



# Teoria e Prática da Arquitetura Penal

CADEIA PRODUTIVA DA EDIFICAÇÃO PENAL

Volume 5



Universidade de Brasília  
Parque Científico e Tecnológico da UnB  
Parque de Inovação e Sustentabilidade do Ambiente Construído

Ministério da Justiça e Segurança Pública  
Departamento Penitenciário Nacional

# Teoria e Prática da Arquitetura Penal

## A CONSTRUÇÃO CIVIL: DAS ORIGENS À CADEIA PRODUTIVA DAS EDIFICAÇÕES PENAIS

Neuza Cavalcante  
Patrícia da Silva Fiuza Pina  
Raquel Naves Blumenschein

2ª Edição

UnB  
Brasília | 2023

**Universidade de Brasília**

Márcia Abrahão Moura

**Decanato de Pesquisa e Inovação**

Maria Emília Machado Telles Walter

**Parque Científico e Tecnológico - PCTec**

Carlos Alberto Gurgel Veras

**Parque de Inovação e Sustentabilidade do****Ambiente Construído - PISAC**

Raquel Naves Blumenschein

**Coordenação do NUESP**

Augusto Cristiano Prata Esteca

**Ministro da Justiça e Segurança Pública**

Anderson Gustavo Torres

**Diretora-Geral do Departamento****Penitenciário Nacional - DG**

Tânia Maria Matos Ferreira Fogaça

**Diretora Executiva do Departamento****Penitenciário Nacional - DIREX**

Vanessa Luz

**Coordenador-Geral de Modernização da****Engenharia e Arquitetura Prisional – CGMEAP**

Marcus Vinícius de Amorim Bohmgahrem

**Coordenador de Engenharia e Arquitetura**

Gabriel de Barcelos Conceição e Silva

**Equipe Técnica****Coordenação Geral**

Raquel Naves Blumenschein

**Redação**

Neusa Cavalcante

Patrícia da Silva Fiuza Pina

**Revisão Técnica**

Raquel Naves Blumenschein

Augusto Cristiano Prata Esteca

**Revisão Ortográfica**

Rafaela Gonçalves

**Editoração e Diagramação**

Maylena Clécia

**Assistente de Pesquisa Iconográfica**

Sabrina Albuquerque de Oliveira

**Emenda de Diagramação**

Joaquim Lucca Bastos Albernaz

Kamila Karen Fernandes Gomes



Este trabalho está licenciado sob a Licença Atribuição-Compartilhualgal 4.0 Internacional Creative Commons. Para visualizar uma cópia desta licença, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/> ou mande uma carta para Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(Biblioteca Central da Universidade de Brasília - BCE/UnB)

C376c

Cavalcante, Neusa.

A construção civil [recurso eletrônico] :  
das origens à cadeia produtiva das edificações  
penais / Neusa Cavalcante, Patrícia da Silva  
Fiuza Pina, Raquel Naves Blumenschein. - 2. ed.  
- Brasília : Universidade de Brasília, 2023.  
168 p. : il. - (Teoria e prática da  
arquitetura penal ; v. 5).

Inclui bibliografia.  
Modo de acesso: World Wide Web  
ISBN 978-65-85259-09-5.

1. Arquitetura penal. 2. Edificações penais  
3. Construção civil. I. Pina, Patrícia da Silva  
Fiuza. II. Blumenschein, Raquel Naves. III.  
Título. IV. Série.

CDU 72



# Teoria e Prática da Arquitetura Penal

A CONSTRUÇÃO CIVIL: DAS ORIGENS À  
CADEIA PRODUTIVA DAS EDIFICAÇÕES PENAIS

Volume 5

2ª Edição

Brasília | 2023



Zigurate da cidade de Ur, 2100 a.C



Desde 2004, ministro, para os alunos do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília (FAU-UnB), a disciplina “Projeto Arquitetônico 6 – Funções Complexas”, sendo que inicialmente foram desenvolvidos temas como hospitais, centros médicos e escolas.

Em meados de 2006, Augusto Esteca, que havia trabalhado durante alguns anos na área de engenharia do Departamento Penitenciário vinculado ao Ministério da Justiça, tornou-se pesquisador do Programa de Pós-Graduação da FAU, passando a cursar um mestrado em arquitetura penal. Nessa época, no âmbito da disciplina de projeto de funções complexas, iniciamos uma experiência no âmbito do projeto arquitetônico de programas especiais.

De início, tratava-se apenas de um exercício de projeto como outro qualquer. À medida que seguíamos com a disciplina, comecei a perceber, com base também nas pesquisas que estava realizando, que a edificação penal, assim como outros equipamentos especiais, merecia, por sua complexidade e especificidade, uma pesquisa, um estudo e uma dedicação voltados ao desenvolvimento de metodologias diferenciadas de ensino.

Agregando as pesquisas em curso à disciplina de funções complexas, decidi introduzir as edificações penais como tema de projeto, somando-se a hospitais e escolas.

Surgiu então a necessidade da formação de um laboratório de estudos específico para a edificação penal, e foi criado um núcleo de estudo e pesquisa de edificações penais, mais tarde absorvido pelo Núcleo de Estudo e Pesquisa de Edificações Especiais (Nuesp), que atualmente possui três focos: penal, escolar e saúde.

O objetivo do núcleo inicial era desenvolver pesquisas e avançar o conhecimento das certificações, em termos de projeto e também de cadeias produtivas. Com o desenvolvimento das pesquisas de inovação da cadeia produtiva da indústria da construção, começamos a trabalhar os conceitos relativos à cadeia produtiva das edificações especiais. Com isso, foi possível caracterizar as diferentes cadeias produtivas das edificações: penal, habitacional, escolar e assim por diante.

Quando essa abordagem foi trazida para as funções complexas, eu já estava desenvolvendo uma metodologia de ensino que ia além do projeto. Desde então, com um foco determinado, a intenção foi implementar um método de ensino voltado à edificação penal propriamente dita, considerando toda sua complexidade, as múltiplas determinantes sociais e os fatores que influenciam o projeto.

Testado durante vários semestres, esse processo teve a colaboração de membros da pós-graduação, além da participação dos alunos e pesquisadores Carlos Barbosa, Patrícia Fiuza e Isabela Ribeiro, os quais, à época, cursavam a disciplina “Estágio Docente” na pós-graduação. Todos os meus alunos de mestrado, entre os quais o Bruno Guimarães e o Felipe Nascimento, trouxeram contribuições importantes ao método de ensino, por meio do desenvolvimento de ferramentas específicas, de sistemas de avaliação etc.

Apesar de ser um trabalho muito rico, pois a cada semestre introduzíamos uma modificação, adequação, melhoria, continuávamos com um grande gargalo na disciplina, que era justamente desenvolver, durante a etapa de pesquisa, uma estrutura de produção de conhecimento que pudesse, de fato, subsidiar a etapa de projeto, englobando todas as condicionantes, determinantes e especificidades da edificação penal.

Para desenvolver um método pedagógico com o foco em funções com-

plexas, é preciso conhecer, de forma ampla, o objeto a ser projetado. Nesse sentido, foram criadas as seguintes etapas de trabalho: pesquisa, elaboração de programa de necessidades e levantamento de determinantes, condicionantes e especificidades. A etapa de pesquisa ficou muito bem estruturada e robusta, o que possibilitou a identificação de todos os instrumentos legais, técnicos e sociais que influenciam o objeto, assim como os principais agentes, públicos ou privados, relacionados ao projeto.

Com isso, foi possível transmitir para os alunos a importância da consolidação desse conhecimento antes de começar o debate e o projeto.

No entanto, percebemos que, durante a passagem da etapa de pesquisa para o projeto propriamente dito, havia uma grande dificuldade, por parte dos alunos, em transformar toda essa informação em projeto. Para contornar esse obstáculo, em uma busca de possibilidades alternativas, nasceu a oficina de projeto, um exercício, com duração aproximada de duas horas, em que os alunos, por meio de perguntas com tempo cronometrado, são levados a considerar toda pesquisa feita como base para produzir uma solução satisfatória.

Outro fator importante a considerar é que os alunos desenvolviam esses projetos em grupos de 3, 4 e, às vezes, até 5 membros. Durante esse processo, observou-se que nem sempre o trabalho em equipe era compartilhado, e as responsabilidades e tarefas distribuídas. Por isso, buscou-se ajustar o trabalho em equipe de modo a assegurar que cada competência e cada habilidade fossem realmente utilizadas no projeto. Esse exercício projetivo contribuiu sobremaneira para facilitar a composição de um produto gráfico.

Essa forma de transposição das informações colhidas durante a pesquisa para o início do projeto foi iniciada em 2014.

Com isso, os próprios alunos se deram conta da qualidade da produção alcançada e dos ótimos resultados dessa oficina: cerca de 50% do que nela se produzia era aproveitado no desenvolvimento do projeto.

Além disso, ao longo do tempo, foram utilizadas diferentes formas de avaliação: todos os alunos avaliam os demais; autoavaliação; e avaliação da disciplina. Apesar de já terem sido aplicadas duas vezes, inclusive com a ajuda das pesquisadoras Patrícia e Isabela, acreditamos ser preciso avançar ainda mais e reaplicar as avaliações da disciplina.

Esse método, testado há vários semestres, trouxe resultados muito positivos, os quais expressos por soluções de arquitetura e técnicas muito relevantes têm, por sua vez, retroalimentado as pesquisas. Nesse sentido, e com o suporte do núcleo de estudos da cadeia produtiva da edificação penal, sentimos a necessidade de sistematizar essa metodologia de forma didática. Daí surgiu a ideia dessa série, cujo principal objetivo é subsidiar os que pretendem ensinar arquitetura penal, além daqueles que desejam aprender um pouco mais sobre a edificação penal.

Trata-se de uma série de cinco livros que reúnem, por assim dizer, um conjunto de conhecimentos e informações destinadas a apoiar o desenvolvimento dos estudos de pesquisadores, professores e alunos interessados em se aprofundar no projeto da edificação penal e na estruturação de sua cadeia produtiva.

O conceito de cadeia produtiva da edificação penal foi cunhado no âmbito da nossa pesquisa a partir da aplicação do conceito de cadeia produtiva da indústria da construção aplicada à edificação penal.

A partir do momento em que se caracteriza a edificação penal em toda sua complexidade e especificidade, torna-se possível mapear suas demandas intrínsecas, criando-se oportunidades para o desenvolvimento

de programas e políticas de inovação, que, em última instância, constituem o nosso objetivo maior.

É importante ressaltar que o foco do nosso trabalho é a inovação e o desenvolvimento da cadeia produtiva da indústria da construção e de seus produtos. Nesse sentido, a pesquisa que estamos desenvolvendo insere-se no Parque de Inovação e Sustentabilidade do Ambiente Construído (Pisac), uma plataforma tecnológica que visa à transformação do ambiente construído.

Quando tratamos de transformar o ambiente construído, estamos falando de processos de produção, de produtos em suas diferentes dimensões, do suprimento de materiais, dos sistemas construtivos, das soluções técnicas e também dos processos de projeto, que reúnem toda a inteligência, até chegar à construção da cadeia principal, que representa a catalisação de todo o método.



## **APRESENTAÇÃO** Augusto Cristiano Prata Esteca *Consultoria/ Coordenação da Equipe de Projeto*

Ao sair do Ministério da Justiça e ingressar na Universidade de Brasília, em meados de 2006, vinculei-me à disciplina “Projeto Arquitetônico 6 (PA 6) – Funções Complexas: Edificações Penais”, a qual passou a funcionar como uma extensão dos estudos por mim realizados com a participação e sob a supervisão da professora Raquel Naves Blumenschein.

O “PA 6 – Edificações Penais” tornou-se uma espécie de laboratório para as pesquisas que então desenvolvíamos no âmbito do Núcleo de Estudo e Pesquisa da Edificação Penal (Nuesp). Por um lado, testávamos algumas constatações, hipóteses e parâmetros encontrados nas pesquisas e, por outro, sempre buscávamos renovar e atualizar o acervo, toda parte de bibliografia e referências, incorporando inclusive as novas normas e resoluções que surgiam ao longo do tempo. Esse esforço documental, ampliado com a incorporação de documentos encontrados pelos alunos dentro e fora do Brasil e com a classificação de projetos, resultou na geração e sistematização de dados como, por exemplo, os que compõem o catálogo de projetos desenvolvidos pelos alunos.

A coleta e organização desse material, que sempre foi uma de nossos objetivos, trouxe como resultado a formação de um acervo de referências muito interessante. Apesar do esforço já despendido, há muitas informações as quais, colhidas pelos alunos durante suas pesquisas, merecem ainda ser devidamente organizadas para que possam se tornar mais inteligíveis didáticas e aptas a serem disponibilizadas.

Outra importante vertente do trabalho é a própria abordagem do tema da arquitetura penal na universidade. Quando levantamos a discussão desse tema em sala de aula, normalmente observa-se, em um primeiro momento,

um impacto, uma curiosidade, sendo que alguns alunos ficam instigados e outros assustados. Tratar de um problema humano muito duro e cruel que, por um lado, é motivador para uma boa parte dos alunos, por outro, constitui uma oportunidade de romper preconceitos.

Apesar de ser um debate restrito à Universidade, de alguma forma, ele é disseminado e multiplicado pelos próprios alunos, contribuindo para quebrar certos prejulgamentos em relação à prisão e às pessoas reclusas, principalmente quando se tem a oportunidade, durante o semestre letivo, de visitar unidades prisionais como parte das atividades pedagógicas.

O reconhecimento do contexto prisional real tem servido para neutralizar as imagens e os conteúdos de filmes, séries e relatos, muitas vezes espetaculosos a respeito desse universo. Como existem muitos estereótipos e rotulações em torno do tema, o “PA 6”, como instância de conhecimento, contribui também nesse sentido.

Um trabalho, que se estendeu por 3 ou 4 semestres e envolveu os alunos e o Nuesp, foi a realização de oficinas de desenho artístico voltadas à população carcerária do Sistema Penitenciário do Distrito Federal, promovido pela Secretaria de Educação do Distrito Federal durante os eventos da Semana de Educação para a Vida. Na qualidade de monitores, os alunos davam aulas para os presos, contribuindo de maneira eficaz com a oferta de um curso rápido de desenho básico e avançado para a população em tela. Esse tipo de ação, realizada paralelamente às demais atividades da disciplina, é importante porque remete à construção da cidadania, uma responsabilidade social, e, ao mesmo tempo, fortalece o compromisso com o rompimento de preconceitos.

Mais do que as simples visitas a estabelecimentos prisionais, o contato direto com os presos, funcionários e eventualmente com a rotina da unidade abre a oportunidade de estabelecer uma maior aproximação com esse universo.

A realização dessas atividades evidenciou a importância da educação e da arte no sistema penitenciário, tendo em vista o impacto positivo sobre as pessoas privadas de liberdade. Nelas, foram abordados temas como a tolerância em relação às adversidades e o papel ressocializante da prisão, uma vez que, em algum momento, essas pessoas retornarão ao convívio social. Por outro lado, ficou evidente a importância da cooperação interinstitucional, conjugando as demandas existentes e a função social da universidade (ESTECA & ANDRADE, 2018).

É importante acrescentar que nutrimos a esperança de que o “PA 6”, entre uma turma e outra, eventualmente, promova, no país, uma reposição e uma complementação do conjunto de profissionais dedicados aos trabalhos relativos à projeção e à produção da arquitetura penal.

Atualmente, além de existirem muitos alunos interessados na arquitetura penal, percebe-se que alguns deles retomam o tema no Projeto de Diplomação. Isso significa que, dependendo das oportunidades da vida, eles podem enveredar por esse caminho, tornando-se futuros arquitetos comprometidos com a especialização ou a pesquisa nesse campo. Isso contribuiria para o fortalecimento do debate em torno das questões referentes à arquitetura penal, que atualmente apresenta uma grande deficiência no campo do conhecimento específico desse tipo de edificação.

Assim sendo, esse reforço e essa provocação que o “PA 6 – Edificações Penais” promove pode ter uma importante repercussão. Na verdade, se nes-

ses anos todos tivermos 1, 2 ou 3 alunos que eventualmente desejem seguir esse caminho, estaremos aumentando significativamente a quantidade de pessoas pensando sobre o tema e, conseqüentemente, aumentando a capacidade de pesquisa e produção nessa área.

Um fato interessante, que merece destaque quando se fala de ensino, diz respeito à preocupação demonstrada pelos alunos com a melhoria das condições de habitabilidade das prisões, a qualificação e a humanização desses espaços, bem como a solução dos recorrentes obstáculos e desafios, o que, de certa forma, condiz com o que temos desenvolvido no âmbito da pesquisa.

Embora conscientes de que para atingir soluções um pouco mais significativas seja necessário exigir dos alunos estudos mais aprofundados, fica enfatizada a simples intenção de melhorar os espaços prisionais, já que a grande maioria dos projetos desenvolvidos na disciplina têm como meta a humanização desses espaços.

Considerando que mais à frente eles vão estudar e produzir arquitetura, o esforço da disciplina resulta positivo. Essa conscientização social que eles levam para sua prática profissional é importante para a arquitetura penal e serve para demonstrar o papel da universidade na qualificação dos espaços, em particular dos espaços prisionais.





Detalhe do relevo de um leão caminhando, feito com tijolos vitrificados – Portão de Ishtar, Palácio de Nabucodonosor II, Babilônia, por volta de 575 a.C.



## SUMÁRIO

### INTRODUÇÃO

|                                                               |            |
|---------------------------------------------------------------|------------|
| <b>BREVE HISTÓRICO: DOS ABRIGOS À CONSTRUÇÃO MODERNA.....</b> | <b>25</b>  |
| AS PRIMEIRAS GRANDES CONSTRUÇÕES.....                         | 25         |
| AS CONSTRUÇÕES DO IMPÉRIO ROMANO.....                         | 29         |
| AS GUILDAS E A CONSTRUÇÃO DE CATEDRAIS.....                   | 34         |
| A CONSTRUÇÃO CIVIL E OS PARADIGMAS RENASCENTISTAS.....        | 40         |
| A REVOLUÇÃO INDUSTRIAL E OS NOVOS MATERIAIS E TÉCNICAS.....   | 46         |
| O PÓS-GUERRA E A INDUSTRIALIZAÇÃO DAS CONSTRUÇÕES.....        | 50         |
| <b>O AMBIENTE CONSTRUÍDO E SEUS PROCESSOS.....</b>            | <b>59</b>  |
| A CADEIA PRODUTIVA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO.....            | 61         |
| PRODUTIVIDADE E MEDIÇÃO.....                                  | 77         |
| A TECNOLOGIA NA CADEIA PRODUTIVA DA CONSTRUÇÃO CIVIL.....     | 82         |
| INOVAÇÃO.....                                                 | 84         |
| CLASSIFICAÇÃO DAS INOVAÇÕES.....                              | 88         |
| INOVAÇÕES NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....                            | 89         |
| INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO.....                           | 95         |
| <b>AS EDIFICAÇÕES PENAIS.....</b>                             | <b>117</b> |
| CARACTERÍSTICAS E DIRETRIZES GERAIS.....                      | 117        |
| FINANCIAMENTO DA EDIFICAÇÃO PENAL.....                        | 129        |
| CADEIA PRODUTIVA DA EDIFICAÇÃO PENAL.....                     | 132        |
| CADEIA DE SUPRIMENTOS.....                                    | 139        |
| CADEIA PRINCIPAL OU DE PROCESSOS.....                         | 142        |
| CADEIA AUXILIAR.....                                          | 144        |
| <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>                              | <b>148</b> |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>                        | <b>151</b> |
| <b>FONTE DAS IMAGENS.....</b>                                 | <b>162</b> |





## INTRODUÇÃO

Após um breve histórico da evolução da construção civil, este volume apresenta os conceitos e elementos que compõem a Cadeia Produtiva da Indústria da Construção, além de questões relacionadas à produtividade, inovação e sustentabilidade da indústria da construção como uma base para o entendimento das especificidades da Cadeia Produtiva da Edificação Penal.

O breve histórico da construção apresenta as principais transformações surgidas ao longo do processo evolutivo da Indústria da Construção e, portanto, do ambiente construído. São apresentados alguns exemplos de materiais e técnicas construtivas usadas em edifícios importantes desde a Antiguidade, passando pela Idade Média, até chegar à Modernidade.

