



## TRANSFORMAÇÕES E TENDÊNCIAS NA HISTÓRIA DA ENGENHARIA CIVIL: DO TRABALHO MANUAL À SUSTENTABILIDADE

*Guilherme Ribeiro de Moura; Waldir Silva Soares Junior*

**RESUMO:** Estudar as transformações e tendências na história da engenharia civil é procurar entender o presente investigando os marcos históricos do passado que permitiram que o conhecimento científico e tecnológico da engenharia chegassem até aqui e se desenvolvessem do modo que acontece nos dias atuais. Mapear a evolução da história, do uso de materiais e de técnicas de construção na engenharia civil, descrever edificações de importância histórica para o entendimento do tema e da engenharia como expressão da cultura de um povo e traçar mudanças sociais que podem interferir na engenharia civil é de suma importância para compreensão do contexto em que a engenharia está inserida, e são estes, portanto, os objetivos desta pesquisa. Desse modo, para entender como é construída a história da engenharia civil, ao avaliar os papéis da aplicação de técnicas de construção, uso de materiais, representações culturais intrínsecas às edificações e outros aspectos neste contexto, foram realizadas buscas em livros, periódicos científicos (eletrônicos e impressos), revistas, sites e outros meios. Foi buscado construir com sucesso, dessa forma, num primeiro momento, um panorama satisfatório que permita compreender a evolução da engenharia através do tempo, obter informações e redigir um trabalho de modo que estes dados auxiliem no desenvolvimento e análise de tendências atuais, na construção de um repertório válido de modo científico, técnico e também cultural.

**PALAVRAS-CHAVE:** Engenharia civil; construção civil; história da engenharia; sustentabilidade

**RESUMO:** To study the changes and trends in the history of civil engineering is seek to understand the present investigating the landmarks of the past that allowed the scientific and technological knowledge of engineering came up until here and develop the way that happens nowadays. Mapping the evolution of history, the use of materials and construction techniques in civil engineering, describe buildings of historical importance for the understanding of the topic and engineering as an expression of the culture of a people and mapping the social changes that may interfere in civil engineering is of great importance for understanding the context in which the engineering is inserted, and these are therefore the objectives of this research. Thus, to understand how the history of civil engineering is constructed, to evaluate the roles of the application of construction techniques, material use, cultural representations inherent to buildings and other aspects in this context, were conducted searches in books, journals (electronic and print), magazines, websites and other media. It sought to build successfully, this way, at first, a satisfactory overview enabling the understanding of evolution of engineering through time, to obtain information and write a paper so that these data assist in the development and analysis of current trends, in the construction of a repertoire valid as scientific knowledge, technical and cultural as well.

**PALAVRAS-CHAVE:** Civil engineering, construction, engineering history; sustainability

### 1. INTRODUÇÃO

O estudo em questão é de cunho bibliográfico. Para entender como é construída a história da engenharia civil, ao avaliar os papéis da aplicação de técnicas de construção, uso de materiais similares e diferentes, representações culturais intrínsecas às

edificações e outros aspectos neste contexto, foram realizadas pesquisas em livros, periódicos científicos (eletrônicos e impressos), revistas, sites e outros meios.

O saber empírico acumulado ao longo dos tempos e o fato de muitas construções, datadas de muitos séculos, existirem, mostra o valor da experiência em engenharia, embora apenas no século XX a engenharia tenha sido cientificamente teorizada (NÁPOLES NETO, 1998). Porém, há dados de que cerca de 17 séculos a.C. foi encontrado o primeiro código de obras conhecido, o de Hamurabi, rei da Babilônia, segundo Nápoles Neto (1998).

As representações sociais que as construções apresentam são muito importantes para a compreensão do modo como foram feitas. É certo que cada edificação tem a capacidade de contar uma história e refletir a cultura do povo que a originou. Exemplos disso são citados por Ballantyne (2012), que analisa monumentos culturais, moradias, locais de culto, pontes e estruturas de defesa, memoriais e espaços públicos. O autor comenta que cada construção permite desvendar a cultura, o clima e as tecnologias da sociedade que a criou, possibilitando àquele que as observa abrir a mente para cada momento e cenário histórico.

A construção civil evolui conforme a sociedade, alguns elementos mantêm-se e outros podem ser substituídos. Hugon (2004, p. 1) afirma que “os materiais [...] variam segundo as épocas, segundo os recursos locais, segundo os meios de transporte e realização, segundo a estética etc.”, o que confirmam Neufert & Neff (2003), que ensinam que a formação geológica do terreno determina as condições de construtibilidade de cada lugar.

