços de FLEXÃO no encosto em função da carga aplicada pelo apoio das costas do usuário.
- Design da seção: Retangular cheia ou vazada com material afastado do centro de giro.

3. Pés Traseiros:

- Elemento de associação na arquitetura considerado: Pilares
- Avaliação Estrutural: Além dos esforços de COMPRESSÃO, deve-se considerar os esforços de FLEXÃO, equilibrados pelas travessas inferiores.
- Design da seção: Retangular ou circular cheia ou vazada com material afastado do centro de giro.

4. Pés Dianteiros:

- Elemento de associação na arquitetura: Pilares
- Avaliação Estrutural: Além dos esforços de COMPRESSÃO, deve-se considerar os esforços de FLEXÃO, equilibrados pelas travessas inferiores.
- Design da seção: Retangular ou circular cheia ou vazada com material afastado do centro de giro.

5. Travessas ou Travas superiores:

- Elemento de associação na arquitetura: Vigas
- Avaliação Estrutural: Deve-se considerar os esforços de FLEXÃO provocados pela carga do assento.
- Design da seção: Retangular cheia ou vazada com material afastado do centro de giro.

6. Travessas ou Travas inferiores:

- Elemento de associação na arquitetura: Vigas
- Avaliação Estrutural: Deve-se considerar os esforços de TRAÇÃO que surgem decorrentes da tendência de abertura dos pés. Deve-se considerar também eventuais esforços de FLEXÃO em função de cargas eventuais no caso de apoio dos pés do usuário.
- Design da seção: Retangular ou circular cheia

Conclusão

A partir do estudo desenvolvido, pode-se concluir que a apropriação de conceitos oriundos da teoria das estruturas oferece ao campo do design, em específico ao design de cadeiras, a oportunidade de estabelecer uma leitura estrutural mais rica e complexa de objetos. O estudo buscou contribuir para a sistematização do conhecimento oriundo da teoria das estruturas aplicado ao design de cadeiras, viabilizando que questões estruturais entrem de forma mais consciente e atenta ao processo de projeção. Acredita-se que tais conhecimentos podem auxiliar o designer a projetar móveis mais estáveis e equilibrados, bem como a explorar de maneira criativa e inovadora as diversas possibilidades de composição formal das estruturas no seu desenho.

Por fim, acredita-se que os conhecimentos sistematizados possam auxiliar alunos e profissionais a introduzir no seu processo de criação a análise estrutural dos objetos projetados, viabilizando sua tradução em termos de elementos e seus respectivos esforços. Além disso, assim como observado na produção da arquitetura moderna brasileira, o conhecimento estrutural aplicado ao projeto de mobiliário também pode ser uma ferramenta útil no desenvolvimento de uma linguagem estética marcada por um protagonismo estrutural na forma e aparência dos objetos de design. Por fim, diferente de um processo tradicional de projeto de produto, muitas vezes focado primeiro na solução da forma do objeto e posteriormente na sua solução estrutural, o trabalho aponta para outras formas de projetar, na qual solução estrutural e formal se desenvolvem concomitantemente.

Referências bibliográficas

- Andrade, R. (2016). *Matrizes Tectônicas da Arquitetura Moderna Brasileira 1940 – 1960. 182 f.* Tese (doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília.
- Rebello, Y. C. (2010). *A concepção estrutural e a arquitetura*. 6. ed. São Paulo: Zigurate.
- Santa Cecília, B. L. C. (2005). *Tectônica moderna e construção nacional. Mínimo denominador comum Mdc Revista da Arquitetura, Belo Horizonte*, v. 1, p. 6-9.
- Santos, M. C. L.dos. (1995). *Móvel Moderno no Brasil*. São Paulo: Edusp.
- Tai, H-N. (2017). *Design: conceitos e métodos*. São Paulo: Blucher.
- Vicente, A. & Vasconcellos, M. (org). (2017). *Móvel Moderno Brasileiro*. São Paulo: Editora Olhares.

Resumen: En el campo de la arquitectura y la ingeniería, el conocimiento estructural es extremadamente importante en la actividad de diseño. En este contexto, la estructura asume un doble papel: soporte del edificio; y expresivo, ligado a la concepción formal y apariencia final del elemento diseñado. Basado en la idea de que tal comprensión también es necesaria para el diseño de productos, este artículo busca, a través de la transferencia de conocimientos de la teoría de estructuras, desarrollar un análisis estructural cualitativo de las sillas, como una importante herramienta de diseño.

Palabras clave: Herramienta de Proyecto – Diseño de Producto – Análisis Estructural.

Abstract: In the field of architecture and engineering, structural knowledge is extremely important in the design activity. In this context, the structure assumes a dual role: supporting the building; and expressive, linked to the formal conception and final appearance

of the designed element. Based on the idea that such understanding is also necessary for product design, this article seeks, through the transfer of knowledge from the theory of structures, to develop a qualitative structural analysis of chairs, as an important design tool.

Keywords: Project Tool – Product Design – Structural Analysis.

(*) Marcia Câmara Bandeira De Figueiredo. Arquitecta e Urbanista graduada pela Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, mestre em Urbanismo pelo PROURB-UFRJ e doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da UFMG. Tem experiência nacional e internacional no desenvolvimento de projetos de arquitetura residencial, comercial e de restauro e intervenção em bens e tecidos urbanos tombados. Atua como professora efetiva na Escola de Design da Universidade do Estado de Minas Gerais - UEMG e como pesquisadora no Centro de Pesquisa em Design e Ergonomia - CPqD orientando projetos de iniciação científica. • **Marcus Paulo Santos Brandão.** Designer de Produto graduado pela Universidade do Estado de Minas Gerais (2003). Empresário e professor de Ensino Superior da Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG). Possui Especialização em Design de Móveis pela UEMG/UFV em 2006 e Especialização/Aperfeiçoamento em Engenharia da Produção pelo IETEC em 2008. Tem experiência na área de Desenho Industrial, com ênfase em Design de Produtos. Desde 2002 atua no desenvolvimento e gestão de projetos junto a indústrias e empresas de diversos setores, especialmente mobiliário e construção civil. • **Marcela Vieira de Paula Crepaldi:** Graduanda em Arquitetura e Urbanismo pela Pontifícia Católica de Minas Gerais e Design de Ambientes pela Universidade do Estado de Minas Gerais. Apresenta experiência no desenvolvimento de pesquisa de iniciação científica em Arquitetura e Design de Ambientes e Produto. Participou de eventos locais de iniciação científica apresentando os resultados de suas pesquisas.