Com o objetivo de vencer os principais desafios em relação ao uso dos materiais e das técnicas construtivas, a construção civil vem, ao longo do tempo, incorporando os avanços da ciência, tecnologia e informática – fatores que vêm exercendo influência sobre o ato de projetar e o processo de construir.

Apesar das especificidades de cada país, a construção civil é um ramo produtivo complexo, por isso os principais conceitos para a compreensão da Cadeia Produtiva da Indústria da Construção são apresentados em diversas perspectivas. Em sentido amplo, a cadeia produtiva – que reúne agentes, ações e instrumentos no segmento da construção civil – promove a articulação dos insumos básicos até o produto final.

No cenário nacional, a cadeia produtiva da indústria da construção convive ainda com o uso de técnicas construtivas convencionais, a resistência a inovações, a escassez de mão de obra especializada, além da necessidade de suprir uma grande demanda por habitações, infraestrutura e equipa-

mentos urbanos.

A inovação na indústria da construção é viabilizada pelo desenvolvimento dos sistemas construtivos e pelo avanço tecnológico dos processos e produtos finais, havendo diversas abordagens que explicam sistematicamente como essa inovação acontece em relação aos processos, ações e ferramentas. Aos poucos, a utilização de sistemas industrializados, a produtividade, a qualidade e a sustentabilidade tornam-se fatores importantes para adquirir vantagens competitivas em diversos segmentos da cadeia produtiva da indústria da construção.

Tendo em vista o atendimento às crescentes demandas urbanas e às progressivas soluções industriais para a construção civil, impõe-se a criação e adoção de parâmetros normativos e legais. Estes, contribuindo para viabilizar o monitoramento, o controle e a gestão da qualidade, tornaram-se instrumentos relevantes para a verificação das não conformidades, o atendimento ao desempenho inicialmente proposto e até mesmo para a detecção da origem processual e organizacional dos problemas.

Em relação às edificações penais, em função de sua complexidade e especificidades, os aspectos normativos e legais, bem como as possibilidades de inovação e sustentabilidade, são ainda mais desafiadores. Por esse motivo, foram elencados os parâmetros legais, os quais atendem, mesmo que indiretamente, todos espaços, sistemas e subsistemas envolvidos nesse tipo particular de edificação.

O fechamento deste volume apresenta uma caracterização da edificação penal, as principais referências, conceitos, padrões e classificações que con-

dicionam o projeto e a construção desses espaços. Por fim, apresenta-se a configuração da Cadeia Produtiva da Edificação Penal, estruturada em elos de abastecimento, produção e construção, e concepção de soluções para toda a cadeia.

Com relação especificamente à cadeia produtiva das edificações penais, trata-se de uma contribuição pioneira, que, devido à precariedade das fontes e estudos abalizados, não se encerra em si mesma. Pelo contrário, tem como objetivos despertar o interesse por esse tema tão complexo, sensível e ainda pouco estudado, e suscitar uma gama maior de pesquisas sobre o tema. Assim sendo, e cientes de que há um longo caminho a ser percorrido até chegar a uma conceituação aprofundada dessa específica cadeia produtiva e de todos os elementos que a compõem, continua em curso – no âmbito do Núcleo de Estudos de Pesquisa da Edificação Penal (Nuesp), vinculado ao Parque de Inovação e Sustentabilidade do Ambiente Construído (Pisac) da Universidade de Brasília (UnB) – um processo de aprimoramento desses conhecimentos específicos, de modo a contribuir com a correta aplicação da pena e o respeito à condição humana em um dos espaços mais paradigmáticos da sociedade desde os tempos imemoriais.

## **BREVE HISTÓRICO: DOS ABRIGOS À CONSTRUÇÃO MODERNA**

A construção, uma das atividades mais antigas da humanidade, surgiu devido à necessidade primordial de criar abrigos capazes de neutralizar os efeitos do clima e proteger contra os ataques de homens e animais. Às primeiras moradias, seguiram-se as edificações destinadas a outras funções, entre as quais, o armazenamento de alimentos e a realização de cerimônias.

Ao longo da história, a construção tem sido marcada por diferentes motivos. O primeiro refere-se à busca pela durabilidade dos materiais: depois dos materiais perecíveis, como folhas, galhos e peles de animais, surgiram materiais naturais mais duráveis, como argila, pedra e madeira; e, finalmente, passaram a ser usados outros ainda mais resistentes, como argamassa, cimento e concreto, metais etc. O segundo deve-se ao interesse pelos edifícios com altura e dimensões cada vez maiores, o que só foi possível graças ao conhecimento das características e propriedades dos materiais. O terceiro envolve a possibilidade de controle sobre os ambientes internos dos edifícios, ou seja, a regulação da temperatura e velocidade do ar, a umidade, os níveis de luz e som, e outros fatores que afetam o conforto humano. O quarto motivo diz respeito à evolução das formas de energia usadas no processo de construção, desde a força muscular humana até a produção das máquinas.

### **AS PRIMEIRAS GRANDES CONSTRUÇÕES**

As primeiras evidências históricas de edifícios de grandes proporções foram encontradas na Mesopotâmia. Embora das pequenas habitações tenham sobrevivido apenas vestígios de fundações, foram construídas edificações arrojadas para os palácios, templos, e para os zigurates, que os antigos acreditavam ser a morada dos deuses (figura 1).



Figura 1. Zigurate da cidade de Ur, 2100 a.



Figura 2. Corredor do Portão de Ishtar Palácio de Nabucodonosor II, Babilônia, por volta de 575 a.C., ,  
exposto no Pergamon Museu, em Berlim, na Alemanha.



Figura 3. Necrópoles de Gizé, 2550 a.C.

Os tijolos de barro, principal material de construção da época, eram feitos em moldes de madeira, semelhantes aos usados para fazer adobe. As civilizações mesopotâmicas, particularmente a babilônica, costumavam usar tijolos de cerâmica vitrificada para decorar os interiores e exteriores de seus edifícios (figura 2).

No antigo Egito, embora ainda fossem utilizados tijolos de barro cozido ao sol na feitura de habitações e outros edifícios auxiliares, os faraós construíram as grandes edificações em pedra. Ao que tudo indica, em vez de rodas ou polias, eles usavam rolos, rampa e cordas, puxadas por inúmeros trabalhadores, para transportar e elevar as grandes pedras.

As pirâmides impressionam pela grandeza e pela quantidade de mão de obra que deve ter sido empregada em sua construção. A Grande Pirâmide,

construída entre 2530 e 2550 a.C. pelo faraó Quéops na Necrópoles de Gizé, mede cerca de 146 metros de altura (figura 3).

Estudos mais recentes sobre esta pirâmide, liderados pelo arquiteto francês Jean-Pierre Houdin e pelo egiptólogo alemão Rainer Stadlemann, trouxeram, como resultado, a seguinte teoria (figura 4):

[...] para o terço inferior da pirâmide, os blocos foram rebocados por uma rampa externa reta. Essa rampa era muito menor do que a necessária para chegar ao topo e era feita de blocos de calcário, um pouco menores do que os usados para construir o terço inferior da pirâmide. Enquanto o fundo da pirâmide estava sendo construído através da rampa externa, uma segunda rampa estava sendo construída, dentro da pirâmide, sobre a qual seriam transportados os blocos dos dois terços superiores da pirâmide (BRIER, 2009, s.n.).

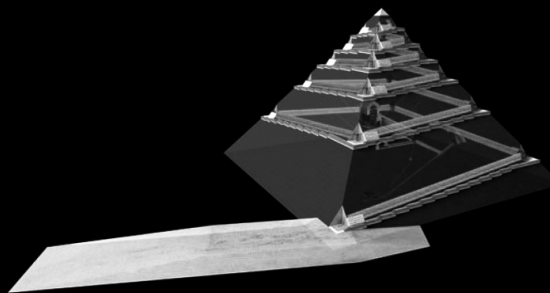


Figura 4. Imagem 3D feita por Jean-Pierre Houdin para ilustrar sua teoria sobre a Grande Pirâmide.

Presume-se que, sob o comando de trabalhadores qualificados, respeitados e bem tratados, atuava um grande contingente de indivíduos que forneciam a força muscular necessária às grandes obras.

Tendo em vista que a maioria dos edifícios comuns da Grécia Antiga (período entre o século IX a.C. e meados de 600 d.C.) foram feitos em madeira ou tijolo de barro, poucos resistiram à ação do tempo – alguns foram parcialmente recons-



truídos ou reerguidos na era moderna, mas outros transformaram-se em ruínas.

Após 650 a.C., os templos gregos, inicialmente feitos em madeira, começaram a ser construídos em pedra. Embora o tijolo de barro permanecesse como padrão para a construção de habitações, o tijolo queimado revestido com argamassa de cal, técnica emprestada da construção em pedra, foi mais amplamente utilizado.

Os gregos fizeram muitos avanços no campo da construção, entre os quais o encanamento, a escada em espiral, o aquecimento central e a roda d'água. Arquimedes, utilizando o princípio da alavanca, projetou sistemas de roldanas, os quais permitiam levantar objetos muito pesados, sendo também creditada a ele a invenção do guincho e da talha. Com isso, logo foi possível a substituição da rampa – até então o principal meio de movimento vertical de cargas – por rudimentares guindastes de madeira.

Deve-se aos gregos, ainda, o mais antigo “desenho de construção” conhecido. Marcada com perfis de colunas e molduras, uma das paredes de pedra do Templo de Apolo, em Didyma (figuras 5 e 6), na região da antiga Jônia, permaneceu inacabada, tendo sido preservados os desenhos nela expostos, que mostram “[...] como os pedreiros desenvolveram os perfis finais de colunas e molduras – um raro vislumbre dos processos de design dos construtores antes dos dias de lápis e papel” (CHANG & SWENSON, 2020, s.n).

## AS CONSTRUÇÕES DO IMPÉRIO ROMANO

Diferentemente do que ocorreu com as culturas anteriores, como a mesopotâmica e a egípcia, tem-se uma grande quantidade de informações sobre a construção de edifícios romanos, não somente porque alguns permane-



Figuras 5 e 6. Vista geral e parede com as gravações da construção – Templo de Apolo, Dydima, concluído por volta de 550 a.C.

ceram intactos, mas também devido aos inúmeros estudos desenvolvidos sobre as ruínas de Pompéia e Herculano. Ademais, ressalta-se o acesso ao tratado *De Architectura* (27 a 16 a.C.), de Vitrúvio, que inclui extensas passagens sobre as técnicas de construção da época.

Em relação aos materiais, o grande desenvolvimento romano deveu-se ao uso da argamassa hidráulica de cal, também chamada de cimento romano. Tijolos ou pedras eram empregados na construção das faces externas da parede, as quais, servindo de molde, eram enchidas com o “concreto” feito com uma mistura de escombros e argamassa. Mais tarde, passaram a usar moldes de madeira, os quais eram removidos após o processo de cura. O processo, que exigia uma mão de obra pouco qualificada e permitia fazer um grande volume de obras em pouco tempo, era usado também para construir arcos e abóbadas sobre os grandes vãos. Um dos emblemáticos exemplos do emprego da abóboda está no Panteão de Roma, construído originalmente por Marcus Agripa e reconstruído pelo imperador Públio Adriano (figuras 7, 8 e 9).

Os romanos, que desenvolveram sofisticados sistemas de aquecimento e ventilação, muito utilizados em suas termas, substituíram o bronze pela madeira na produção de treliças e telhas, e ainda fizeram uso do vidro, tanto o colorido, nos mosaicos, como o transparente, nas janelas.

A maioria das construções era feita por escravos ou homens recém libertados, o que contribuía para reduzir os custos e, conseqüentemente, ampliar o número e a escala dos edifícios considerados importantes. O incremento das obras deu-se também pelo desenvolvimento de engenhocas sofisticadas

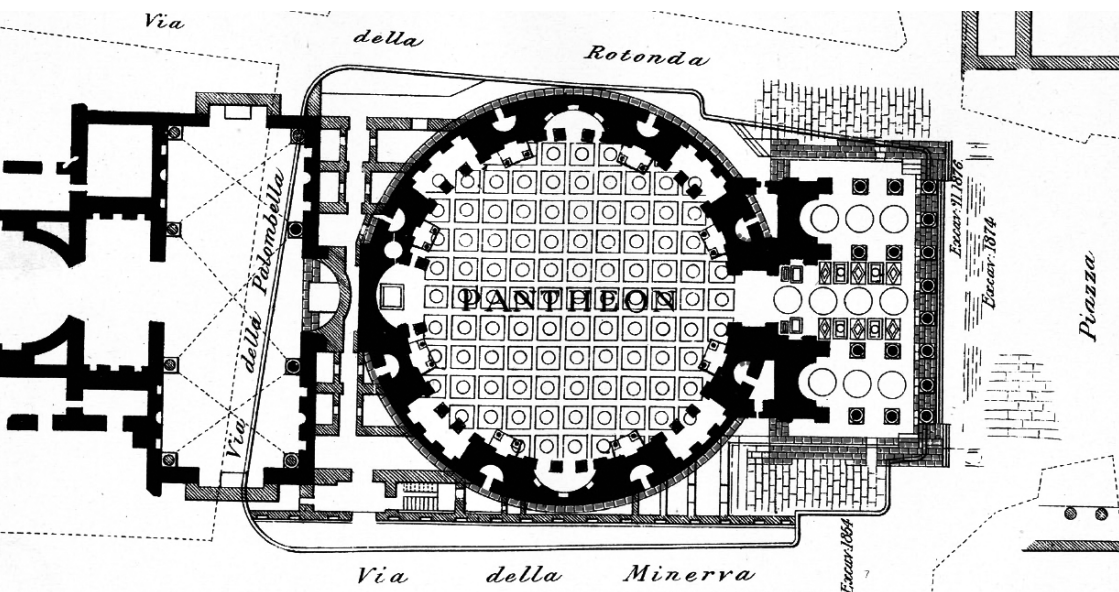


Figura 7. Planta do Panteão: em vermelho, o de Agripa, 25 a.C.; em preto, o de Adriano, entre 118 e 126 a.C.



Figura 8. Panteão de Roma, 118-128 d.C.

Figura 9. Interior do Panteão. Roma, 1747, Giovanni Paolo Panini, óleo sobre tela.

dos de madeira, como os guindastes, que permitiam levantar pesos significativos a grandes alturas. Esse desenvolvimento técnico estendia-se às pontes, aquedutos e anfiteatros cobertos (figura 10).



Figura 10. Construção do Aqueduto Claudia, em Roma, entre 38 a 52 a.C. Abaixo deste, pode ser visto o Aqueduto Marcia, construído entre 144 e 140 a.C. Autor não identificado.

As gruas romanas, aperfeiçoadas em relação às similares gregas, variavam conforme a massa que deveriam levantar. Para os pesos leves, usavam os *tripastos*, os quais, com um único homem operando um guincho de três polias, podia levantar até 150 kg. Havia também o *pentapastos*, que possuía cinco polias; mas, para cargas bem mais pesadas, usavam o *polipasto*, que tinha de dois a quatro mastros, três cordas e cinco polias (figura 11).

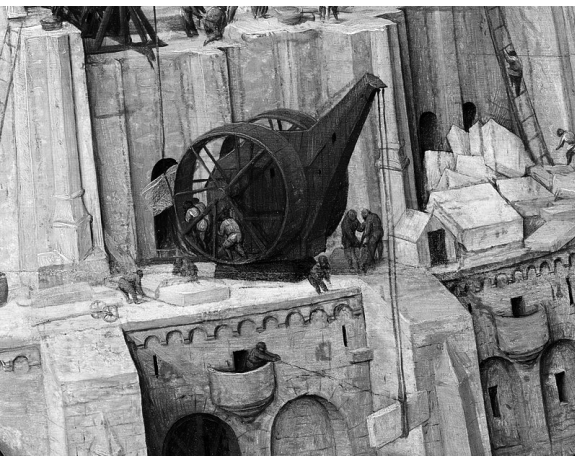


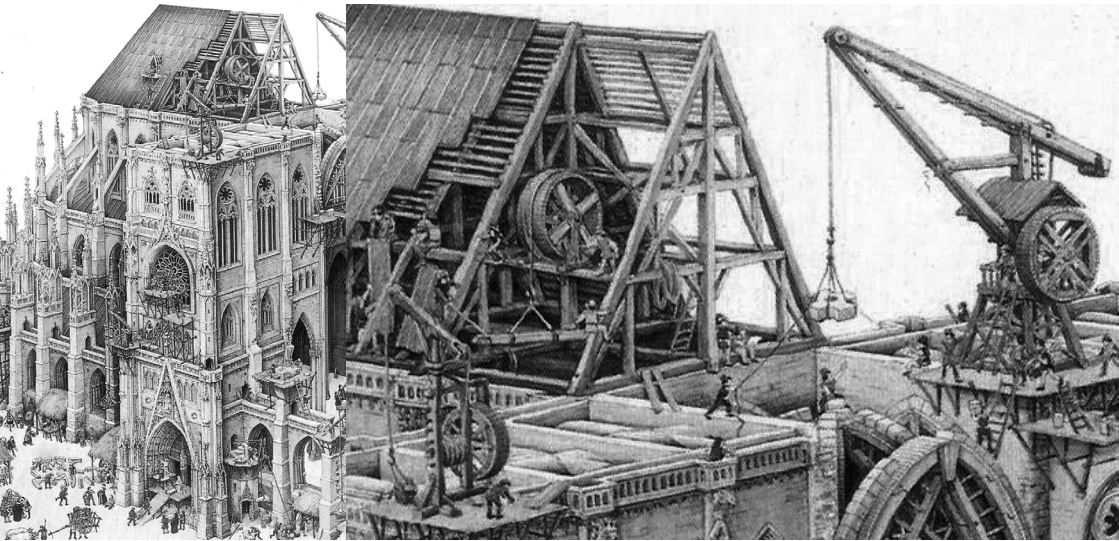
Figura 11. Detalhe da construção da Torre de Babel, que mostra um guindaste de duas rodas. Óleo em painel de carvalho, Pieter Bruegel, 1563. Acervo do Museu Kunsthistorisches, Viena.

## AS GILDAS E A CONSTRUÇÃO DE CATEDRAIS

A arquitetura medieval, do período bizantino ao gótico, foi influenciada pelo crescimento das cidades e pela ascensão da Igreja Católica. À medida que aumentava o poder do Papa, a Igreja passava a ter o capital necessário para o desenvolvimento das grandes obras arquitetônicas. Ainda nesse período, não existia a figura do arquiteto como criador dos espaços construídos, e o principal esforço, voltado principalmente à edificação das catedrais, era acompanhado por toda a população, tornando-se parte da vida da comunidade (figuras 12 e 13).

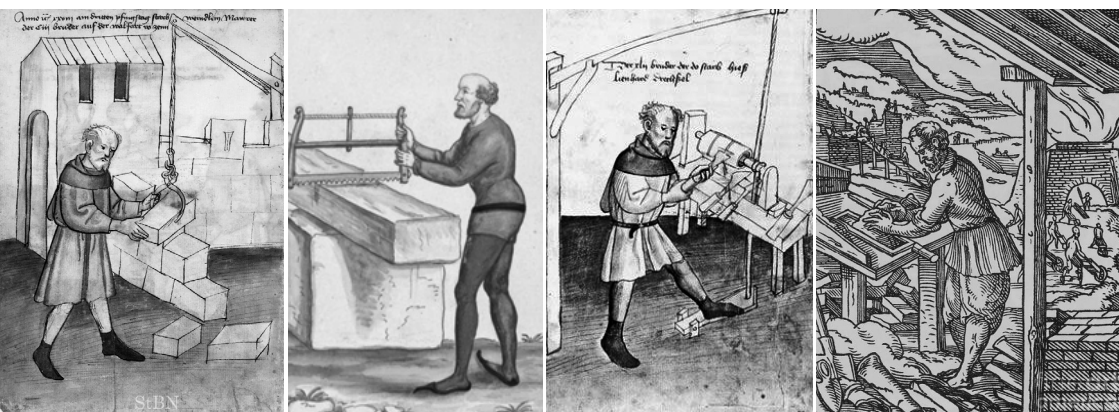
Com o objetivo de regulamentar as profissões e o processo produtivo artesanal nas cidades, surgiram, a partir do século XII, as corporações de ofício – associações de trabalhadores que, reunindo dezenas de mestres de obra, detinham o conhecimento dos sistemas construtivos e eram responsáveis pelo planejamento e execução das edificações. Caracterizavam esses cole-

tivos de trabalhadores o controle sobre as técnicas de produção das mercadorias e a hierarquia, aceita e compreendida por refletir as relações de dependência da estrutura social da época. Somente os membros de uma corporação podiam trabalhar em determinados ofícios – pedreiro, carpinteiro, oleiro, ferreiro, torneiro, padeiro, sapateiro etc. (figuras 14).