Um tipo de construção que se encontra desde o Paleolítico, estendendo-se pelo Neolítico e antiguidade, é o agrupamento de habitações em forma circular [...] este estágio construtivo é curioso, pois se revela mais como estágio cultural do que histórico, uma vez que se estende desde restos encontrados na Europa Ocidental, Chipre, Rússia, China, Japão, até construções bem mais modernas, bastante semelhantes, de índios sul-americanos e de lapões. (NÁPOLES NETO, 1998, p. 18)

Historicamente, segundo Ballantyne (2012), as construções traziam significados específicos, e alguns destes sentidos são transpostos em edificações da atualidade. O autor comenta, por exemplo, que a construção da cidadela de Machu Picchu, para o povo inca trazia o significado de um governo de *status* semidivino por se elevar nas montanhas. E, essa noção transpôs-se até hoje, em construções como o Tour Montparnasse, Sacré-Coeur, Edifício Chrysler, Centro Rockefeller, Torre Eiffel e Empire States, construções por ele consideradas metafísicas e monumentais.

Cabe, deste modo, listar algumas construções mundiais de marco histórico não apenas da construção civil, engenharia e arquitetura, mas que são patrimônio cultural da humanidade: a Grande Pirâmide de Khufu (Gisé, Egito, 2.500 a. C.); o Partenon (Atenas, Grécia, 447-432 a.C.); o Coliseu (Roma, Itália, 70-82); o Templo de Luohan Yuan (Suzhou, Jiangsu, China, 982); a Basílica de São Pedro (Roma, Itália, 1506-1626); o Taj Mahal (Agra, Uttar Pradesh, Índia, 1632-53); a Torre Eiffel (Paris, França, 1889); o Empire State (Nova York, Estados Unidos, 1931).

A importância de uma construção para a cidade que se insere é marco histórico digno de ser observado. Exemplo disso é o Partenon (construído na acrópole de Atenas, parte mais alta da cidade, localização estratégica para defesa militar e valor simbólico de enobrecimento humano) e também o Coliseu (construído em Roma para sediar combates de gladiadores e também periodicamente inundada para sediar batalhas navais). Ballantyne (2012) afirma que a arquitetura remete principalmente à culturas que se

fecharam com muros de blocos de pedra (tais como a egípcia, romana e chinesa), já que não costuma abordar civilizações como o povo mongol, por exemplo, que não baseava sua cultura em edificações, mas na lida com cavalos.

O templo de Luohan Yuan da China, também traz representações sociais dos povos que a construíram (é considerado um marco de honra, construído para fins de contemplação por budistas). Wang Wenham e Wang Wehun construíram o templo na cidade de Suzhou, considerada como o paraíso terrestre (BALLANTYNE, 2012).

Sobre a história das construções especificamente no Brasil, durante a época colonial, haviam três grupos principais de construções: obras relacionadas com a indústria do açúcar e instalações portuárias; fortalezas militares, quartéis, edifícios públicos e cadeias, e, ainda, obras civis (casas de moradia, casas de comércio, igrejas, armazéns e moinhos). “Nestes edifícios dominavam as técnicas locais de taipas tanto de pau-a-pique, como de pilão” (VARGAS, 1998, p. 34).

Cada obra tem sua importância pelas produções de sentidos que traz agregada à sua arquitetura, e, do ponto de vista da engenharia, são ricas em informações que permitem compreender a evolução das técnicas de construção, assim como a análise do surgimento e uso de cada material disponível para a prática da construção, de acordo com cada povo e cada época.

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1 HISTÓRIA DAS FUNDAÇÕES

Um dos principais elementos estruturais de uma obra é a fundação, pois se trata de transmitir as cargas da edificação para o terreno (AZEREDO, 1988 apud BARROS, 2003).

“É provável que, no Neolítico, quando o homem que na idade anterior já aprendera a lascar a pedra, e, agora sedentário, construiu suas primeiras cabanas, já tivesse alguma noção empírica sobre a resistência e a estabilidade dos materiais” (NÁPOLES NETO, 1998, p. 17). O que demonstra a capacidade de observação do ser humano ao deduzir que material era o mais resistente para o tipo de obra requerida.