Figuras 12 e 13. Construção de uma catedral gótica: detalhe e vista.

Os associados eram, em geral, divididos em três grupos: os aprendizes que, em um período geralmente de dois a sete anos, recebiam comida e moradia de seus mestres artesãos em troca da ajuda e dos ensinamentos; os jornaleiros que, após concluir o aprendizado, podiam trabalhar para um mestre e receber salários; e os mestres artesãos, proprietários das oficinas, equipamentos e matérias primas que integravam o processo construtivo (HUBERMAN, 1986).



Figuras 14. Pedreiro, 1388. Fonte: Livros da Casa dos Nuremberg, Twelve Brothers Foundation.  
Artesãos medievais. Carpinteiro, reinado de Charles V, 1372. Artesãos medievais. Ferreiro, 1370.  
Artesãos medievais. Oleiro, sem data. Biblioteca de Nova Iorque.

As corporações de ofício congregavam um conjunto de indivíduos dedicados a um determinado ofício em um mesmo local. Essas associações, inicialmente organizadas de forma voluntária e baseadas na solidariedade e no auxílio mútuo, criaram, ao longo do tempo, regras rígidas de funcionamento, capazes de beneficiar os seus associados, limitar o conhecimento das técnicas a poucas pessoas e garantir a qualidade dos produtos.

O povoamento das cidades e o carácter onipresente da Igreja exigiram a contribuição da nobreza, valor que tinha como objetivo assegurar a construção e a manutenção dos edifícios destinados ao culto ou à exaltação divina (LOPES, 2003). O sucesso dos empreendimentos arquitetônicos medievais devia-se à organização das pessoas e dos materiais e suas aplicações.

O esforço construtivo do período medieval pode ser assim resumido: escolha, extração e transporte da madeira e da pedra; sistemas mecânicos complexos capazes de mover e elevar esses materiais; variabilidade de técnicas



usadas para lidar com matérias primas tão diferentes como a madeira, a pedra, as argamassas, os estuques, o chumbo e os pigmentos de cor.

[...] cada artesão, participante da obra, podia não apenas executar, mas também projetar a parte que lhe cabia, desde que se subordinasse à clave de proporções geométricas de seu mestre: esta servia às guildas de construção – tal como a clave musical serve ao compositor – com recursos geométricos. Quase nunca existiam projetos no papel, o grupo de trabalho vivia junto, discutia a tarefa comum e transpunha as ideias diretamente para o material (GROPIUS, 1972, p. 25).

A função de coordenação dos trabalhos competia ao mestre de obras, “o arquiteto”, que traçava o edifício e determinava as evocações litúrgicas das decorações, de acordo com a vontade do contratante dos serviços. Apesar dos patrocínios e dádivas abundantes, os empreendimentos construtivos medievais atravessavam períodos de dificuldades, o que implicava reduções ou atrasos da programação das obras. Nesses casos, o que permitia assegurar a qualidade da arquitetura na Idade Média eram os conhecimentos teóricos e técnicos de todos os participantes das obras.

Os edifícios eram construídos por diversos grupos de pedreiros, não existindo, sobretudo no período Românico, escolas ou oficinas capazes de assegurar a transmissão dos conhecimentos. “Assim sendo, o papel do mestre de obras na organização das pessoas e das heranças técnicas era fundamental. Ele era o magister, que em latim corresponde à denominação de douto, em referência àquele que havia cumprido o círculo do conhecimento nas artes liberais” (LOPES, 2003, s.n.).

Toda a obra medieval, principalmente a românica, foi erigida com não mais do que riscos nas paredes do próprio edifício que se construía, desenhos

que se destinavam à verificação da forma dos elementos que constituiriam o edifício, à ponderação da curvatura dos arcos ou à análise dos seus apoios; os instrumentos que asseguravam o rigor geométrico da construção eram utilizados diretamente na obra, como o esquadro ou a representativa vara de medir que introduzia a medida ao todo e determinava as relações entre as partes do edifício, conferindo-lhe, através das proporções, o divino significado da unidade (LOPES, 2003, p. 12).

No final do período medieval, o crescimento do comércio em nível internacional e a instabilidade dos regimes de troca modificaram a estrutura produtiva: o justo preço foi substituído pelo preço de mercado, regulado pela oferta e pela demanda (LOPES, 2003).

A partir de então, as corporações começaram a entrar em colapso por diversas razões, entre as quais a desigualdade financeira que passou a existir entre os mestres, sendo que os mais ricos passaram a controlar tanto as corporações como os poderes locais e, conseqüentemente, o poder jurídico. O aumento da distância entre mestres e jornaleiros fez com que estes criassem corporações próprias, as quais, posteriormente, por ingerência dos mestres, foram colocadas na ilegalidade pela justiça. No final do período medieval, a fraternidade entre trabalhadores foi substituída pela luta de classes.

Se, em um determinado período, os mestres artesãos desempenhavam as funções de chefe, fabricante, mercador, empregador e lojista, a expansão do mercado modificou as estruturas desse regime. Produzir mercadorias para um mercado pequeno e estável, em que havia uma relação direta entre o produtor e o consumidor, era mais fácil do que produzir para uma nação ou mais de uma. Os mestres perderam suas funções de negociante e lojista, dando lugar ao surgimento dos intermediários, os quais, com dificuldades para lidar com as corporações artesanais, tentavam driblar suas regras de

forma a assegurar vantagens próprias.

Com isso, o regime das corporações transformou-se em um regime de produção doméstica. Embora os locais de trabalho continuassem nas fábricas dos mestres de ofício, as matérias primas passaram a ser fornecidas pelos intermediários, o que, com o tempo, transformou tanto os mestres como os jornaleiros em assalariados.

De acordo com Leo Huberman (1986), em sua obra *História da Riqueza do Homem*, durante o período medieval podem ser destacadas três fases da organização produtiva:

- Alta Idade Média – caracterizado pelo **sistema familiar**: produção dos membros da família destinada ao próprio consumo; produto não tinha como objetivo atender ao mercado.
- Baixa Idade Média – caracterizado pelo **sistema de corporações**: produção dos mestres artesãos, donos das matérias primas e ferramentas. Vendia-se apenas o produto do trabalho; trabalho destinado a um mercado pequeno e estável.
- Idade Média Tardia – caracterizado pelo sistema doméstico: produção dos mestres artesãos e seus ajudantes realizada em casa. Proprietários dos instrumentos de trabalho, os mestres dependiam, para obtenção de matérias primas, de um intermediário entre eles e o consumidor. Mestres passaram a ser assalariados; trabalho voltado para um mercado instável e em crescimento.

De acordo com a ressalva feita pelo próprio Huberman,

[...] as épocas mencionadas são apenas aproximações. Quando uma fase predominava, já mostrava indícios de decadência, e as sementes da nova fase começavam a brotar. Assim, no século XIII, quando as corporações es-

tavam no auge, surgiram exemplos do sistema doméstico no Norte da Itália. Da mesma forma, exemplos do sistema fabril, quase que tal como o conhecemos hoje, já eram evidentes no período que o sumário atribui ao sistema doméstico. O contrário também ocorreu. O predomínio de qualquer estágio de desenvolvimento industrial não significa o desaparecimento total do estágio precedente. O sistema de corporações perdurou muito depois de ter aparecido o sistema doméstico (2003, p. 110).

## A CONSTRUÇÃO CIVIL E OS PARADIGMAS RENASCENTISTAS

A ruptura do Renascimento com o pensamento medieval pode ser verificada por meio da incorporação de novos paradigmas: antropocentrismo – o homem como a medida de todas as coisas; racionalismo – convicção de que tudo pode ser explicado pela razão e pela ciência; empirismo – recusa em acreditar em algo que não tenha sido comprovado; individualismo – ideia de que cada um é responsável pela condução de sua vida; naturalismo – importância do estudo da natureza com o espírito de observação aguçado; hedonismo – suposição de que o homem pode produzir o belo pelo prazer que isso lhe proporciona (GODINHO, 2012).

No Renascimento, surgia de maneira mais efetiva o sistema fabril, que consistia em uma “[...] produção para um mercado cada vez maior e oscilante, realizada nos edifícios do empregador sob rigorosa supervisão” (HUBERMAN, 2003, p. x). Com isso, os trabalhadores, que não tinham mais a posse da matéria prima e dos instrumentos de trabalho, acabaram perdendo completamente sua independência. Além disso, “[...] a habilidade deixou de ser tão importante como antes, devido ao maior uso da máquina. O capital tornou-se mais necessário do que nunca” (Ibid., 2003, p. 109).

Alguns mestres passaram a valorizar principalmente os aspectos estéti-

cos da obra a construir, em detrimento dos processos de construção, em manifesta oposição à situação vivida nos séculos anteriores. Começou assim a separação entre a fase de concepção ou projeto e a fase da construção, ou seja, a divisão entre trabalho intelectual e trabalho manual. Além disso, enquanto os artistas/artesãos medievais haviam usado sua criatividade para servir à Igreja e expressar sentimentos religiosos, a arte do Renascimento passou a simbolizar os interesses da época, ou seja, a valorização do homem.

A descoberta dos antigos tratados da arquitetura clássica – entre os quais o *De Architectura* (27 a 16 a.C.), de Marcos Vitrúvio (figuras 15 e 16), o qual serviu de base para o *De Re Aedificatoria* (1452), de Leon Battista Alberti (figura 17) – possibilitou uma nova interpretação da arquitetura clássica e sua adequação aos novos tempos.



Figura 15. Vitrúvio entregando a Otávio Augusto o *De Architectura*. Ilustração da capa do Livro X, edição de 1649, por Ludovico Elzevirium.

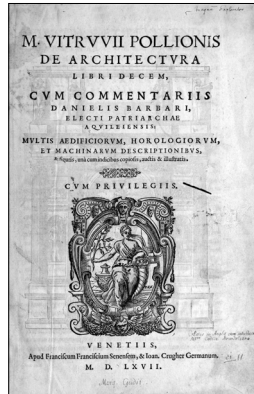


Figura 16. Página interna da edição moderna do tratado de Vitrúvio *De Architectura*, com comentários e tradução de Daniele Bárbaro e desenhos de Andrea Palladio, 1567.

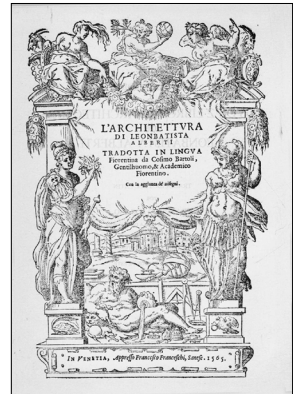


Figura 17. *De Re Aedificatoria*, tratado de Leon Battista Alberti. Fonte: Biblioteca Histórica de la Universidad Complutense de Madrid, nº 10.

Os ideais renascentistas, baseados na ruptura com o pensamento tradicional e na valorização da razão, continuaram até o Iluminismo no século XVIII. A ciência e as ideias progressistas, que começaram a assumir um papel importante na vida cotidiana, levaram ao estabelecimento de métodos sistemáticos de ensino e modelos voltados às edificações, dando início à formação em arquitetura. Em sua origem, essa profissão teve como suporte os escritos de Vitrúvio, o qual, ao descrever em detalhes a educação do arquiteto perfeito, afirmou que este deveria ser hábil em todas as artes e ciências<sup>1</sup>.

Se, no período histórico anterior, a arquitetura era vista apenas como uma habilidade técnica afeita ao artesanato, após o tratado de Alberti houve uma transformação do processo de projeto para construção. Segundo ele, a arquitetura constituía algo digno de ser estudado pela aristocracia, e o arquiteto deveria ser a chave para entender as mudanças no processo de *design*. Embora fosse um profundo conhecedor das regras do *design* clássico, o arquiteto renascentista, frequentemente um pintor ou escultor, tinha pouco conhecimento das técnicas de construção. Assim sendo, cabia-lhe entregar para os construtores os desenhos detalhados, com a disposição das várias partes do edifício. Embora, por vezes, o arquiteto estivesse envolvido na solução de complexos problemas construtivos, a parte técnica da arquitetura ficava, em geral, a cargo dos mestres construtores. Em contraste com os artesãos medievais, que enfrentavam um problema com a solução técnica em mente, os arquitetos renascentistas imaginavam primeiro a aparência do produto final para depois buscar uma maneira de executá-lo.

---

<sup>1</sup> Embora atualmente algumas escolas de arquitetura deem mais ênfase às artes e outras à ciência (tecnologia), adota-se, em geral, um currículo eclético que, integrando disciplinas do campo das ciências humanas ao das exatas e das artes, objetiva formar um profissional generalista.



S. MARIA DEL FIORE, FLORENCE  
Elevation of dome and substructure. (From Sgrilli)

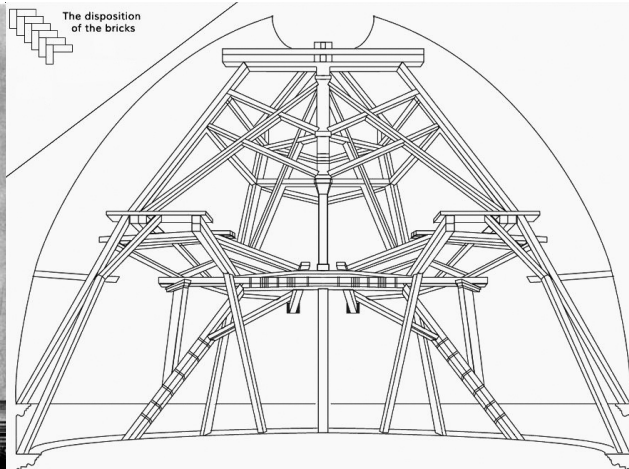


Figura 18. Cúpula da Catedral de *Santa Maria del Fiore*, Florença.

Figura 19. Desenho dos andaimes colocados por Brunelleschi no interior da Catedral de *Santa Maria del Fiore*.

Por outro lado, a redescoberta da perspectiva linear (figura 21 e 22), que Brunelleschi chamou de *costruzione legittima*, representou uma nova forma de entender o espaço como algo universal, compreensível e controlável por meio da razão. A técnica, que passou de uma observação da natureza para um verdadeiro código de representação espacial, contribuiu para reforçar o ideal humanista de descrever a realidade por meio da matemática. A partir de então, diferentemente da concepção e construção coletiva dos edifícios medievais, além de o desenho tornar-se o principal meio de projeção, surgiu a figura do arquiteto como protagonista do ato de projetar.

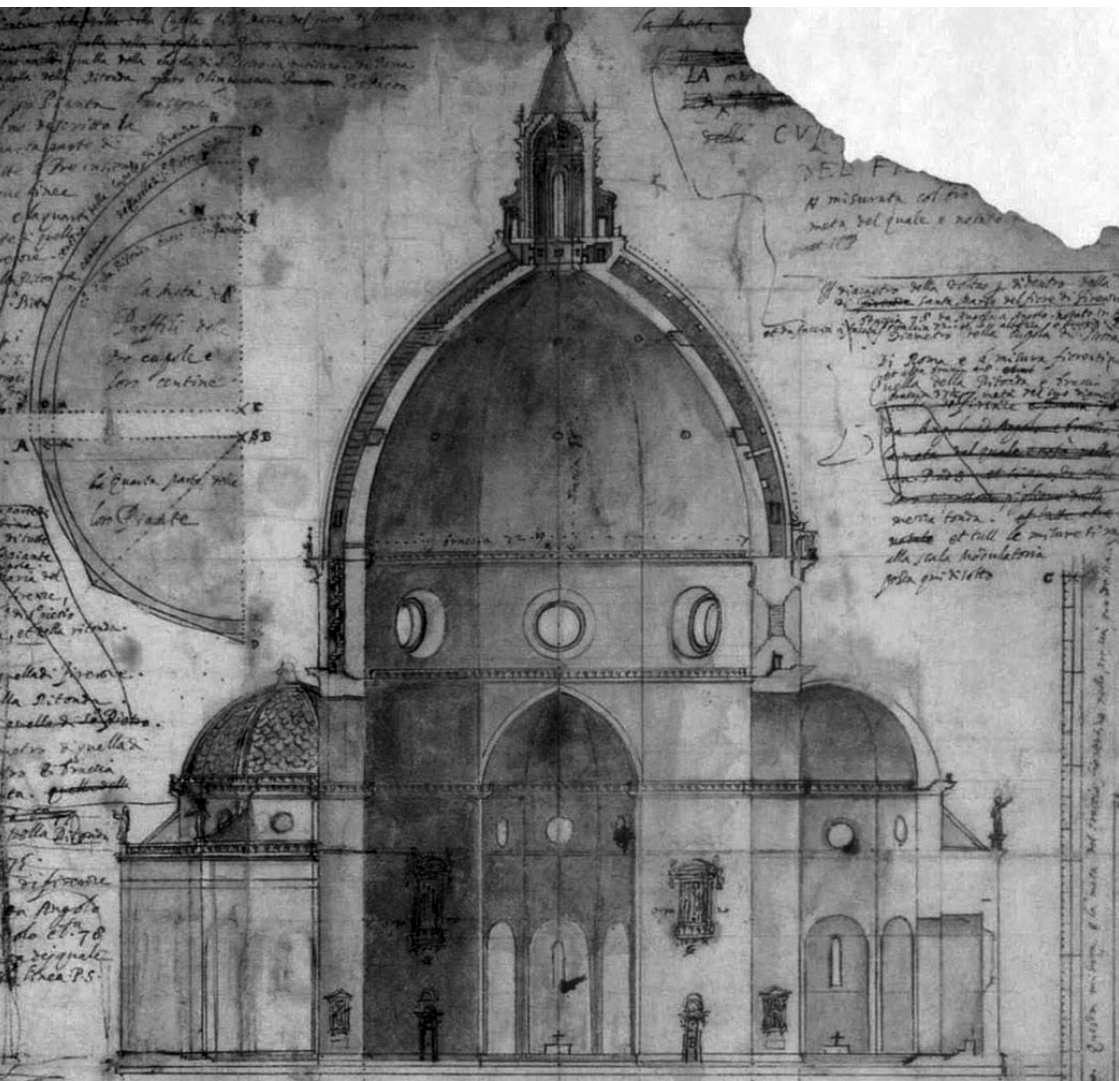


Figura 20. Desenho de Brunelleschi para a Cúpula da Catedral de Santa Maria del Fiore, Florença.



Além da transformação do ato de projetar, a ciência experimental e os métodos matemáticos, cada vez mais sofisticados, passaram a ser empregados na construção de edifícios. Os grandes avanços do final do período renascentista foram a fabricação e o uso intensivo do vidro nas vedações, bem como o emprego do ferro fundido e forjado, tanto em elementos decorativos quanto nas estruturas tracionadas. Enquanto os sistemas estruturais do século XVII dependiam fortemente da experiência, de regras práticas e do uso de modelos em escala, no século seguinte, a engenharia desenvolveu-se o bastante para permitir o cálculo das peças estruturais.

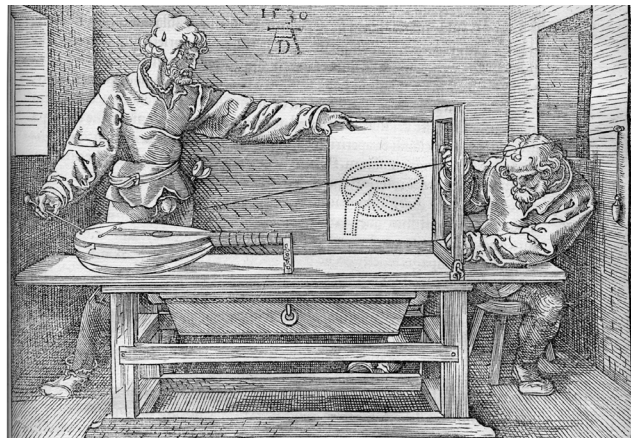
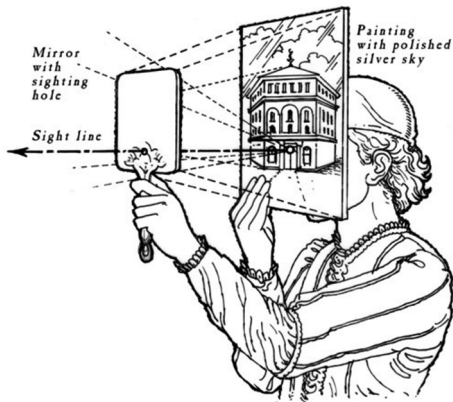


Figura 21. Representação do estudo de perspectiva feito por Filippo Brunelleschi.

Figura 22. Ilustração dos mecanismos para desenhar em perspectiva a partir de modelos, Albrecht Dürer, 1525. *Geometry*, livro II, p. 581.

## A REVOLUÇÃO INDUSTRIAL E OS NOVOS MATERIAIS E TÉCNICAS

Impulsionada pelos avanços tecnológicos e pelo crescimento das cidades, a Revolução Industrial causou não só um grande impacto econômico e social, mas também grandes transformações no processo produtivo. A possibilidade de fazer melhor, mais rápido e mais barato tornou-se um valor social, ao mesmo tempo em que crescia a preocupação com a democratização dos avanços visando ao bem-estar de todos (FONYAT, 2013).

A construção civil, historicamente baseada em técnicas artesanais, teve um grande impulso a partir da Revolução Industrial, em virtude da criação de ferramentas e máquinas – que, realizando tarefas anteriormente feitas pelo homem, trouxeram maior produtividade ao canteiro de obras – e das novas aplicações do ferro fundido e do vidro, posteriormente também do aço e do concreto armado. Em relação ao período pós Revolução Industrial, assim se manifestou Leonardo Benevolo, “O ferro e o vidro são empregados na construção desde tempos imemoriais, mas é somente neste período que os progressos da indústria permitem que suas aplicações sejam ampliadas, introduzindo na técnica das construções conceitos totalmente novos” (2004, p. 42). De acordo com Paulo Bruna, “até então o ferro somente havia sido usado como elemento complementar, como reforço, sob a forma de correntes, tirantes ou anéis de ligação entre as pedras da construção” (1976, p. 32).

Pode-se dizer que a Revolução Industrial passou por três fases distintas. A primeira, que correspondeu à passagem do sistema feudal para o capitalista e ficou restrita à Inglaterra, caracterizou-se pelo surgimento das tecelagens de algodão, com o uso do tear mecânico e das máquinas a vapor. Na segunda, entre 1860 a 1900, as principais inovações foram o emprego de aço,

energia elétrica, combustíveis derivados do petróleo, motor a explosão e de novos produtos químicos. A terceira, com início em 1950, foi marcada pela substituição das atividades humanas pela máquina, “a diligência, a avaliação, a memória, o raciocínio, a concepção, a vontade, etc., estão sendo substituídos por aparelhos mecânicos ou eletrônicos ou, genericamente, por automatismos” (BRUNA, 1976, p. 22).

Essas mudanças acabaram por provocar o deslocamento de grandes contingentes de trabalhadores do campo para as cidades e incentivar uma melhoria da qualidade de vida, criando-se, com isso, novas demandas relativas à construção de novos equipamentos e à melhoria da infraestrutura urbana. Além dos galpões industriais, tornava-se necessário construir pontes, canais, ferrovias, prédios públicos e edifícios com melhor desempenho em casos de incêndio. Nas primeiras indústrias inglesas, os pilares de madeira foram substituídos pelas colunas de ferro fundido, as quais embora apresentassem vantagens no que diz respeito à relação entre a resistência e as dimensões das peças, não resultavam em modificações construtivas substanciais. “A contribuição da indústria no primeiro período da Revolução Industrial foi pois de simples substituição de materiais não implicando modificações substanciais na arte e na técnica de construir” (BRUNA, 1976, p. 35).

Para divulgar os produtos oriundos da indústria emergente, foram promovidas diversas Exposições Universais, eventos que abriram caminhos para a utilização de novas técnicas construtivas. Como os edifícios que abrigavam essas exposições eram temporários e o prazo para a construção era exíguo, fazia-se necessária a utilização de técnicas de construção baseadas na industrialização.

Talvez as exposições mais emblemáticas para a história da arquitetura e da

engenharia tenham sido a de Londres, em 1851, e a de Paris, em 1889. A primeira, erguida no *Hyde Park* teve como símbolo o *Crystal Palace*, projetado pelo arquiteto Joseph Paxton (figuras 23 e 24).

Toda a estrutura era formada por peças metálicas pré-fabricadas, as quais recebiam os fechamentos em vidro<sup>2</sup>. A edificação foi importante por conferir qualidade e expressividade às construções que utilizavam sistemas industrializados, valorizando sua arquitetura (BENEVOLO, 2004). Segundo Bruna, o edifício “forneceu a mais completa e indiscutível contribuição de seu tempo, marcando a primeira fuga dos estilos históricos na arquitetura e simultaneamente uma concepção estritamente ligada aos conceitos de produção em massa” (1976, p. 41).

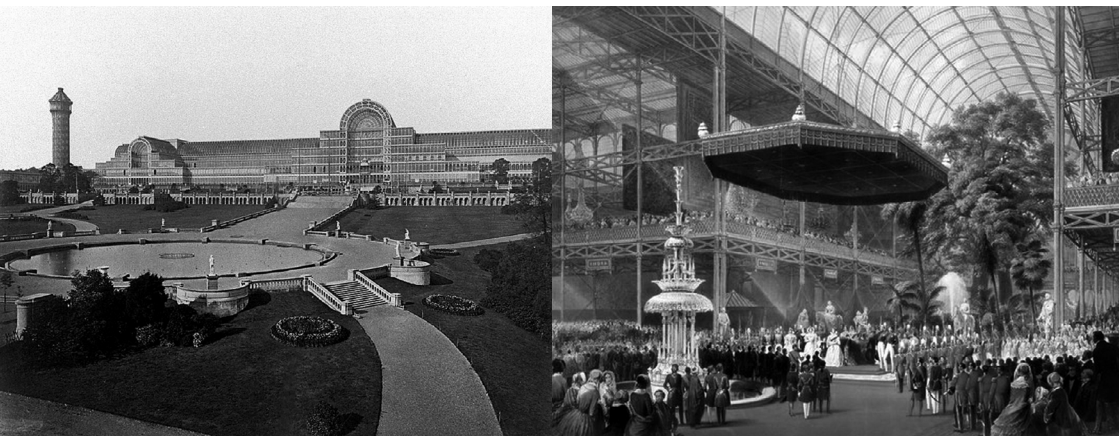


Figura 23. Vista externa da Exposição Universal de 1851, Londres.

Figura 24. Vista interna do Crystal Palace, Londres.

<sup>2</sup> O edifício, que levou quatro meses para ser construído, foi desmontado após o término da exposição e remontado em Sydenham, no sul de Londres, onde permaneceu até 1937, quando foi destruído por um incêndio.

A segunda exposição, realizada em comemoração aos cem anos da Revolução Francesa, teve como portal de entrada a Torre Eiffel (figura 25). Com 300m de altura, toda de ferro, a torre, que apontava para os céus demonstrando a força da racionalidade, da modernidade e do progresso técnico, foi por muito tempo a obra arquitetônica mais alta do mundo. Integrou também a exposição francesa de 1889 o famoso *Palais des Machines*, construído por uma equipe de técnicos coordenada pelo arquiteto Ferdinand Dutert e pelo engenheiro Victor Contamin (figura 26). O grande salão, com uma área de 115m x 420m sem apoios internos, integrava o maior edifício abobadado da época. De acordo com Bruna, a obra “culmina todo um esforço de aprimoramento, atingindo a perfeição formal e técnica com seus arcos triarticulados” (1976, p. 41).



Figura 25. Vista externa da Exposição Universal de 1889, Torre Eiffel, Paris.



Figura 26. Vista interna da Exposição Universal de 1889, Palácio das Máquinas.

## PÓS-GUERRA E A INDUSTRIALIZAÇÃO DAS CONSTRUÇÕES

Com o fim da Segunda Guerra Mundial, o grande déficit habitacional, a falta de materiais de construção e de mão de obra especializada, bem como os poucos recursos financeiros disponíveis, acabaram por criar oportunidades para a aplicação e o aprimoramento dos sistemas construtivos anteriormente desenvolvidos. A industrialização da construção era a única alternativa operacional capaz de enfrentar a complexidade dos problemas urbanos e sociais. A necessidade premente de reconstrução dos países europeus destruídos durante os conflitos possibilitou a reunião de “[...] um número considerável de arquitetos, engenheiros e técnicos, laboratórios de ensaios e pesquisas, suficientes para lançar um programa de obras extenso e complexo” (BRUNA, 1976, p. 72).

Ao contrário da formação de mão de obra convencional especializada – pedreiro, serralheiro, encanador, marceneiro etc. –, a industrialização do setor da construção representou uma significativa redução no tempo de execução da obra e, consequentemente, uma diminuição de custos. O sistema baseado na repetição em série permitia a flexibilidade da produção, permitindo à indústria a possibilidade de adequar seu produto às necessidades de cada obra, mantendo a eficiência do processo operacional.

Com o aumento da demanda por equipamentos, somente no início do século XX surgiram profissionais, entre os quais os arquitetos Walter Gropius e Le Corbusier, que passaram a defender a plena utilização da industrialização na construção e o engajamento no processo de adaptação aos novos sistemas construtivos. Para eles, a industrialização constituía uma evolução do

processo de produção capaz de atingir todos os setores do mercado, inclusive o da construção civil.

Segundo Gropius,

uma após outra, as partes da construção são retiradas das mãos do artesão e entregue às máquinas. Basta observar os catálogos dos fabricantes de material de construção para nos convenceremos de que já existem inúmeros elementos de construção industrializados, à nossa disposição no mercado. Em um processo que se desenvolve continuamente, o antigo método artesanal está se transformando em um processo de montagem de seções pré-fabricadas, produzidas industrialmente, e que são enviadas diretamente da fábrica para o canteiro de obras (1972, p. 124).

Defensor incansável da indústria, Le Corbusier admirava a racionalidade de seus produtos, como os transatlânticos, os aviões e os automóveis.

O avião é um produto de alta seleção. A lição do avião está na lógica que presidiu ao enunciado do problema e à sua realização [...] É necessário tender para o estabelecimento de padrões para poder enfrentar o problema da perfeição [...] A arquitetura age sobre os padrões (LE CORBUSIER, 2014, p. 69 e 87).

Com essas convicções e inspirado nas experiências pioneiras desenvolvidas por Auguste Perret e seus irmãos Gustave e Claude<sup>3</sup>, contribuiu para a valorização das estruturas de concreto armado. Apesar de não ter projetado uma edificação industrializada strictu sensu, a *Maison Dom-ino*, um exemplo do uso expressivo do concreto armado, forneceu os subsídios de racionalização necessários à industrialização da construção (figura 27).

---

<sup>3</sup> O edifício 25 da Rua Franklin em Paris, construído em 1903, o primeiro exemplo do uso do concreto armado como meio de expressão arquitetônica. Muitas de suas características tornaram-se o germe de muitas construções posteriores.

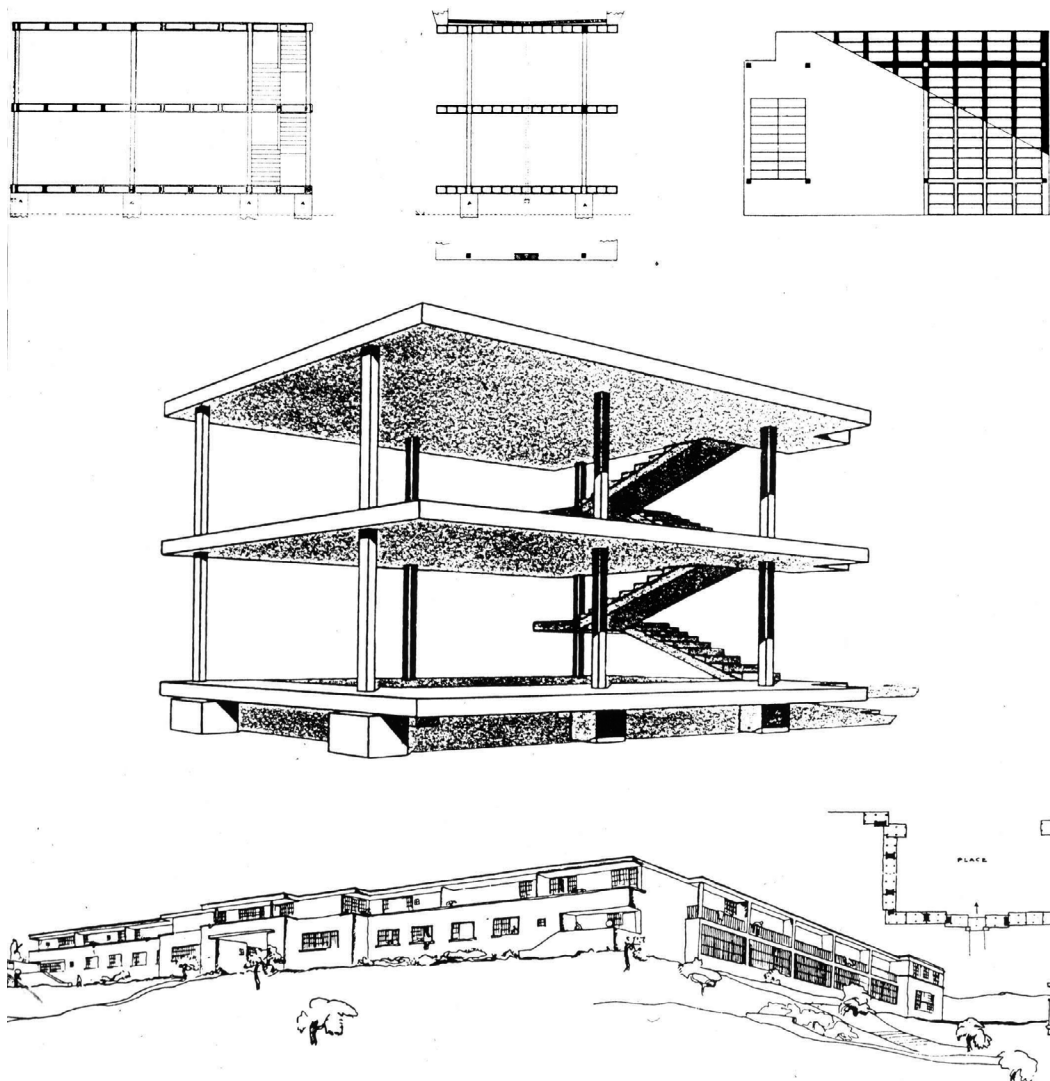


Figura 27. *Maison Dom-ino*, 1914-1917, Le Corbusier.



Durante a década de 1920, o crescimento da indústria e da população urbana foram os principais determinantes do desenvolvimento da construção civil. Às inovações em materiais e técnicas juntaram-se outras nascidas após a Primeira Guerra. O concreto armado revolucionou as técnicas construtivas e as clássicas fachadas de pedra ou ladrilho foram substituídas por peles de vidro e esquadrias de aço inoxidável, alumínio e ferro pintado. O crescimento da produção do concreto armado e do aço, assim como a melhoria dos sistemas de elevadores, possibilitaram a construção dos primeiros arranha-céus, que logo se tornaram um símbolo do progresso, principalmente nos Estados Unidos da América.

No Brasil, durante o século XIX, os novos materiais foram importados e aplicados na construção de estações ferroviárias, como, por exemplo, a Estação da Luz, em São Paulo. Inaugurada em 1865, o edifício original passou por modificações (figuras 28 e 29). A versão atual, projetada pelo arquiteto britânico Charles Henry Driver, foi erguida entre 1895 e 1901, no bairro do Bom Retiro. Construída pela empresa São Paulo Railway, a ferrovia tinha como objetivo ligar a cidade de São Paulo ao porto de Santos. As peças de ferro fundido, estruturais e de acabamento, eram fabricadas na Europa e trazidas ao Brasil para serem montadas in loco (BRUNA, 1976).

Repetindo-se o que aconteceu na Europa, os fatores determinantes para a industrialização da construção no Brasil foram: a grande demanda por habitações e outros equipamentos urbanos, os poucos recursos financeiros disponíveis, a necessidade de racionalizar o uso das técnicas construtivas existentes, e a escassez de mão de obra especializada (BRUNA, 1976). Com o crescimento demográfico e os movimentos migratórios campo-cidade, o país sofreu um rápido processo de urbanização, tendo como consequência o aumento do número de cidades com insatisfatórias condições de habitação e saneamento básico.

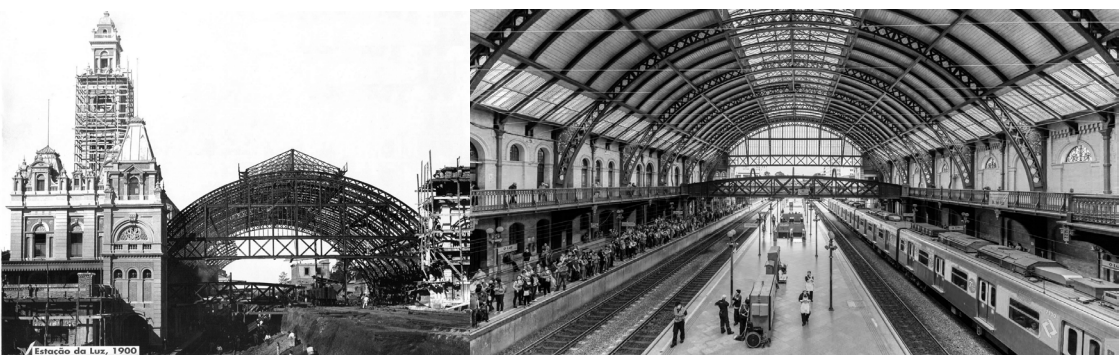


Figura 28. Vista externa da Estação da Luz, São Paulo.

Figura 29. Vista interna da Estação da Luz, São Paulo.

O déficit habitacional tornou-se cada vez maior e o setor público passou a empregar no setor da construção uma mão de obra com baixa produtividade, que não havia sido absorvida pela indústria. Com isso, entre as décadas de 1950 e 1960, passaram a ser desenvolvidos programas de construção baseados em um baixo nível técnico e um largo apelo à mão de obra abundante e barata, constituída pelos migrantes rurais, não havendo preocupação com a produtividade e a qualidade do produto final (BRUNA, 1976).

Para Bruna (1976), o uso intensivo dessa mão de obra na construção civil foi responsável pelo elevado desperdício de material e tempo de trabalho, o que trouxe como consequências um alto custo das construções e uma necessidade de racionalização dos recursos disponíveis.

Com a implementação das indústrias de bens de consumo e a criação da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), instalada na cidade de Volta Redonda-RJ em 1946, passou-se a produzir peças de aço estrutural. Apesar disso, o aço não era uma solução que pudesse concorrer com o concreto armado.

Por se tratar de um sistema construtivo muito próximo do processo artesanal utilizado anteriormente, o concreto armado foi facilmente assimilado pela mão de obra da construção civil (BRUAND, 2010).

Para difundir o aço na construção civil brasileira, a CSN criou, em 1953, a Fábrica de Estruturas Metálicas (FEM)<sup>4</sup>, cuja função era formar mão de obra especializada, o que resultou na construção de vários edifícios em estrutura metálica no Brasil, entre os quais: o Garagem América (figura 30), com projeto e materiais totalmente fabricados no país, em São Paulo (1957); o Avenida Central (figura 31), no Rio de Janeiro (1961); e o Escritório Central da CSN (figura 32), em Volta Redonda (1966), primeiro edifício brasileiro a utilizar perfis soldados<sup>5</sup>.