Leonardo Da Vinci apresentou projetos de bate-estacas e ensecadeiras para construção e engenharia, e, Galileu Galilei, no século XVI, reuniu o que a ciência tinha para a arte da construção e apresentou estudos sobre a flexão de vigas, fundando assim, a Resistência dos Materiais (NÁPOLES NETO, 1998), disciplina estudada até hoje nos bancos da academia.

Atualmente, a técnica da fundação evoluiu grandemente, mas a essência é a mesma. Segundo Velloso (2010), a fundação trata-se do processo de transmitir a carga da construção ao terreno pela base – resistência de ponta – por sua superfície lateral – resistência de fuste – ou, ainda, combinação das duas. Para isso, usam-se estacas, tubulões (formato cilíndrico) ou caixões (formato prismático). As estacas diferenciam-se dos tubulões e caixões porque diferente deles se usa durante o processo todo apenas máquinas (nenhum operário desce em seu interior em fase alguma).

“Assim, analisa-se a possibilidade de utilizar vários tipos de fundação” (WOLLE, 1993 apud BARROS, 2003, p.1). Neste sentido, existem vários tipos de fundações: diretas (podendo essas serem rasas ou profundas), que consistem em transferir as cargas para a camada do solo através da base desse elemento ou indiretas, que são aquelas que transferem as cargas por meio de atrito lateral, e levemente por meio da base.

As fundações diretas rasas podem ser blocos de alicerces ou sapatas (corrida, isolada, associada ou alavancada); as profundas podem ser tubulões (a céu aberto ou a ar comprimido); e as fundações indiretas são as brocas ou estacas. Velloso (2010)

apresenta que na fundação de uma edificação, apenas como opções de estacas, há nove tipos: madeira, concreto pré-moldado, aço cravado, Strauss, Franki, escavada, raiz, microestaca injetora e estaca hélice. E segundo, Barros (2003), além das citadas anteriormente, ainda há a estaca de concreto moldada *in loco* do tipo barrete/estação. O uso de estacas de madeira em fundações é utilizado à longa data, “principalmente em equipamentos: por volta de 1250 Villard de Honnicourt inventou uma serra para cortar cabeças de estaca debaixo d’água e, em 1450, Francesco Di Giorgio projetou um bate-estaca já próxima dos modernos” (NÁPOLES NETO, 1998, p. 19).

Esses componentes e elementos da construção, assim como seu uso e aplicação durante a história do desenvolvimento da engenharia, serão, ainda, profundamente analisados no decorrer deste estudo, numa etapa futura.

## 2.2 OS MATERIAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Neste primeiro momento, há que se analisar os cinco principais materiais primários de construção: madeira, rocha, aço, concreto e solo (NÁPOLES NETO, 1998). Hugon (2004) ensina que a escolha do material depende diretamente do contexto social em que se vive.

Walter Pfeil (2011, p. 1) afirma que “a madeira é, provavelmente, o material de construção mais antigo, dada a sua disponibilidade na natureza e sua relativa facilidade de manuseio”.

No período Neolítico, as choupanas construídas eram todas de madeira, sendo que cabanas de pedra eram mais raras, existindo apenas em locais onde não havia madeira ou em locais com intemperismo intenso (NÁPOLES NETO, 1998). “Nos antigos impérios do Oriente Próximo, os materiais de construção passaram a ser o tijolo cerâmico e a pedra, aquele na Mesopotâmia e esta no Egito” (p. 17).

Como opção de material maleável e resistente surge além da madeira e da pedra, o ferro, disponível em determinadas regiões em maior abundância e culturalmente utilizado em maior escala por alguns povos. Os primeiros indícios investigados sobre o uso do ferro na construção são analisados por Durant (1963 apud DIAS, 2001, p. 9):

Não se sabe exatamente quando começou na humanidade o uso de metais. Há evidências de que isso tenha ocorrido acidentalmente, no período final da era neolítica, próximo de 4000 a.C..O mais antigo metal conhecido é o cobre, tendo sido encontrado nas habitações lacustres de Robenhausen, na Suíça, em 6000 a.C., na Mesopotâmia pré-histórica, em 4500 a.C., no Egito em 4000 a.C., nas ruínas de Ur e nos Mound-Builders da América do Norte.

Ainda, o uso das possibilidades do ferro na construção civil foi demonstrado por Gustave Eiffel em 1931, ocasião em que construiu uma torre destinada a durar somente 20 anos, criada para representar a cidade de Paris (a torre Eiffel), mas que pela importância cultural e social que recebeu acabou sendo “eternizada” até hoje através de constantes manutenções que evitam que esta enferruje e sofra danos estruturais. (BALLANTYNE, 2012).