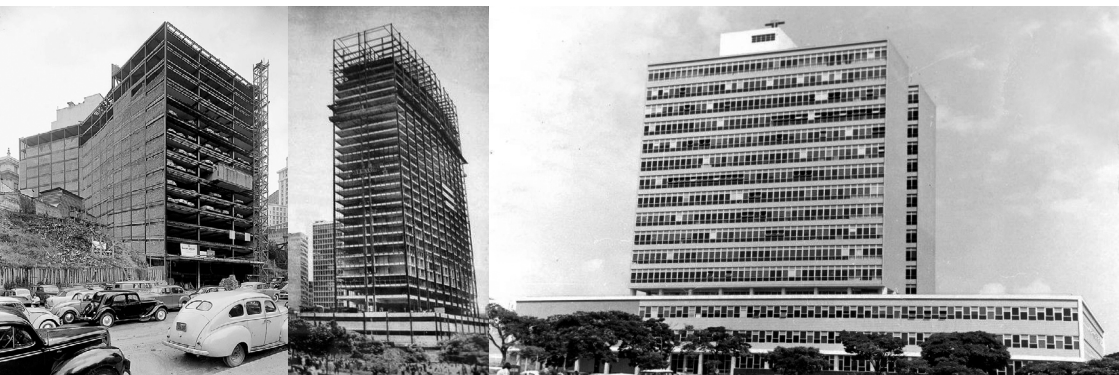


Figura 30. Edifício Garagem América, primeira garagem vertical do Brasil, São Paulo.

Figura 31. Edifício Avenida Central (em construção), Rio de Janeiro, 1959.

Figura 32. Escritório Central da CSN, Volta Redonda, Estado do Rio de Janeiro, 1966.

<sup>4</sup> A FEM foi desativada em 1998.

<sup>5</sup> Com o Plano Siderúrgico Nacional, implantado em 1967, houve um incremento significativo da quantidade e qualidade da produção do aço no país. Esse plano visava à ampliação, modernização e implantação de novas usinas siderúrgicas, o que fez do Brasil, antes importador, um grande exportador de aço (BELLEI; PINHO & PINHO, 2008).

Assim, pode-se dizer que a racionalização da construção no Brasil não começou no canteiro de obras e sim na indústria de materiais e componentes, o que não invalida as experiências brasileiras no campo da pré-fabricação que, voltadas inicialmente à produção de galpões industriais, estenderam-se a outras funções.

Um exemplo no campo da pré-fabricação destinada a novos usos ocorreu na Universidade de Brasília, entre 1962 e 1965, na construção dos edifícios do campus. O caráter experimental, que norteou as ações do Centro de Planejamento da Universidade de Brasília (Ceplan) nos seus primórdios, levou seus integrantes a apostarem, quase que simultaneamente, em quatro tipologias distintas de construção pré-fabricada de concreto armado (figuras 33, 34, 35 e 36).

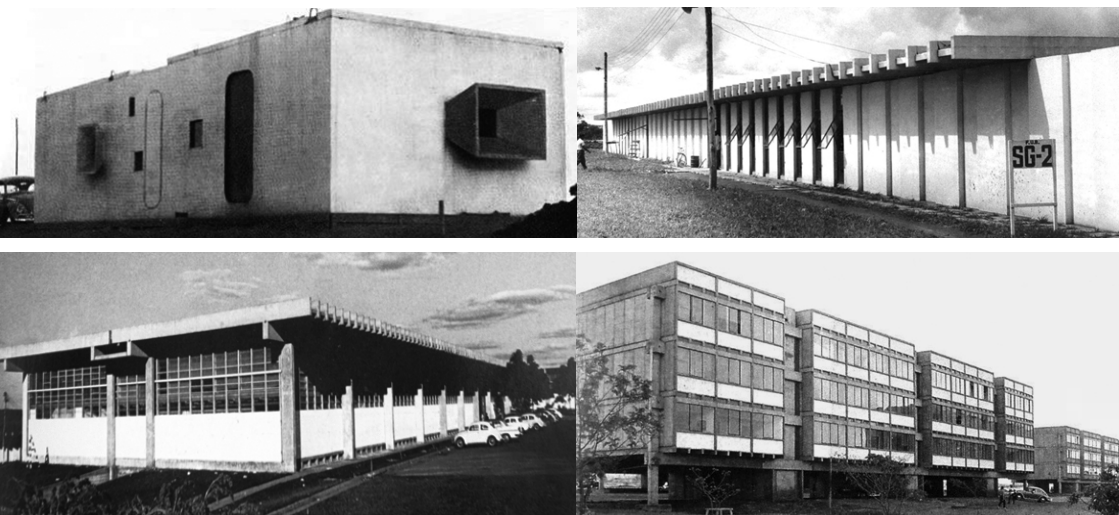


Figura 33. Protótipo, 1962, Oscar Niemeyer.

Figura 34. Vista externa do SG8, 1963, Oscar Niemeyer

Figura 35. Vista externa do SG 2, 1965, João da Gama Filgueiras Lima.

Figura 36. Vista externa do SG 12, 1965, João da Gama Filgueiras Lima.

Paralelamente, a ideia de um sistema de pré-fabricação no âmbito universitário foi implementada também no Conjunto Residencial da Universidade de São Paulo (Crusp), a partir de um projeto concebido pelos arquitetos Eduardo Knesse de Mello, Joel Ramalho Júnior e Sidney de Oliveira (figura 37).

A partir de 1969, a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) iniciou a construção dos seus edifícios com a técnica da pré-fabricação. A experiência, que durou até a década de 1990, constituiu, por sua escala, estratégias e princípios projetuais, um importante exemplo de arquitetura industrializada (figura 38).

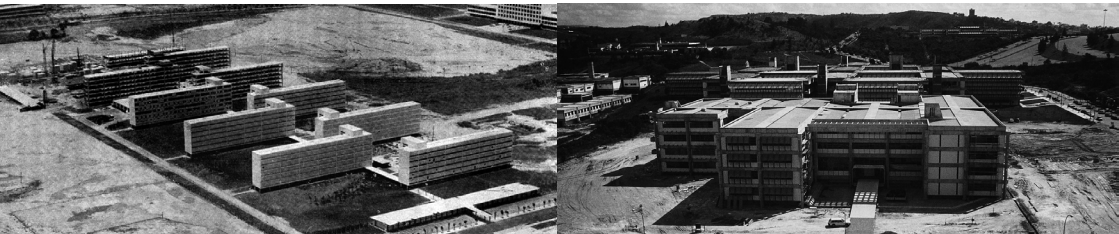


Figura 37. Vista aérea do Conjunto Residencial da Universidade de São Paulo (Crusp), 1963, Eduardo Knesse de Mello, Joel Ramalho Júnior e Sidney de Oliveira.

Figura 38. Vista aérea do campus da Pampulha, UFMG, com o edifício da biblioteca em primeiro plano.

Após a década de 1970, com o avanço da tecnologia, da informática e da robótica, surgiram os computadores, *internet* e *softwares*, que contribuíram para alavancar ainda mais a construção. Houve, então, uma evolução das técnicas construtivas, que consistiu na transferência dos trabalhos realizados no canteiro de obras para a indústria, ou seja, o trabalho artesanal foi sendo gradativamente substituído pelo mecanizado, gerando um aumento

da produtividade e uma diminuição de custos.

Atualmente, a indústria da construção tornou-se um campo bastante complexo, que congrega uma variedade de empresas, diferenciadas pelo porte e pela atividade que desempenham. Existe hoje uma grande variedade de produtos e sistemas de construção voltados para diferentes mercados.

O processo de *design* de edifícios, baseado em pesquisas sobre as propriedades e o desempenho dos inúmeros tipos de materiais disponíveis, tornou-se altamente organizado. Entre os profissionais desse ofício, estão os que se dedicam a pesquisas em torno dos padrões de segurança, e outros, mais voltados ao design propriamente dito, a partir do reconhecimento das demandas dos usuários, projetam edifícios para atender a essas necessidades. O processo de construção, também bastante organizado, inclui os fabricantes de produtos e sistemas; os operários responsáveis pelos trabalhos no canteiro de obras; os empreiteiros, que empregam e coordenam o trabalho dos operários; e os consultores especializados em gerenciamento, controle de qualidade e segurança da construção.

Para entender como funciona a indústria da construção nos dias de hoje, é importante definir as características dessa indústria, bem como introduzir o conceito de cadeia produtiva.

■

## O AMBIENTE CONSTRUÍDO E SEUS PROCESSOS

Ocupando um lugar privilegiado entre os setores da economia devido ao alto potencial de geração de renda e emprego, a construção civil, é uma atividade produtiva bastante complexa, que se subdivide em pelo menos três segmentos: i) construção pesada – estradas, usinas de geração de energia, portos e terminais, aeroportos etc.; ii) montagens industriais e de plataformas de prospecção de petróleo e extração mineral; iii) edificações industriais, comerciais e residenciais. Esses segmentos, embora atuem em diferentes escalas e lidem com clientes diferenciados, podem ser organizados em uma cadeia comum de negócios, na medida em que ambos participam do mesmo processo produtivo.

Além do impacto na economia em geral, a construção civil destaca-se por seu papel social, na medida em que a produção e montagem das unidades produtivas dão suporte às demais atividades industriais e comerciais. É responsável ainda pela materialização da infraestrutura necessária ao desenvolvimento urbano e regional, por meio da construção de estradas, ferrovias, obras de saneamento, linhas de transmissão de energia, construção de escolas, hospitais, habitações, entre outros.

A construção civil, cujo conceito tradicionalmente esteve vinculado apenas ao processo construtivo, agrega atualmente vários setores, agentes, processos e produtos. Assim sendo, esse processo construtivo pode ser caracterizado sob dois pontos de vista: o primeiro refere-se ao produto da construção, isto é, as edificações em geral e as obras de engenharia pesada, ou seja, o ambiente construído; o segundo inclui os produtos oriundos de indústrias fornecedoras de materiais e componentes industriais para a construção (TURIN, 1966).

No primeiro caso, trata-se apenas do processo construtivo, o qual pode ser definido como a produção de um dado edifício ou de uma obra de infraestrutura, desde a tomada da decisão de construir até sua utilização e eventual demolição. Nesse processo, os insumos e os recursos financeiros, físicos e humanos são gerenciados, integrados e transformados de acordo com uma determinada tecnologia, um padrão de relacionamento entre os vários participantes e as especificações e metas a serem cumpridas. No segundo, o processo construtivo não é considerado sinônimo de processo de produção da indústria da construção, e sim algo mais abrangente, o qual está interligado a todos os outros processos pelos quais os insumos e recursos são obtidos ou produzidos, estando, portanto, sujeito às suas influências e à troca de estímulos em geral (IVE & GROAK, 1986; BLUMENSCHIN, 1989).

A noção de processo construtivo incorpora hoje a indústria de processos e a indústria de materiais e componentes, fundamentando o conceito de cadeia produtiva que, embora originalmente tenha sido aplicado à produção agropecuária e florestal, extrapolou para outras áreas. Essa maior abrangência faz com que o conceito de cadeia produtiva adquira um caráter universal, permitindo que suas capacidades e ferramentas analíticas possam ser usadas para a formulação de estratégias e políticas de desenvolvimento em uma ampla gama de processos produtivos (CASTRO; LIMA & CRISTO, 2002).

A indústria da construção corresponde a um conjunto de atividades realizadas, tanto por construtoras formais, organizadas e estabelecidas legalmente no mercado quanto por empreendimentos informais. Essa informalidade



pode se dar de duas formas: autoconstrução, quando o morador levanta uma casa para seu próprio uso; e autogestão, quando ocorre uma encomenda a profissionais autônomos. Nas obras de manutenção, reparos e reformas, os materiais são adquiridos no comércio varejista e a mão de obra é composta por operários autônomos. Por essas peculiaridades, a indústria da construção civil constitui um setor produtivo bastante heterogêneo, cujas empresas que dela se ocupam podem ser classificadas de acordo com os bens e serviços ofertados ao mercado e com sua atuação, formal ou informal.

Segundo a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE), o setor da construção, pode ser dividido em: construção de edifícios, obras de infraestrutura e serviços especializados. Por sua vez, a construção civil formal pode ser subdividida em seis grupos: i) preparação do terreno – obras de demolição, sondagem, fundações e movimentações de terra; ii) construção de edifícios e obras de engenharia civil – edificações residenciais, industriais, comerciais e de serviços, obras viárias, obras de arte especiais e de montagem; iii) infraestrutura – obras para geração e distribuição de energia e telecomunicações; iv) instalações – elétricas, hidrossanitárias, ar condicionado, ventilação e refrigeração, gás e prevenção contra incêndio; v) acabamento; e vi) aluguel de equipamentos. Além dessas, nas construções informais, podem ser acrescentados três ramos de atuação: i) manutenção e reparos; ii) construção e reformas – obras de autogestão; iii) autoconstrução e empreitadas subcontratadas por empresas formais da construção (FGV; ABRAMAT, 2007).

## A CADEIA PRODUTIVA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

Pode-se dizer que, conceitualmente, cadeia produtiva representa um “con-

junto de atividades que se articulam progressivamente desde os insumos básicos até o produto final, incluindo distribuição e comercialização, constituindo-se em segmentos (elos) de uma corrente” (MDIC, 2002, p. 3). Em outras palavras, cadeia produtiva pode ser entendida como

uma malha de interações sequenciada de atividades e segmentos produtivos que convergem para a produção de bens e serviços, articulando o fornecimento dos insumos, o processamento, a distribuição e a comercialização, e mediando a relação do sistema produtivo com o mercado consumidor (SEBRAE, 2008, p. 9).

Segundo Michael Porter, quando aplicado à indústria da construção, o conceito de cadeia produtiva conduz à “cadeia de valor” (*value chain*). Levando em consideração inúmeras atividades, entre as quais o desenvolvimento de projeto, produção, marketing e distribuição de produtos, esse autor, em sua obra *Competitive advantage* (1985), afirma que a “cadeia de valor” representa um dos principais instrumentos de uma empresa para diagnosticar e aumentar sua vantagem competitiva.

Esse conceito torna-se um instrumento de enorme relevância para que problemas e deficiências, assim como oportunidades, possam ser identificados, por meio da análise e da avaliação do encadeamento e da integração destes vários elos, sendo que cada um destes elos é constituído de diferentes firmas e (ou) indústrias (BLUMENSCHNEIN, 2004, p. 43).

Para alguns autores, a sequência básica da construção e a sua respectiva interação produtiva pode ser expressa em três grandes blocos. O primeiro refere-se aos elos centrais, responsáveis pelo funcionamento do sistema produtivo; o segundo trata da cadeia a montante (para trás), que integra os setores e as

atividades que contribuem com insumos e serviços indispensáveis para a realização da obra; e o terceiro diz respeito às atividades a jusante (para frente), que dão continuidade, fazem uso e beneficiam os produtos, influenciando a dinâmica produtiva dos demais componentes da cadeia (figura 39).

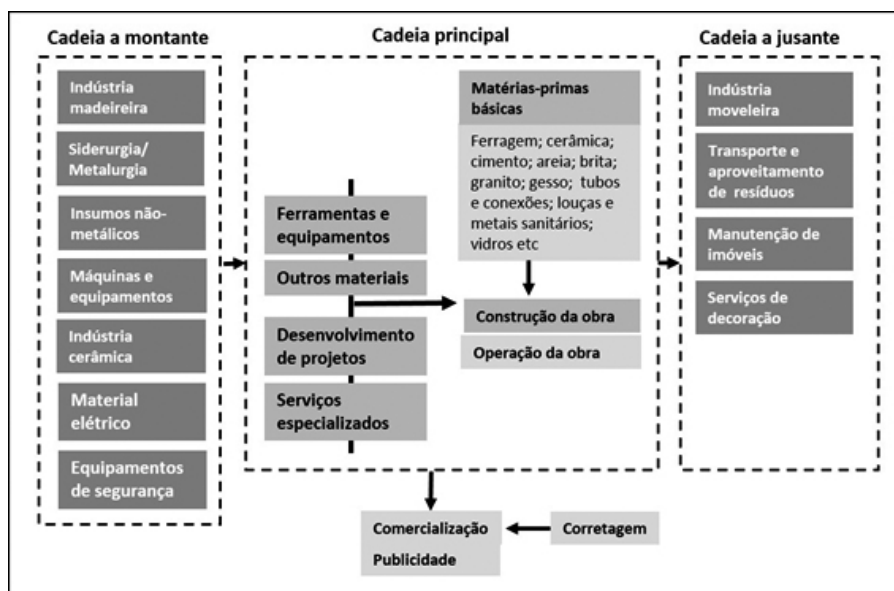


Figura 39. Cadeia produtiva da Construção Civil. Fonte: adaptado de Sebrae, 2008, p. 12.

Na cadeia principal, em que se estabelecem relações com o consumidor final por meio da comercialização, atuam as imobiliárias – responsáveis pelas atividades de corretagem – e as agências de publicidade, propaganda e divulgação. À montante da cadeia principal, concentram-se as várias atividades relativas à produção de insumos, matérias-primas, máquinas/equipamentos e serviços diversos destinados às obras. Como a construção

civil gera meios de produção (infraestrutura) e bens (imóveis residenciais e comerciais), as atividades a jusante apresentam uma grande diversidade de processos produtivos de bens de consumo finais e intermediários.

A cadeia a montante está diretamente ligada ao que ocorre antes de iniciar uma obra, ou seja, envolve indústrias (madeireira, cerâmica, telecomunicações e redes, segurança etc.), insumos diversos (cimento, areia, cal, rejunte etc.), materiais elétricos e hidráulicos, equipamentos de segurança, entre outros. A cadeia principal relaciona o que está diretamente conectado com as etapas durante a execução da obra, como desenvolvimento de projetos, serviços técnicos especializados, tecnologia e inovação (softwares de gestão, automação etc.) e o uso de ferramentas e equipamentos. A cadeia a jusante reúne desde transporte e aproveitamento residuais até indústria moveleira, serviços de decoração, manutenção de imóveis, entre outros.

Por seu impacto sobre os demais setores que compõem o universo das atividades econômicas, a indústria da construção é considerada um ramo produtivo complexo, que, como já afirmara Raquel Blumenschein (2004), envolve pelo menos três grandes cadeias: i) de suprimentos – responsável pela produção de materiais, insumos e componentes; ii) de processos – voltada à produção de edificações e obras de engenharia pesada; iii) auxiliar – que engloba atividades diferenciadas, as quais representam os elos de uma cadeia maior e diversificada (figura 40).

A cadeia produtiva da indústria da construção, também tratada como *construbusiness*, é responsável tanto pela oferta de edificações e infraestrutura como pela geração de empregos. Integrando todos os elos de um complexo processo produtivo, ela é composta i) pelas construtoras, incorporadoras e

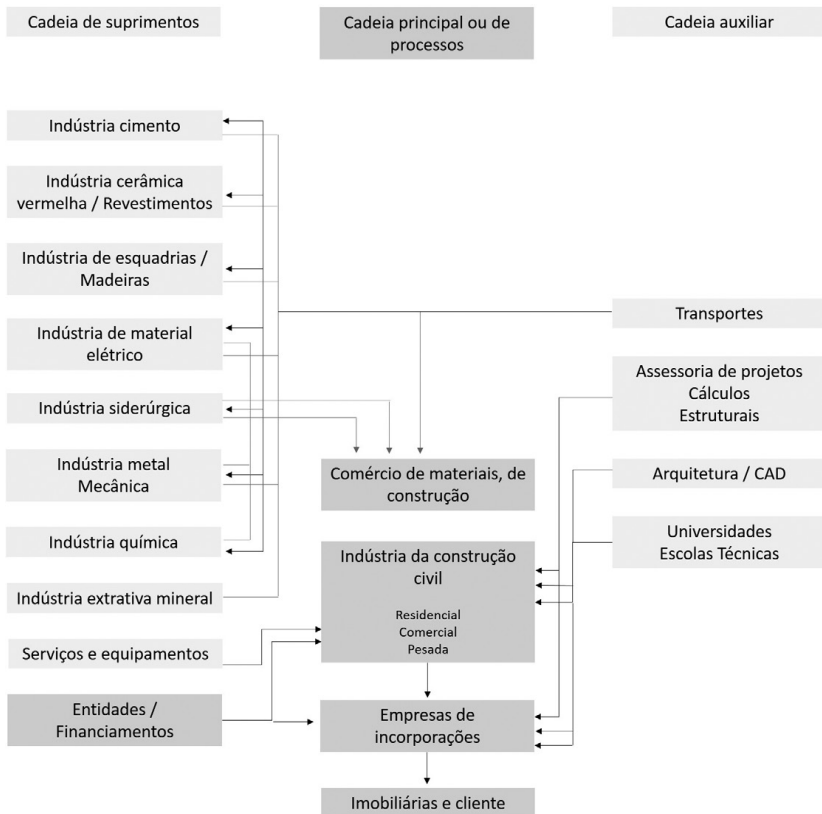


Figura 40: Cadeia Produtiva da Indústria da Construção.  
Fonte: BLUMENSCHIN, 2004.

prestadoras de serviços auxiliares, que realizam obras e edificações; ii) por vários segmentos da indústria, que produzem materiais de construção; iii) por segmentos do comércio varejista e atacadista; e iv) por várias atividades de prestação de serviços técnico-profissionais, financeiros, seguros etc.

A indústria da construção civil é o núcleo dentro da cadeia produtiva, não somente por sua elevada participação no valor da produção e do emprego gerados em toda a cadeia, mas também por ser o destino da produção dos demais segmentos envolvidos. Dessa maneira, a indústria da construção civil determina, em grande medida, o nível de atividade de todos os setores que a circundam (FGV/ABRAMAT, 2007, p. 4).

Envolvendo um grande número de agentes e participantes, essa complexa cadeia – que, por sua vez, está inserida em um meio também complexo – tem seu desempenho influenciado por vários fatores capazes de potencializar ou restringir seu desenvolvimento. Essa complexidade, que advém das características intrínsecas de seus produtos e processos de produção, pode ser melhor visualizada na figura 41.

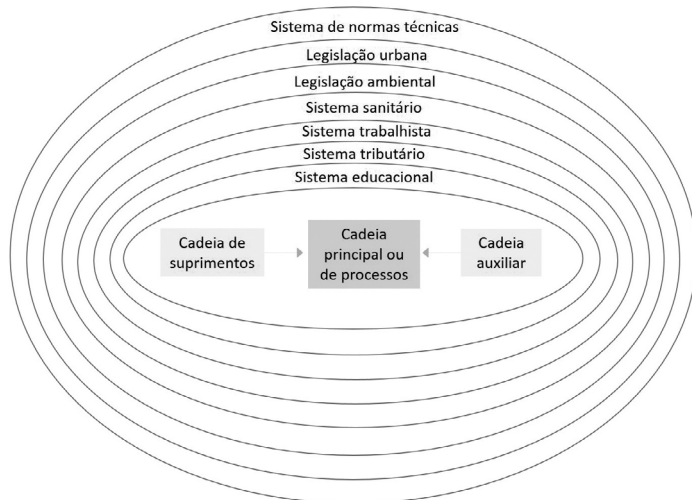


Figura 41. Meio ambiente da Cadeia Produtiva da Indústria da Construção. Fonte: BLUMENSCHIN, 2004, p. 47.

A natureza física de seus processos e produtos finais – edificações e/ou obras de infraestrutura –, sua importância para o desenvolvimento econômico e social do país, bem como seu impacto para o meio ambiente, fazem com que a cadeia produtiva da indústria da construção, com toda complexidade que lhe é inerente, seja peculiar e de extrema importância.

## A CADEIA DE SUPRIMENTOS

A cadeia de suprimentos pode ser definida como um sistema de organizações, pessoas, atividades, informações e recursos envolvidos na atividade de transportar produtos ou serviços dos fornecedores aos clientes. Gerir essa estrutura com eficiência é o grande desafio das organizações e exige, acima de tudo, planejamento. Além de organizar o funcionamento dos processos previstos, há também a necessidade de manter-se sempre alerta em relação aos eventos inesperados, como mudanças no comportamento do consumidor e até mesmo alterações climáticas.

Essa cadeia de suprimentos tem sido dividida em dois setores: i) materiais de construção, composto de indústrias que extraem e processam matérias-primas; e ii) bens de capital, ou de produção, ativos usados para produzir bens ou serviços com o objetivo de satisfazer a necessidade de consumidores e empresas. No caso da construção civil, os bens de capital incluem fábricas, máquinas, ferramentas, equipamentos, e diversas construções que são utilizadas para produzir outros produtos para consumo.

De acordo com o estudo desenvolvido em 2007, pela Fundação Getúlio Vargas (FGV) e pela Associação Brasileira de Materiais de Construção (Abramat), a indústria de materiais de construção engloba oito cadeias produtivas: i) ma-

deiras; ii) argilas e silicatos; iii) calcários; iv) materiais químicos e petroquímicos; v) siderurgia; vi) metalurgia de não-ferrosos; vii) materiais elétricos; e viii) máquinas e equipamentos. Por sua vez, cada uma dessas cadeias é formada por vários setores industriais responsáveis pela oferta de inúmeros produtos.

A cadeia produtiva da madeira é composta basicamente por três outras cadeias: i) industrial – responsável pela produção de papéis, painéis de alta densidade, aglomerados, *Medium Density Fibreboard* (MDF) e *Oriented Strand Board* (OSB); ii) produção de energia – por meio da lenha e do carvão; e iii) processamento mecânico – referente à produção de serrados, compensados e laminados.

A cadeia produtiva de madeira é representada por todas as atividades necessárias para que a matéria prima florestal seja colocada in natura diretamente na indústria ou no mercado consumidor, o que inclui pesquisa e desenvolvimento florestal, produção de mudas, plantio e manutenção dos povoamentos, colheita, transporte e armazenamento da madeira (POLZI, 2002).

Depois desse processo extrativo, a madeira é desdobrada e processada. A partir desse momento, ela é adquirida diretamente pela construção civil i) na forma de vigas e tábuas, por exemplo; ii) laminada ou transformada em chapas – compensado, prensado ou aglomerado; e iii) utilizada para a fabricação de esquadrias, de casas pré-fabricadas e artigos de marcenaria, tais como móveis, luminárias e objetos de decoração em geral.

Os minerais não-metálicos e não orgânicos enquadram-se na segunda e terceira cadeias, a saber: argilas/silicatos e calcários. A cadeia de argilas e silicatos é composta por produtos cerâmicos não-refratários, como tijolos, telhas, ladrilhos, pisos, azulejos, louças sanitárias, vidro, pedra e areia. Cada



| ESTRUTURAS E FUNDAÇÕES                                                                                                                     |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| MATÉRIAS-PRIMAS                                                                                                                            |   | PRODUTOS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Areia, cimento, ferro, madeira, cimento, papelão, pedra britada.                                                                           | → | Aço, concreto, formas, escoramentos e acessórios, aditivos químicos, pré-moldados, equipamentos e ferramentas.                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| SISTEMAS HIDRÁULICOS                                                                                                                       |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Aço, cerâmica, cobre, concreto, ferro fundido, fibra de vidro, fibrocimento, plásticos, policloreto de vinil (PVC), minerais não metálicos | → | Tubos e Conexões, equipamentos (válvulas, bombas etc.), louças sanitárias, sistema de gás encanado (GLP), metais e acessórios, pré-fabricados (fossa séptica, manilhas, caixas de passagem, <i>shafts</i> , reservatórios de água, galerias).                                                                                                                                     |
| VEDAÇÕES                                                                                                                                   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Aço, areia, cal, gesso, minerais não metálicos, pigmentos, plásticos, polímeros, selantes, vidros.                                         | → | Blocos (cerâmica, concreto, vidro), elementos vazados, painéis de concreto, placas de gesso, divisórias, forros, pisos, coberturas (metal, madeira, fibra de vidro), telhas, vidros, revestimentos (argamassas, tintas, cerâmicas, pedras naturais, laminados), impermeabilização, esquadrias (aço, alumínio, policloreto de vinil (PVC), ferro, madeira), ferragens e acessórios |
| SISTEMAS ELÉTRICOS                                                                                                                         |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Aço, cobre, fibras ópticas, plásticos, policloreto de vinil (PVC), porcelana.                                                              | → | Sistemas (ar condicionado, refrigeração, iluminação, informação, comunicação, proteção contra descargas atmosféricas), fios e cabos, equipamentos, disjuntores e comandos.                                                                                                                                                                                                        |

Figura 42: Principais elos da cadeia de suprimentos. Fonte: adaptado de BLUMENSCHIN, 2004, p. 48, com base na composição da cadeia de suprimentos apresentada pelo MDIC (2002) e por FABRÍCIO (2002).

um desses produtos, que pertence a uma cadeia produtiva específica, reúne um grande número de empresas. A de calcários reúne produtos como cimento, cal, gesso, concreto e fibrocimento.

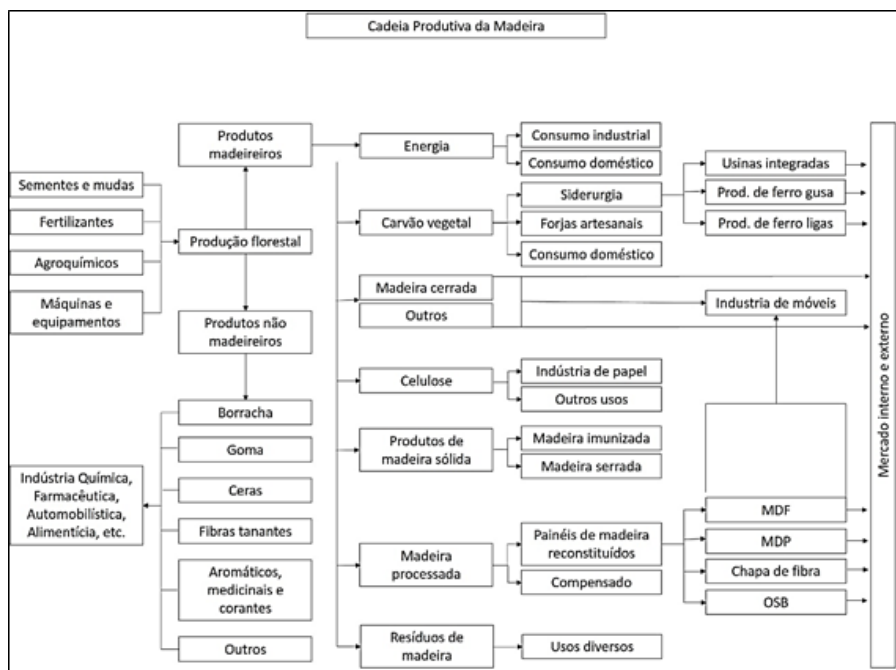


Figura 43. Cadeia produtiva da madeira (adaptado). Fonte: Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas – ABRAF (2011).

Na quarta cadeia produtiva, formada por produtos derivados de materiais químicos e petroquímicos, encontram-se i) os compostos de plásticos para pisos, revestimentos etc.; ii) os produtos de PVC para tubos, conexões e forros; e iii) tintas, vernizes, solventes, impermeabilizantes, asfalto e fibras têxteis, além do óleo *diesel*, empregado como combustível.

As cadeias seguintes são compostas por produtos metálicos. A quinta refere-se à siderurgia e à fabricação de produtos de metais ferrosos, que englobam aço, ferro fundido e ferro laminado (figura 44). A sexta corresponde à metalurgia de metais não-ferrosos. As cadeias dos produtos metálicos,

ferrosos e não-ferrosos, englobam i) vergalhões; ii) produtos do aço, como pregos, arames, portas e esquadrias (de alumínio, aço ou ferro); iii) perfis metálicos; iv) metais sanitários; v) ferragens, como dobradiças e fechaduras; e vi) tubos de ferro galvanizado etc. Apesar de fornecerem seus produtos a outras cadeias produtivas, como a automotiva, essas indústrias têm peso significativo no ramo da construção civil.

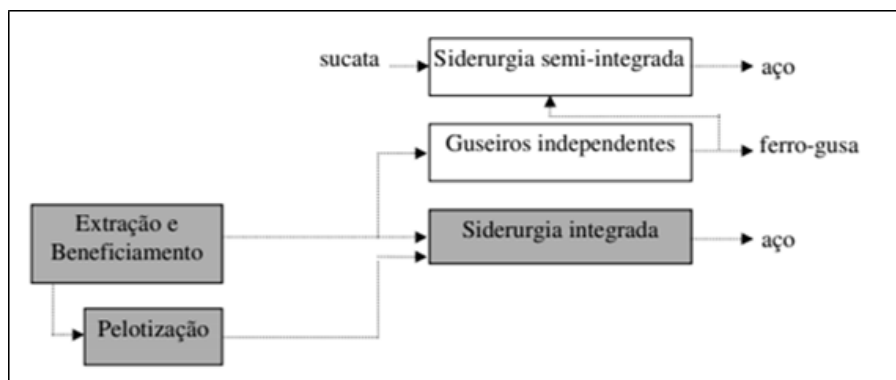


Figura 44. Cadeia produtiva do ferro/aço. Fonte: DTTM/SGM/MME.

A sétima cadeia refere-se aos materiais elétricos – fios e cabos, materiais para circuitos de distribuição e controle de energia. A oitava diz respeito às máquinas e equipamentos para obras e edificações que, fazendo parte da indústria de bens de capital, é responsável, entre outras coisas, pelos dispositivos usados para elevação de cargas (guindastes e gruas) e de pessoas (elevadores e escadas rolantes), bem como pelas centrais de ar condicionado. Essas informações estão resumidas na figura 45.

| CLASSIFICAÇÃO                          |                              | PRODUTOS                                                                                                                                                                                                                    |
|----------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| MADEIRAS                               | 1.1 Processamento Industrial | Papéis, painéis de alta densidade, aglomerados, <i>Medium Density Fibreboard</i> (MDF), <i>Oriented Strand Board</i> (OSB).                                                                                                 |
|                                        | 1.2 Processamento mecânico   | Serrados, compensados, laminados.                                                                                                                                                                                           |
|                                        | 1.3 Geração de energia       | Lenha, carvão.                                                                                                                                                                                                              |
| MINERAIS NÃO METÁLICOS E NÃO ORGÂNICOS | Argilas e silicatos          | Produtos cerâmicos não refratários: tijolos, telhas, ladrilhos, pisos, azulejos, louças sanitárias, vidro pedra, areia.                                                                                                     |
|                                        | Calcários                    | Cimento, cal, gesso, concreto                                                                                                                                                                                               |
| MATERIAIS QUÍMICOS E PETROQUÍMICOS     |                              | Plásticos: pisos, revestimentos; PVC: tubos, conexões, forros; Tintas, vernizes, impermeabilizantes, solventes, massa asfáltica, fibras têxteis; Óleo diesel, (combustível).                                                |
| SIDERURGIA E (METAIS FERROSOS)         |                              | Vergalhões; pregos, arames; perfilados e chapas; portas e esquadrias (alumínio, aço, ferro); metais sanitários: torneiras, ralos, registros, válvulas, misturadores; ferragens: dobradiças e fechaduras; tubos galvanizados |
| METALURGIA (METAIS NÃO FERROSOS)       |                              |                                                                                                                                                                                                                             |
| MATERIAIS ELÉTRICOS                    |                              | Fios e cabos elétricos; materiais para instalações de circuitos de consumo de energia e de aparelhos e equipamentos para distribuição e controle de energia.                                                                |
| MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS                |                              | Máquinas e equipamentos para elevação de cargas e pessoas e centrais de ar condicionado.                                                                                                                                    |

Figura 45. Materiais e equipamentos da construção civil.

O fato de a cadeia de suprimentos apresentar-se segmentada em um amplo mercado, formado em geral por pequenas empresas, gera uma dificuldade para a padronização dos produtos e ações.

## A CADEIA PRINCIPAL OU DE PROCESSOS

A cadeia principal, ou de processos, é composta pela indústria que produz edificações ou obras de engenharia pesada. Seu produto final – um bem físico, tangível, imóvel e dotado de massa e valor – compõe o ambiente construído: edifícios residenciais, hospitais, escolas, bairros, avenidas, pontes, hidrelétricas e outros. Os processos de produção dessas edificações, sejam eles tradicionais ou sofisticados, alteram e afetam de forma decisiva a paisagem, condicionando os ambientes.

Durante o processo de produção relativo a essa cadeia, são integrados os elos para a geração de um produto específico – um edifício ou uma obra de infraestrutura. Esses elos, por sua vez, são compostos por construtoras ou empreiteiras, incorporadoras, imobiliárias, autoconstrutores, consultores, fornecedores de materiais, usuários e outros, os quais são integrados em um processo complexo de produção.

As empreiteiras, contratadas para construir produtos com as características definidas pelos clientes, têm como produtos os serviços de planejamento, montagem e gestão dessa montagem. Trata-se de uma operação complexa, que utiliza e aplica uma série de materiais, componentes e equipamentos, gerando resíduos e depositando poluentes no meio ambiente. As incorporadoras planejam e constroem imóveis na expectativa de que, ao ser concluído, sejam absorvidos pelo mercado por determinados preços (custos + lucros).

Ao contrário do empreiteiro, o incorporador tem total controle sobre o produto e o processo de produção. O autoconstrutor, por sua vez, não tem uma empresa e sim uma necessidade a ser atendida: a construção ou reforma de residência própria, ou de familiares e amigos. As imobiliárias são prestadoras de serviço de comercialização e aluguel de imóveis (BLUMENSCHIN, 2004).

Segundo Álvaro Meseguer (1991) alguns fatores podem explicar a lenta evolução da indústria da construção no Brasil, entre os quais: i) o caráter nômade da produção; ii) os produtos únicos e não seriados; iii) os produtos fixos e operários móveis; iv) a resistência a inovações; v) a mão-de-obra pouco qualificada; vi) as condições adversas de trabalho; vii) a dispersão e pouca definição de responsabilidades; e viii) o grau de precisão da produção menor que em outras indústrias.

#### A CADEIA AUXILIAR

A cadeia auxiliar, por sua vez, é composta por diferentes elos que alimentam, com pesquisas e informações, as cadeias de processos e de suprimentos. Seus principais elos são as universidades, os centros de pesquisa e as empresas de consultoria, prestadoras de serviços especializados como arquitetura, engenharia e outros. As empresas do ramo de transportes têm sido consideradas como pequenos elos desta cadeia.

Esta cadeia é de grande importância para a cadeia produtiva da indústria da construção (CPI), pois é ao longo do seu processo que as decisões mais relevantes aos produtos da cadeia principal são tomadas. Potencialmente, essas decisões afetam especificações (modulações, materiais, características, entre outros), o processo construtivo, a utilização do usuário final e o descarte da obra quando finda sua vida útil (BLUMENSCHIN, 2004, p. 51).

Conforme o exposto, cadeia produtiva representa uma interconexão de em-

presas por meio de seus produtos, sendo que o *output* de uma é o *input* de outra. Ao utilizá-los como componentes ou agentes transformadores de matérias-primas, com o emprego de mão de obra e processos, essas empresas agregam valor aos produtos adquiridos.

### A consolidação da cadeia da indústria da construção no Brasil

De acordo com Blumenschein (2004), a partir do final da década de 1990, por meio do Programa Fórum de Competitividade<sup>6</sup>, o conceito de cadeia produtiva teve seu uso consolidado no Brasil.

O referido Fórum de Competitividade é constituído de

espaços de diálogo entre empresários, trabalhadores e governo para, em primeiro lugar, promover a discussão e a busca de consenso em relação aos gargalos, oportunidades e desafios de cada uma das cadeias produtivas que se entrelaçam na economia brasileira. Após o consenso em torno de um diagnóstico, os debates são dirigidos para a definição de um conjunto de ações e metas desafiadoras para a solução dos problemas e aproveitamento das oportunidades, tendo em vista os objetivos do programa – geração de emprego, ocupação e renda, desenvolvimento produtivo regional, capacitação tecnológica, aumento das exportações, competição com as importações, e competição com serviços internacionais (MDIC, 2000).