## 2.3 DESCOBRIMENTO E MANUFATURA DE METAIS: DO COBRE AO AÇO

Não se sabe ao certo, mas estima-se que, talvez, só em 3500 a.C. começou a arte de fundição ou a extrair material de minério. Mas, foi por volta de 1500 a.C. é que começou a verter o cobre fundido em moldes de barro com a forma do objeto que desejava (DIAS, 2001).

Ainda, Dias continua “o cobre, um metal muito compressível, era inadequado para todos os serviços de paz e guerra, o que abriu a possibilidade de associá-lo a outro metal ou metais, formando uma liga para enrijecê-lo” (2001, p. 9). Mostrando que houve uma dificuldade para os povos antigos de se chegar a um material de fácil manuseio, abundante e eficiente por si só.

O bronze surgiu mais tarde em Creta (3000 a.C.) e no Egito (2800 a.C.), mas “mesmo sendo uma liga de excelentes propriedades [...] a utilização do bronze em mais ampla escala foi dificultada pelo fato de o cobre e o estanho, necessários para a sua composição, não estarem disponíveis em quantidades compatíveis com a demanda” (DIAS, 2001 p.10). Confirmando assim, que a disponibilidade de metais era restrita.

O ferro só foi descoberto muito tempo depois onde o primeiro contato que o homem teve com esse material foi através de meteoritos caídos do espaço, inclusive, por este motivo, a palavra siderurgia deriva do latim *Sidus*, que significa estrela ou astro em latim (DIAS, 2001).

O primeiro indício da obtenção do metal mediante fusão do minério de ferro surgiu no sul do Cáucaso, entre os Hititas, e data aproximadamente 1700 a.C.. O processo primitivo de fusão consistia em aquecer uma mistura de minério e carvão vegetal dentro de buracos abertos no solo. Formava-se uma massa pastosa que, em seguida, era batida para que as impurezas se desprendessem. O produto resultante desse tosco processo poderia ser classificado como ferro forjado. (ROBERT, 1980, apud DIAS, 2001, p.10).

Faz-se lembrar que esse ferro possuía muitas impurezas ainda, portanto era um ferro de baixa qualidade. Da Idade do Ferro até a Idade Média, o modo de preparo do ferro era o mesmo, utilizava-se carvão vegetal para alimentar a fornalha, porém era necessário muito desse carvão para produzir poucos quilogramas de ferro, o que ocasionou um notável desflorestamento na Europa Ocidental. Após um longo tempo, então, se recorreu ao uso de um combustível mineral fóssil sólido com grande poder de calor, este material era chamado hulha. Por volta de 1709, Abraham Darby aperfeiçoou esse procedimento alcançando um patamar mais industrial que aumentou significativamente o volume da produção (DIAS, 2001). Porém, era necessário o uso de grandes quantidades de minério para suplantear esta produção, logo se deu início às grandes mineradoras, mas havia o problema de acumulação de água nessas minas e também o fato de que essas minas causavam grandes problemas de saúde para os operários.

Thomas Newcomen, em 1712 inventou uma eficiente máquina a vapor para sanar o problema de acumulação de água nas minas, mas só em 1769 é que foi patenteada a primeira máquina desse tipo por James Watt (DIAS, 2001).

Em 1786, é inventado o laminador para fabricação de chapas de ferro, responsável por impulsionar a indústria siderúrgica quadruplicando a produção de ferro na Inglaterra (DIAS, 2001).

As estradas de ferro para transporte de carvão consolidaram a expansão da indústria do aço, em 1856, Henry Bessemer, desenvolveu uma técnica para converter ferro em aço em escala industrial que foi aperfeiçoada em 1878 por Thomas e Guilchrist, que conseguiram diminuir o preço do material trazendo viabilidade econômica para o mesmo (DIAS, 2001). Novos usos para o aço na construção, então, ampliaram-se notavelmente.

## 2.4 REGIONALIZANDO A HISTÓRIA: CONSTRUÇÕES DE MADEIRA NO PARANÁ

Zani (2003) ensina que o uso da madeira em construções no Paraná se deu pela existência de matéria-prima abundante, grande mão-de-obra de carpinteiros disponível e a pressa em se instalar no local. No entanto, “as construções de madeira sofreram, ao longo de sua história, preconceitos e restrições por parte do poder público, pois desde 1905 temos leis restritivas e estas perduram até nossos dias” (p. 12).