Como forma de estimular a concorrência entre as empresas brasileiras, o Fórum de Competitividade tem promovido a realização de diagnósticos e a definição diretrizes, enfocando as dimensões: “i) empresarial – produtividade, relação entre custo e preço, qualidade, inovação e marketing; ii) estrutural – mercadológica; iii) sistêmica – fatores macroeconômicos” (MDIC, 2003, p. 2).

<sup>6</sup> O Fórum de Competitividade compõe o “Brasil Classe Mundial”, programa integrante do Avança Brasil/PPA 2000/2003, coordenado pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC) e gerenciado pela Secretaria de Desenvolvimento da Produção (SPD) (MDIC, 2002).

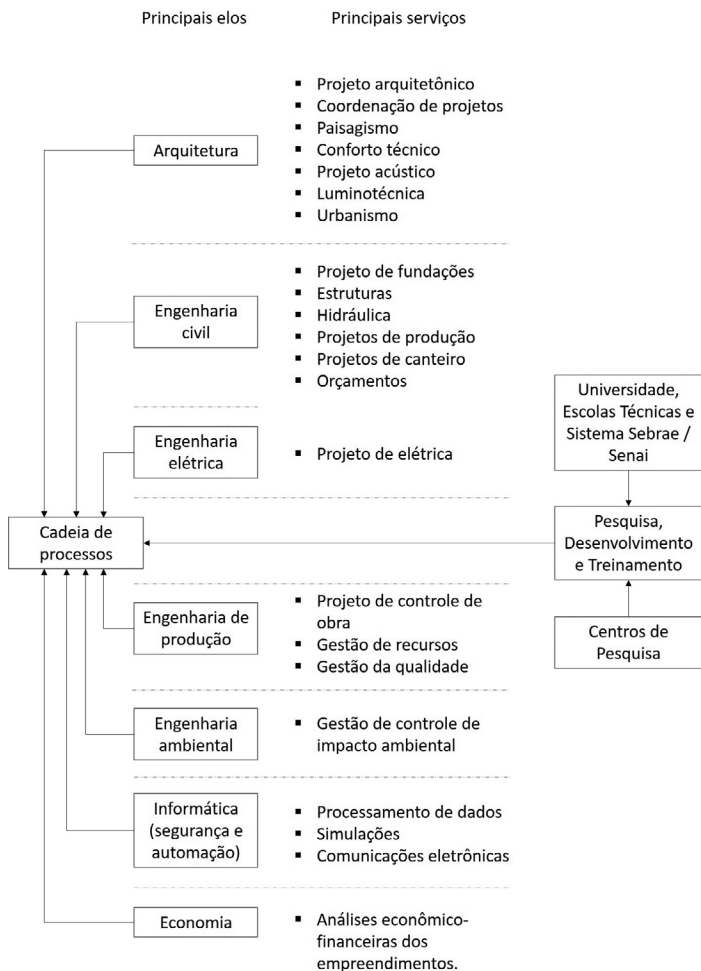


Figura 46. Cadeia Auxiliar: áreas de conhecimento e serviços de apoio. Fonte: BLUMENSCHIN, 2004, p. 52, adaptado de MINTO (2002).



Com ênfase na inclusão social e nos esforços setoriais voltados às políticas de desenvolvimento regional, a cadeia produtiva da Indústria da Construção (CPIC) foi instalada no âmbito do Programa Fórum de Competitividade. (Figura 47).

## PRODUTIVIDADE E MEDIÇÃO

Produtividade é a capacidade de transformar, de forma eficiente, recursos em produtos: uma melhor produtividade implica menos esforço para se obter um determinado resultado. Assim sendo, um indicador de produtividade (IP) corresponde à relação entre a quantidade de recursos ou esforços empregados e a quantidade de resultados ou produtos realizados. Pode-se falar em produtividade em relação à mão de obra e ao uso dos materiais.

$$IP = \frac{(\text{Recurso ou esforço})}{(\text{Produto ou resultado})}$$

Na construção civil, a produtividade tem uma relação direta tanto com a capacidade da empresa quanto a dos seus profissionais de cumprirem determinado cronograma e, portanto, de entregarem a construção em um tempo hábil para os padrões do mercado. Nesse sentido, foram adotados, pela Câmara Brasileira da Indústria da Construção Civil (CBIC), na publicação do *Manual Básico de Indicadores de Produtividade na Construção Civil* (2017): i) a razão unitária de produção (RUP), que se refere à mão de obra; e ii) o consumo unitário de materiais (CUM).

Para medir a produtividade utilizando o índice RUP, deve ser aplicada a seguinte fórmula:

$$RUP = \frac{Hh}{Qs}$$

Hh = homens-hora disponíveis para o trabalho  
Qs = quantidade de serviço líquida.

## CADEIA DA CONSTRUÇÃO E MERCADO DE MATERIAIS

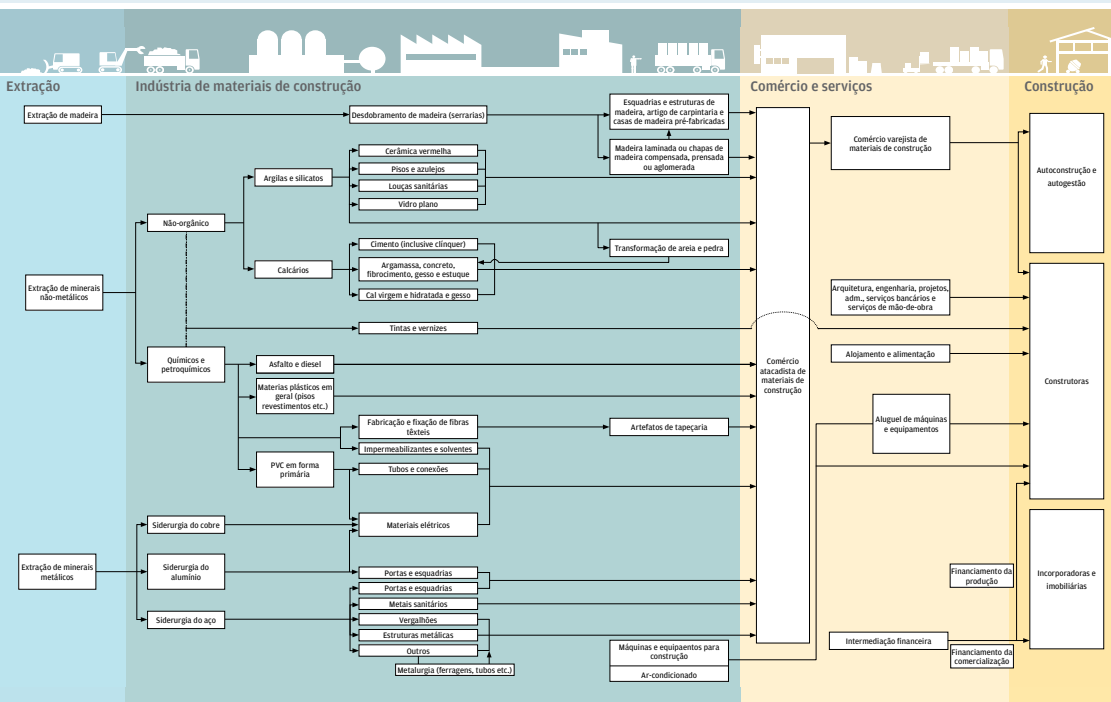


Figura 47. Cadeia Produtiva da Construção. Fonte: FGV/ABRAMAT, 2007, p. 12 e 13.

Quanto maior for o resultado do índice, pior é a produtividade da equipe de trabalho e mais ajustes precisam ser feitos. Para melhorar a produtividade desse índice, alguns fatores podem ser levados em conta, entre os quais: o tipo de transporte, a motivação e o tamanho da equipe de trabalhadores, a forma de pagamento, a disponibilidade de material e/ou de equipamento.

A RUP cumulativa representa o esforço total, levando em conta os bons e maus momentos da obra em relação ao total de serviço executado. Trata-

-se de um índice útil para a execução de orçamentos, pois diz respeito ao desempenho global do serviço. A RUP potencial, associada aos ciclos de execução do serviço em que não houve contratempos, refere-se à produtividade desejável, comumente usada para definir o tamanho de equipes capazes de garantir produtividade no desempenho do serviço.

Para medir o índice de produtividade usando o índice CUM, aplicam-se as seguintes fórmulas:

|                                                                                  |                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\text{Perdas (\%)} = \frac{Q_r \times 100}{Q_t}$ $\text{CUM} = \frac{Q_r}{Q_s}$ | $Q_r$ = quantidade de material realmente consumida<br>$Q_s$ = quantidade de serviço realizada com tal material<br>$Q_t$ = quantidade de material teoricamente necessária |
|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

No que diz respeito aos materiais, as perdas representam tudo aquilo que é realmente consumido além do que é teoricamente necessário. Elas podem ocorrer devido a furtos/roubos, formação de entulho ou incorporadas, sendo que a primeira decorre da ineficiência de gestão e da segurança patrimonial, e as duas últimas são resultados naturais do processo de construção. As perdas incorporadas resultam geralmente de erros, que têm como consequência um uso maior de material do que o previsto no projeto.

## A PRODUTIVIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Para obter referência de custos e entender os fatores capazes de tornar a previsão de produtividade mais realista, deve-se recorrer a fontes confiáveis de informação, como o banco de dados do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (Sinapi), que estabelece regras e critérios para elaboração do orçamento referencial de obras e serviços

de engenharia, contratados e executados com recursos da União. Além de composições unitárias para os serviços de fôrmas, armação e concretagem, o Sinapi disponibiliza também preços unitários dos insumos para diferentes capitais, que são atualizados mensalmente (SOUZA, 2017).

Além desses dados, existem ferramentas especializadas para medir a produtividade na construção civil, entre as quais:

- Tabelas de Composições de Preços para Orçamento (TCPO), que fornecem informações padronizadas sobre custos de obra e o impacto da produtividade<sup>7</sup>.
- *Ranking* da produtividade, criado pela Impacto, que facilita o cálculo do custo médio de construção por pavimento, incluindo gastos com mão de obra.
- Manual Básico de Indicadores de Produtividade, guia criado pela CBIC, que contém as principais diretrizes para a previsão de produção em uma obra.

De acordo com o documento *A produtividade da construção civil brasileira*, produzido pela CBIC, “o termo produtividade abrange diferentes conceitos: produtividade do trabalho, produtividade do capital físico, produtividade de um processo produtivo, produtividade de um insumo. Todos os conceitos expressam aspectos específicos” (CBIC, 2011, p. 8). Os autores chamam a atenção para o fato de que a produtividade total dos fatores (PTF), envolvendo a relação entre produtividade do trabalho e produtividade do capital, constitui um indicador importante porque expressa e torna comparáveis diversas combinações de capital e trabalho, de forma a identificar a mais eficiente. A relação entre o produto gerado por um setor ou uma economia e a quantidade de trabalhadores e de máquinas, equipamentos, instalações, entre outros, é chamada de função de produção.

<sup>7</sup> O TCPOweb, lançado em janeiro de 2015, apresenta os seguintes conteúdos: Composições do TCPO PINI, Preços PINI, Composições de Fornecedores, Bases de Dados de Órgãos Públicos, Índices e Custos, Artigos Técnicos e Modelos de Orçamento

Diferentemente das indústrias tradicionais, a construção civil apresenta um caráter nômade, pois apesar de o produto permanecer fixo, a estrutura produtiva desloca-se para o local da produção de um novo produto. Outros fatores que a diferenciam dos demais setores produtivos é o uso de mão de obra pouco qualificada, a alta rotatividade de operários e os baixos salários. Entre outros fatores, a baixa produtividade no setor da construção é resultante do emprego de meios de produção e estruturas organizacionais ineficientes.

De acordo com o *Relatório de Inteligência: Construção Civil*, produzido em 2015 pelo Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae), alguns fatores impactam a produtividade na construção civil. Entre estes, estão:

- Capacitação e treinamento – trabalhadores treinados e bem remunerados tendem a criar vínculos com a empresa e a apresentar maior produtividade.
- Retrabalho – quando não é necessário refazer o trabalho, reduz-se o desperdício e o tempo de construção.
- Matéria-prima – materiais de qualidade implicam menos retrabalho, mantendo a continuidade do fluxo de produção.
- *Layout* do canteiro de obras – um espaço bem planejado permite o fácil acesso dos materiais às frentes de trabalho e agiliza a circulação de trabalhadores e máquinas.
- Segurança do trabalho – um funcionário acidentado representa, além do custo humano, prejuízos financeiros e impactos na produção e nos prazos.
- Planejamento e controle – um plano afinado de execução de obra impede o desabastecimento e o desperdício de materiais, minimizando o impacto dos eventuais atrasos ou erros.

Em linhas gerais, para aumentar a produtividade na construção civil é neces-

sário: i) reduzir o tempo de construção; ii) padronizar as atividades; iii) minimizar o desperdício de materiais; iv) aumentar o controle sobre o estoque; e v) diminuir o retrabalho. Para atingir tais objetivos é importante atentar para:

- Qualificação e bem-estar dos trabalhadores;
- Planejamento do canteiro de obras – layout e logística;
- Observância da Norma Regulamentadora (NR) 18, que trata das condições e do meio ambiente de trabalho na indústria da construção;
- Cuidados com o armazenamento dos materiais;
- Exigência do uso dos Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) e Equipamentos de Proteção Coletiva (EPCs);
- Organização e limpeza do canteiro de obras;
- Programação da compra de materiais;
- Uso de tecnologias de gestão no canteiro de obras.

Entre os processos, atitudes e ferramentas que impactam positiva ou negativamente a produtividade no canteiro de obras, estão: i) capacitação, ou seja, nível de preparação dos trabalhadores tanto para a utilização das ferramentas como para a rápida adaptação a situações de anormalidade; ii) retrabalho, que, resultante de erros de cálculo ou execução, pode implicar atrasos significativos na obra; iii) investimento na padronização e modulação de tarefas, o que contribui para otimizar tanto o uso dos materiais como o tempo dispendido; iv) segurança, que, baseando-se na utilização correta de equipamentos e procedimentos para proteção do trabalhador, dá a este mais tranquilidade para exercer sua função) fornecimento de materiais de qualidade, que faz com que a obra adquira agilidade.

## A TECNOLOGIA NA CADEIA PRODUTIVA DA CONSTRUÇÃO CIVIL

O que determina a quantidade de fatores produtivos necessários para produzir certa quantidade de um bem é a tecnologia empregada. Nesses termos, pode-se dizer que, ao estabelecer as relações entre cada fator de produção e o produto, a tecnologia determina a produtividade dos fatores em seu conjunto.

Atualmente as inovações no campo digital, como a popularização da internet, os trabalhos em rede e os novos *softwares*, podem se tornar um importante diferencial na construção civil, sobretudo quando o objetivo é alcançar um maior índice de produtividade. Em um setor em que são constantes as pressões para cumprir os prazos, a tecnologia pode auxiliar na prestação dos serviços, garantindo maior competitividade. Os atrasos, o uso de mão de obra com baixa qualificação, a falta de planejamento e os contratempos relacionados à falta de segurança de trabalho podem ser minimizados com investimentos em tecnologia.

De acordo com o Sebrae (2015), a tecnologia vem revolucionando a produtividade na construção civil em pelo menos três frentes:

- Materiais – materiais modernos e inteligentes contribuem para melhorar os índices de qualidade e produtividade.
- Controle e gestão – aparelhos digitais, como *tablets*, *smartphones* e *softwares*, permitem acesso instantâneo às informações importantes para o andamento da obra, contribuindo para reduzir os processos e melhorar a produtividade.
- Produção – sob a supervisão de operários capacitados, ferramentas, máquinas e equipamentos permitem automatizar boa parte do processo produtivo, levando à melhoria na produtividade.

As principais vantagens dos investimentos em tecnologia são: i) redução do tempo de construção; ii) padronização das atividades; iii) redução do desperdício de materiais; e iv) diminuição do retrabalho.

Além dos computadores e celulares conectados à *internet*, máquinas mais modernas, materiais inovadores e investimentos em capacitação podem significar a formação de equipes de trabalho mais produtivas, contribuindo para sanar problemas tradicionalmente desafiadores no setor da construção civil. Ao reduzir o tempo de trabalho e oferecer resultados mais satisfatórios, adequados às diretrizes de qualidade, esses insumos proporcionam serviços mais rápidos e eficientes, implicando boas relações de custo-benefício.

De acordo com Esteca (2017), o desenvolvimento da tecnologia, que se faz necessário em função das novas demandas e exigências sociais, decorrentes de mudanças de padrão cultural e organizacional, interfere nos valores e costumes, agregando-se à cultura da sociedade.

## INOVAÇÃO

O conceito de inovação, que se popularizou a partir da *Teoria do Desenvolvimento Econômico* (1912), escrita pelo economista austríaco Joseph Alois Schumpeter, não pode ser reduzido àquilo que é novo ou a uma novidade vendável. Relacionada à inovação, importante para entender o funcionamento do sistema capitalista, a palavra empreendedor, a qual se refere ao indivíduo capaz de aproveitar as discrepâncias entre a oferta e a demanda no mercado para lucrar, tem origem no *Ensaio sobre a Natureza do Comércio em Geral*, escrito pelo economista franco-irlandês Richard Cantillon, cerca de vinte anos antes da primeira publicação da famosa obra do filósofo e economista



inglês Adam Smith, mais conhecida como *A Riqueza das Nações* (1776).

Para Schumpeter, o empreendedor é o agente tanto da inovação como da destruição criativa. Entendida como uma força propulsora, a destruição criativa está na essência da dinâmica do capitalismo. O surgimento de novas tecnologias vem geralmente acompanhado do aumento da produtividade do capital e do trabalho, e os empresários inovadores conseguem alocar produtos com vantagens competitivas em relação a suas concorrentes tecnologicamente desfasadas. Segundo o autor, a causa da falência de muitos negócios, por mais fortes que pareçam em um dado momento, deve-se à incapacidade de inovar. Nesse sentido, ele considera que o capitalismo deveria ser estudado sob a ótica da produtividade e do crescimento, sendo expressão máxima da inovação, **a luta humana** e, ao mesmo tempo, **a pura/simples destruição**.

[...] em períodos de prosperidade, o empreendedor, ao criar novos produtos, é imitado por uma verdadeira onda de empreendedores não-inovadores, que investem recursos para emular os novos bens criados. Consequentemente, uma onda de investimentos de capital ativa a economia, gerando a prosperidade e o aumento do nível de emprego. À medida que as inovações tecnológicas ou as modificações nos produtos antigos são assimilados pela conjuntura e seu consumo generalizado, a taxa de crescimento da economia diminui (o que não gera mais ganhos extraordinários) e assim se inicia o processo recessivo da redução dos investimentos e a baixa da oferta de emprego. A constante mudança entre prosperidade e recessão, isto é, da volatilidade da produção é entendido como um obstáculo periódico e transitório, aparte do curso normal de expansão da renda nacional, da renda *per capita* e do consumo (MOTA, 2016).

Segundo o pensamento schumpeteriano, a inovação, que representa uma vantagem competitiva para o desenvolvimento econômico, tem como base

a destruição das velhas ideias para a criação de novas, as quais podem surgir a partir de uma invenção ou da transformação de uma tecnologia pré-existente.

*O Manual de Oslo - Proposta de Diretrizes para Coleta e Interpretação de Dados sobre Inovação Tecnológica (2005)*<sup>8</sup> dá **uma outra definição para a inovação**.

Uma inovação é a implementação de um produto (bem ou serviço) novo ou significativamente melhorado, ou um processo, ou um novo método de marketing, ou um novo método organizacional nas práticas de negócios, na organização do local de trabalho ou nas relações externas (2005, p. 55).

- Inovação de produto – que, alterando as características funcionais do produto, se dá por meio da melhoria das especificações técnicas de componentes e materiais.
- Inovação de processo – que pressupõe um método de produção novo, ou significativamente melhorado por meio da introdução de novos equipamentos de automação em uma linha de produção, ou ainda novos métodos de distribuição.
- Inovação de *marketing* – que implica mudanças na concepção e promoção dos produtos.
- Inovação organizacional – que está relacionada às práticas de negócio da empresa.