Segundo Zani (2003), no Paraná, a cultura arquitetônica de usar madeira surge no período representado como Terra da Promissão (iniciado em 1930 com a ação colonizadora estendendo-se até o final da década de 70), nessa época quase todas as construções, urbanas e rurais, eram em madeira, as exceções eram os imigrantes japoneses e alemães, que preferiam alguns elementos capazes de representar simbolicamente seu território de origem.

Embora a técnica e o sistema construtivo paranaense nessa época não tivessem evoluído no sentido de explorar racionalmente a madeira ou desenvolver tecnologicamente os componentes dos edifícios, havia alto grau de comprometimento com as necessidades sociais e recursos materiais locais o que conferia baixo custo, alta produtividade e gerava uma arquitetura singular (ZANI, 2003).

O mesmo que ocorreu no Paraná, deu-se em outras partes do mundo: em 1810, quando os Estados Unidos iniciou a conquista de seu território, e em 1860 quando a migração chegou à costa do Oceano Pacífico, a população estadunidense aumentou em dez vezes o número de seus moradores (RODRIGUES, 2006). Com a alta demanda por habitações, a população teve de recorrer ao material que tinha disponível, e assim introduziu-se fortemente o uso da madeira. Com a Revolução Industrial, a velocidade e a produtividade que regiam o fenômeno deram origem ao *wood frame* (placas industrializadas de madeira).

O desaparecimento da arquitetura em madeira, no Paraná, foi ocorrendo com a mesma velocidade em que surgiu (ZANI, 2003), mas a partir de bases tecnológicas e culturais contemporâneas pode se utilizar a madeira em outros formatos, como, por exemplo, o *wood frame*, um material que é fácil de utilizar e possui ótimas qualidades.

Ainda, na época, haviam restrições quanto ao uso da madeira, que davam-se devido à noção de que moradias de madeira no centro da cidade representavam atraso, enquanto que edifícios de alvenaria representavam a modernidade (ZANI, 2003). E conforme o tempo, as casa populares que antigamente eram publicamente reconhecidas como sinônimo de “atraso” por ser de madeira, hoje assumem formas de alvenaria, enquanto que a representação de “modernidade” atual cai sobre construções tecnológicas, isto é, aquelas que visam técnicas sustentáveis e métodos modernos de construção (*wood frame*, *steel frame* e *dry wall*).

## 2.5 NOVAS TECNOLOGIAS E SUSTENTABILIDADE: REINVENÇÃO DE MÉTODOS E MATERIAIS

“As lajes industrializadas e pré-fabricadas [...] rivalizam com as tradicionais lajes moldadas no canteiro de obras” (DIAS, 2001, p. 15), há que se inovar em tecnologia e superar pensamentos obsoletos na engenharia, “soluções tecnológicas que empregam placas de pré-moldadas de argamassa armada ou do tipo *dry wall*, constituem não só uma opção direcionada para soluções [...] mas devem também ser vistas de uma forma mais ampla, pois evidenciam mudanças de mentalidade em relação à construção civil no país”. (DIAS, 2001, p. 15)

O sistema de utilizar módulos na construção apresenta modos modernos de construir conforme os conhecimentos empíricos e científicos, para isso, surgem os métodos aqui já mencionados: *frame* e *framing*. Segundo Rodrigues (2006) *frame* é o esqueleto estrutural leve que dá forma e sustenta a edificação, e, *framing* é o processo

que une e vincula esses elementos. Uma versão atual deste uso, referente a esses conceitos é o *Light Steel Framing* (LSF), trata-se de utilizar placas de aço em substituição a materiais mais populares como alvenaria.

Deslandes (2004, p. 206) afirma que “o concreto é o material que se presta às moldagens mais complexas” e Vargas (1998, p. 36) traz que “com o advento do concreto armado, nas primeiras décadas do nosso século, a situação começa a modificar-se, pois o concreto armado permite já edifícios altos de cargas concentradas” e, a força da tradição do uso deste material desenvolveu uma noção cultural difícil de modificar no pensamento dos engenheiros, sabe-se que, ainda, segundo Vargas (1998) nos anos 30 apoiava-se estruturas de concreto já sobre sapatas de concreto armado ou blocos de concreto simples, e as fundações profundas eram de estacas de madeira ou pré-moldadas de concreto armado.

Mas o uso do LSF traz vantagens como redução no prazo de execução da obra, é mais leve, resiste à corrosão, tem maior durabilidade e precisão na montagem de paredes e pisos, diminuem-se os desperdícios e perdas de material, reduz-se os custos, é um material incombustível e ainda 100% reciclável (RODRIGUES, 2006). Já Pfeil (2011), argumenta que a madeira é uma ótima opção, pois apresenta excelente relação resistência/peso (deve, ainda, ser retirada do cerne do tronco, pois é mais durável).

Nesse contexto, princípios ecosustentáveis, em se tratando de preservação ambiental e diminuição de impactos, apresentam-se, atualmente, como exigências da sociedade atual, visto que essa necessidade apresenta-se como um problema moderno. Para isso, Corbella (2003, p.17) introduz o conceito da arquitetura sustentável: “criar prédios objetivando o aumento da qualidade de vida do ser humano no ambiente construído e no seu entorno [...] para legar um mundo menos poluído para as futuras gerações”. E, Sue Roaf (2009), ensina que devemos construir prédios que durem mais tempo, com o mínimo de manutenção e reformas, porque a energia empregada na construção, na operação e na demolição de edificações, bem como a manufatura e o transporte de materiais, talvez seja a principal fonte de emissão de gases-estufa, de poluição e de lixo, no mundo todo. Preocupação esta que inaugura um novo modo de pensar em engenharia.

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A contribuição de se mapear uma área do conhecimento é investir na divulgação científica e no aprimoramento do saber que reflete positivamente para a ciência e para a sociedade, uma vez que estudar as transformações e tendências na história da engenharia civil se trata de compreender como o conhecimento científico e tecnológico permitiram que a engenharia se desenvolvesse do modo que se dá nos dias atuais. A história, não como simples descrição, mas como registro completo dos fatos, tem sido chamada de “Mestra da Vida” (NÁPOLES NETO, 1998).

A relevância teórica e prática do problema está justamente na tentativa de se investigar e construir um panorama histórico e social satisfatório que permita compreender a evolução da engenharia através do tempo, que auxilie no desenvolvimento e análise de tendências atuais, e que dê base a um repertório válido de modo científico, técnico e também cultural.

Por este motivo, o gosto não apenas pela engenharia, mas também pela história e relações sociais e culturais que permeiam essa área do conhecimento, são motivos que incentivam o estudo do tema escolhido, que será continuado numa próxima etapa de pesquisa, de forma mais abrangente e detalhada.

#### 4. REFERÊNCIAS

- BARROS, Mercia. **Fundações: PCC-2435: Tecnologia da Construção e Edifícios I.** São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo: Departamento de Engenharia de Construção Civil, 2003.
- BALLANTYNE, Andrew. **As mais importantes edificações da pré-história à atualidade.** Porto Alegre: Bookman, 2012.
- CORBELLA, Oscar. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos – conforto ambiental.** Rio de Janeiro: Revan, 2003.
- DESLANDES, Phillipe. **Elementos arquitetônicos.** São Paulo: Hemus, 2004.
- DIAS, Luís Andrade de Mattos. **Aço e arquitetura: estudo de edificações no Brasil.** São Paulo: Zigurate Editora, 2001.
- HUGON, A. **Técnicas de construção.** São Paulo: Hemus/Imagem Digital, 2004.
- NEUFERT, Peter; NEFF, Ludwing. **Casa, apartamento, jardim, projetar com conhecimento, construir corretamente.** Barcelona: Ed. Gustavo Gilli, 2003.
- NÁPOLES NETO, Antonio Dias Ferraz. **História das fundações.** In: HACHICH; FALCONI; SAES; FROTA; CARVALHO; NIYAMA (Eds). *Fundações: teoria e prática.* 2 ed. São Paulo: Pini, 1998. p. 17-34.
- PFEIL, Walter. **Estruturas de madeira.** Rio de Janeiro: LTC, 2011.
- ROAF, Sue. **A adaptação de edificações e cidades às mudanças climáticas.** Porto Alegre: Bookman, 2009.
- RODRIGUES, Francisco Carlos. **Steel framing: engenharia.** Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2006.
- VARGAS, Milton. **História da engenharia de fundações no Brasil.** In: HACHICH; FALCONI; SAES; FROTA; CARVALHO; NIYAMA (Eds). *Fundações: teoria e prática.* 2 ed. São Paulo: Pini, 1998. p. 34-50.
- VELLOSO, Dirceu de Alencar. **Fundações: volume 2: fundações profundas.** São Paulo: Oficina de textos, 2010.
- ZANI, Antonio Carlos. **Arquitetura em madeira.** Londrina: Eduel: São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2003.