Com o avanço tecnológico, as empresas têm a capacidade de aumentar ou

<sup>8</sup> Em 1990, foi editada pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) a primeira edição do *Manual de Oslo - Proposta de Diretrizes para Coleta e Interpretação de Dados sobre Inovação Tecnológica*, cujo objetivo foi de orientar e padronizar conceitos, metodologias e construção de estatísticas e indicadores de pesquisa de P&D de países industrializados. No Brasil, a primeira tradução para o português foi produzida e divulgada pela Financiadora de Estudos e projetos (Finep) em meio eletrônico, em 2004. Na terceira edição, de 2005, do Manual de Oslo, foram agregadas atualizações que definiram a inovação de uma forma abrangente e mais compatível com a forma como as inovações são percebidas no início do século XXI.

diminuir o tempo de ocorrência entre a invenção e a inovação. Com base em Tigre (2006), Gambatese & Hallowell (2011), a inovação seria então “uma mudança positiva de uma nova ideia que ocorre com a efetiva aplicação prática de uma invenção”. Ou seja, inovação seria o uso atual de uma mudança não trivial em prol da melhoria de um novo processo, produto ou sistema visando ao desenvolvimento da instituição.

Embora seja imprescindível para a sobrevivência das empresas em um mercado competitivo, podendo gerar aumento de produtividade, qualidade e confiabilidade no cumprimento dos prazos pré-estabelecidos e, consequentemente, uma redução de custos, a inovação na construção civil apresenta um índice inferior ao observado em outros setores produtivos<sup>9</sup>. “A construção civil representa 8% do PIB. É grande, mas ineficiente na incorporação de tecnologias para aumentar a produtividade” (PANDOLFO, 2017, s.n.).

Para Frens Pries e Felix Janszen (1995), a principal motivação para o investimento em inovações é a busca pelo aumento do lucro, por meio do incremento da produtividade. É preciso acrescentar que esse aumento de lucro não deverá ocorrer em detrimento da qualidade do produto e de sua durabilidade, conforme determina a NBR 15575/2013, a qual trata das normas de desempenho<sup>10</sup>.

Segundo José Carlos Barbieri (1990), a produção de novos conhecimentos tecnológicos começa com a percepção e identificação de problemas ou

---

<sup>9</sup> De acordo com os dados do IBGE (2017), na média o percentual de inovação da indústria nacional é de 35,7%, enquanto que, no setor da construção civil, limita-se a 29,6%.

<sup>10</sup> Segundo a NBR 15575-1, **desempenho** corresponde a “comportamento em uso de uma edificação e de seus sistemas” e **critérios de desempenho** são “especificações quantitativas dos requisitos de desempenho, expressos em termos de quantidades mensuráveis, a fim de que possam ser objetivamente determinados”. Disponível em: <https://bit.ly/2Ut0cdE>.

oportunidades de ordem técnica ou econômica. Em seguida, buscam-se as soluções para esses problemas, seguem-se as necessárias adaptações para que o produto, serviço ou processo tenha aceitação comercial e, por fim, tem início a produção e a comercialização. Por meio da inovação tecnológica, que corresponde à mudança em uma determinada tecnologia, geram-se novos produtos e processos ou, ainda, aperfeiçoam-se os já existentes.

## CLASSIFICAÇÃO DAS INOVAÇÕES

As inovações podem ser tipificadas em predominantemente tecnológicas, comerciais, organizacionais e institucionais (SCARDOELLI, 1995).

- Inovação tecnológica – vai da concepção de uma ideia até o uso de um novo produto ou processo, frequentemente associado ao emprego de novos componentes, sistemas, procedimentos e equipamentos.
- Inovação comercial – trata-se de nova apresentação de um produto, novo modo de distribuição, nova aplicação, novo meio de promoção ou novo sistema comercial.
- Inovação organizacional – corresponde a novos modos de organização da empresa, seus procedimentos e modalidades de desenvolvimento.
- Inovação institucional – instauração de novos sistemas e novas formas de promover o progresso econômico e social (nível de poder público).

Schumpeter (1939), que também classifica a inovação em cinco tipos, mantém a mesma visão anterior em relação à inovação comercial e organizacional, acrescentadas dos seguintes tipos:

- Inovação de produto – referente à criação de novos ou melhorias de bens e serviços a serem lançados no mercado.

- Inovação de processo – corresponde às mudanças na forma em que os bens ou serviços são produzidos, incluindo introdução de novos métodos de aquisição e tecnologias de produção.
- Inovação de *inputs* – corresponde à melhoria nas formas de fonte de fornecimento, matérias-primas e bens e serviços intermediários.

Apesar das divergências e da existência de outros modos de classificação, os conceitos de inovação de processo e de produto são os mais comumente utilizados. Enquanto a inovação de processo geralmente envolve novos métodos de produção ou novos maquinários, a inovação de produto restringe-se à oferta de novos produtos para os consumidores.

## INOVAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A partir de 2008, com a adequação do Manual de Oslo (OCDE, 2005) à realidade da construção civil<sup>11</sup>, registrada no Relatório do Programa de Inovação Tecnológica, foram adotadas as seguintes definições:

- Inovações de produto – referentes às inovações no produto edifício ou em seus subsistemas, componentes ou materiais.
- Inovações de processo – correspondentes às inovações no processo de produção dos edifícios, que podem ser obtidas a partir de inovações em produtos intermediários como tipos de subsistemas, componentes ou materiais que tem impacto no processo.
- Inovações organizacionais – que dizem respeito à organização das empresas do setor e seus processos, indiretamente relacionados à produção, como a implementação de *softwares*, a criação de novos métodos de planejamento,

---

<sup>11</sup> O Programa Inovação Tecnológica (PIT) foi criado em 2007, no âmbito da Câmara Brasileira da Indústria da Construção, com o objetivo de definir diretrizes para o desenvolvimento, difusão e avaliação de inovações tecnológicas na construção civil, foi responsável pela elaboração dos Cadernos de Casos de Inovação na Construção Civil.

orçamento e projeto.

- Inovações de *marketing* – relacionadas a novas formas de relacionamento com os clientes, promoção dos produtos e comunicação com o mercado.

Existe ainda a classificação quanto aos modelos de inovação, também chamados, por alguns autores, de natureza ou abrangência da inovação. Por sua vez, esses modelos podem ser divididos em incremental (que pressupõe o aprimoramento dentro de um paradigma tecnológico consolidado) e radical (quando se refere à utilização de algo totalmente novo, cuja execução implica novos processos) (TIGRE, 2006).

Slaughter (1998) diferencia as inovações por suas interfaces, que correspondem à escala, complexidade, longevidade das instalações, além de estratégias organizacionais e sociais. Distinguindo-se pelo grau de mudança das práticas correntes e suas ligações com outros sistemas e componentes, esses modelos de inovação são:

- Incremental – corresponde a uma pequena mudança, baseada no conhecimento e na experiência.
- Modular – refere-se à introdução de novos conceitos fundamentais, como a utilização de máquinas para execução de determinados serviços antes realizados manualmente.
- Arquitetural – trata da reconfiguração de um sistema pré-estabelecido, integrando os componentes existentes de outra maneira, deixando intactos os conceitos fundamentais do projeto dominante.
- Sistêmico – pressupõe a junção de múltiplas inovações integradas ao projeto, determinando mudanças significativas nos componentes ou sistemas, e nas ligações desses elementos.

- **Radical** – corresponde à ruptura com o conhecimento ou tecnologia existente, implicando muitas vezes a mudança da característica ou natureza original da empresa.

No caso específico da construção, Amorim (1996) identifica três níveis de inovação: i) nos **produtos** da construção; ii) no **processo** de produção, pela introdução de novos equipamentos ou como resultado de novos insumos (produtos para a construção); e iii) na **organização** da estrutura de produção (figura 48).

Segundo o autor, existem objetivos específicos para cada um desses níveis de inovação.

| NÍVEL DE INOVAÇÃO | OBJETIVO                                                      |
|-------------------|---------------------------------------------------------------|
| Produto           | Competitividade: prazos e variedade dos produtos              |
| Processo          | Produtividade: controle e intensificação do trabalho          |
| Organização       | Flexibilidade: capacidade de adaptação a um mercado “mutante” |

Figura 48. Inovação X Objetivo. Fonte: Amorim, 1996, p. 267.

Em relação à classificação quanto aos modelos de inovações, os tipos mais utilizados na construção civil são o incremental e o radical. A inovação incremental representa uma melhoria gradual, não significando, por si só, um grande avanço (SLAUGHTER, 1998; FABRICIO, 2008). Para Lisiane Scardelli (1995), a inovação incremental é implantada de modo contínuo, tendo como resultado a melhoria da eficiência e da produtividade.

Quanto à utilização das inovações incrementais pelas indústrias, alguns autores afirmam que elas são mais facilmente absorvidas pelas empresas de

construção de pequeno porte, pois em geral representam menores investimentos para implantação. Por outro lado, as inovações radicais, que representam ruptura com a base técnica instalada e requerem grandes aportes de capital, ficam a cargo das grandes empresas (FABRÍCIO, 2008).

Existe ainda a classificação quanto às fontes de inovação, as quais, podendo ser internas ou externas à instituição, dependem de conhecimentos dos construtores, clientes, fornecedores; são originadas de outras indústrias incorporadas à construção civil ou resultam da colaboração com instituições de pesquisa.

Segundo Pozzobon *et al.* (1999), as inovações no processo de construção podem ser classificadas em: apoio e dignificação da mão de obra; organização do canteiro; movimentação de materiais e deslocamentos internos; ferramentas, máquinas e técnicas especiais; segurança do trabalho; e comunicações internas.

De acordo com o *Construction Innovation Forum* (2014), as inovações podem ser classificadas quanto às fases ou etapas da construção: projeto, fabricação, construção, detalhamento, administração de contrato, gerenciamento, treinamento, contratação, manutenção, equipamento, materiais, conceitos e métodos.

Pode ser citada ainda a classificação da inovação adotada pelo Programa Inovação Tecnológica (PIT) na elaboração dos Cadernos de Casos de Inovação na Construção Civil. Nesse caso, a maioria das inovações referenciadas está na esfera dos sistemas construtivos e apenas algumas dizem respeito ao processo gerencial.



Segundo Márcio Minto Fabrício (2008), as inovações, que surgem nas diversas fases do processo de construção – projeto, detalhamento, relação de mão de obra, gerenciamento, treinamento, contratação, manutenção, equipamento, materiais, conceitos e métodos – possuem uma correlação direta com a racionalização, tendo em vista que geram redução de custo e aumento de produtividades.

Baseados em estudos de caso de projetos de edificação nos Estados Unidos da América, John Gambatese e Matthew Hallowell revelaram três aspectos necessários à inovação: geração de ideias, oportunidade e difusão. Segundo os autores,

[...] a aplicação das práticas identificadas na pesquisa leva a uma maior inovação por meio de uma melhor comunicação entre os membros da equipe do projeto, integração das disciplinas de projeto e construção, projetos mais eficientes, desenvolvimento de maneiras exclusivas de concluir o trabalho e compartilhar as lições aprendidas. Os resultados finais da inovação serão projetos que atendam e superem com sucesso as metas de custo, qualidade, cronograma e segurança (2011, s.n.).

No que diz respeito à estratégia de inovação, segundo Schumpeter (1939), o início de um processo de desenvolvimento ocorre precisamente no âmbito da produção, como decorrência de eventos que modificam os velhos sistemas produtivos. Para o autor, tais modificações obedecem a processo composto das seguintes fases: i) introdução de um novo bem ou de uma nova qualidade de certo bem; ii) introdução de um método de produção inexistente naquele ramo da indústria, o qual não decorre necessariamente de qualquer descoberta científica e pode simplesmente consistir em um novo método de tratar comercialmente um produto; iii) abertura de um novo mercado para uma determinada indústria, independentemente desse

mercado ter ou não existido anteriormente; iv) conquista de novas fontes de matérias-primas ou produtos semiacabados, independentemente dessas fontes terem existido antes; v) um novo modelo de organização para uma determinada indústria. O conjunto dessas modificações, indicadas pelo termo *inovações*, remete à noção de destruição criativa que constitui o motor que mantém o capitalismo em movimento, tendo como agente o empreendedor.

De acordo com Amorim, uma “dificuldade para abordar a inovação na construção é caracterizar ou identificar o que é um ‘produto novo’ e o que é uma inovação de processo” (1996, p. 266).

Pode ser considerado “novo”, um produto ao qual foram agregados serviços, ainda que com alguma adaptação espacial e formal. Nesse caso, embora a inovação seja perceptível para o usuário, trata-se apenas de um produto “novo”, executado por meio de um processo antigos, com o uso dos mesmos materiais e insumos. Por outro lado, quando um produto “novo” resulta da introdução de novos equipamentos, como controles ambientais, energéticos etc., ou seja, quando há incorporação de novas tecnologias ao produto, repercutindo no processo de produção e exigindo a inserção de novas categorias profissionais nas equipes de projeto e execução, configura-se uma “inovação de processo”.

Conjugados com novas soluções em termos de projeto, os novos insumos podem provocar uma alteração significativa nos patamares de preço, levando a novos padrões de concorrência entre empresas e resultando numa vantagem perceptível para o usuário. Neste caso, o que seria apenas uma “inovação de processo” ganha contornos de “inovações de produto”, pois leva a um modelo mais barato, certamente diferenciado dos anteriores em alguns aspectos. Seguindo este raciocínio, as inovações de insumos podem

ser consideradas “inovações de processo” para a construção (AMORIM, 1996, p. 266).

## INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

Distinguindo-se das demais indústrias, a construção civil caracteriza-se pela realização de produtos únicos, tendo sido por isso qualificada como uma “indústria de protótipos”. Mas apesar de o conceito de protótipo remeter à “ideia de um processo aberto a inovações, ou pelo menos de uma maior flexibilidade para introduzi-las”, isso, em geral, não é presente no cotidiano da construção civil (AMORIM, 1996, p. 268).

Por outro lado, conforme a tecnologia avança, ela impacta mais cadeias produtivas, exigindo que as empresas se adaptem, se atualizem e adotem a tecnologia para permanecerem competitivos. Embora ainda haja muitos obstáculos, com o tempo as demandas irão gravitar em torno dos profissionais de construção capazes de oferecer opções mais convenientes e econômicas, as quais surgem normalmente a partir da aplicação de novos avanços tecnológicos, ou de uma construção verdadeiramente racionalizada e industrializada.

A industrialização da construção civil consiste no desenvolvimento de sistemas construtivos, que visam aprimorar o processo e o produto final. São características do processo industrial: a racionalização da produção; a produção em série; a concentração de trabalho no interior da fábrica; e a integração da equipe responsável pela produção. Para Gerard Blachère (1977), a essência da industrialização é a produção de objetos por meio do uso de máquinas automatizadas, sem a influência da mão de obra artesanal.

A construção industrializada é uma alternativa importante, que apresenta uma série de vantagens em relação ao sistema convencional como: melhor qualidade dos componentes pré-fabricados, menores custos e prazos de construção, menor desperdício de materiais e integração entre o projeto arquitetônico e a construção em si. Apesar dessas vantagens, que impactam tanto a produtividade como a competitividade, o baixo custo da mão de obra empregada na construção civil faz com que se perpetue um atraso deste setor em relação aos demais processos produtivos. Nos países pouco desenvolvidos em geral, e no Brasil em particular, é raro observar alguma obra cujos processos construtivos não sejam feitos, de forma artesanal, no canteiro de obras.

Remetendo à inovação tecnológica, a industrialização da construção pode ser estimulada por vários fatores, entre os quais: a busca pelo aperfeiçoamento e desenvolvimento do produto final – nesse caso, a própria edificação; a demanda, ou seja, as necessidades dos clientes, os quais exercem influência sobre as melhorias no setor produtivo; a atuação do poder público, por meio dos estímulos à pesquisa, da qualificação de mão de obra, do uso de novas tecnologias nos projetos públicos e do desenvolvimento de normas e leis que visam garantir a qualidade da construção; o desenvolvimento de novos materiais e componentes de construção; a concorrência no mercado de construção; e os custos de implantação de inovações tecnológicas (REZENDE & ABIKO, 2004).

Com a finalidade de construir de modo mais econômico e atingir diferentes demandas, tendo como base a padronização, especialização, concentração, maximização e centralização, as indústrias passaram a produzir milhares

de elementos ou componentes idênticos, promovendo, dessa forma, o desenvolvimento da indústria de materiais de construção. Com isso, ocorreu uma clara divisão entre a produção industrial de materiais e a montagem de modo quase sempre artesanal ou semi-artesanal no canteiro.

Cabe aqui um parêntese para estabelecer a diferença entre pré-fabricado e pré-moldado. Segundo a NBR 9062, os pré-fabricados correspondem aos elementos produzidos em usina ou instalações analogamente adequadas aos recursos para produção e que disponham de pessoal, organização de laboratório e demais instalações permanentes para o controle de qualidade, devidamente inspecionada pela fiscalização do proprietário. Os pré-moldados são elementos que, produzidos em condições menos rigorosas de controle de qualidade, devem ser inspecionados individualmente ou por lotes, trabalho realizado por inspetores do próprio construtor, da fiscalização do proprietário ou de organizações especializadas, dispensando-se a existência de laboratório e demais instalações congêneres próprias.

Tradicionalmente a industrialização da construção pode ser dividida em dois tipos: aberta, ou de ciclo aberto, e fechada, ou de ciclo fechado. No primeiro caso, os componentes são destinados ao mercado e não somente às necessidades de uma empresa; no segundo, os componentes pré-fabricados destinam-se ao consumo de uma única empresa, que os utiliza em suas próprias obras.

A industrialização de ciclo fechado era muito comum nos edifícios industriais, em que os sistemas pré-fabricados, destinados principalmente à construção de galpões, eram comercializados em pacotes fechados. Atualmente, apesar desse modelo continuar existindo, prevalece a industrialização de

ciclo aberto, que permite a aquisição de componentes isolados, como lajes, pilares, painéis etc., os quais são montados no canteiro.

Em geral, os sistemas pré-fabricados destinados à construção civil eram comercializados em pacotes fechados. O produto final das indústrias de construção de ciclo fechado é, por exemplo, um galpão, e não seus componentes isolados. Poucas experiências de industrialização de ciclo fechado têm sido feitas, principalmente no Brasil. Como bem lembrou Fonyat (2013), para ilustrar os casos bem-sucedidos, cabe citar as experiências desenvolvidas por João Filgueiras Lima, Lelé, no Centro de Tecnologia da Rede Sarah, em Salvador<sup>12</sup>.

Apesar de este modelo persistir, na maioria dos casos prevalece o uso do sistema aberto de industrialização, que permite a venda de elementos isolados e com maior valor agregado, como lajes, pilares, painéis etc. No entanto,

Os arquitetos, grandes responsáveis pela continuação do processo de industrialização da construção, recorrentemente renunciam à sua atribuição básica de coordenadores do processo. Essa questão, aliada aos procedimentos ainda regidos pelo interesse do complexo industrial já instituído, provoca a persistência da manufatura seriada e o não desenvolvimento de formas de pré-fabricação com combinações e possibilidades de fabricação (FONYAT, 2013, p. 76).

Soma-se a isso a necessidade de investir nas relações entre os elementos da edificação, de forma a produzir, como afirmou Bruna “uma arquitetura melhor, mais rica, mais flexível, mais capacitada a dar respostas adequadas à complexidade da vida social urbana contemporânea” (1976, p. 63). Segun-

<sup>12</sup> O Centro foi inaugurado, em 1992, “como núcleo de pesquisa e desenvolvimento de sistemas construtivos pré-fabricados aplicados na construção dos hospitais da Rede, hoje fornece peças para outros edifícios públicos, como Escolas, Tribunais de Contas e Tribunais Eleitorais em todo o país” (FONYAT, 2013, p. 76).

do esse autor, é necessário que os componentes construtivos possam ser substituíveis por outros de diferentes origens; intercambiáveis, para ocupar diferentes posições em uma mesma obra; combináveis, de modo a formar conjuntos maiores; e permutáveis por uma peça maior ou por várias peças menores. Para isso, torna-se imperativo um processo de racionalização capaz de estabelecer uma coordenação entre os diversos elementos construtivos produzidos industrialmente.

Segundo Kim Elliot (2002), surgiu um terceiro tipo de construção industrializada que, conhecido por “sistema flexibilizado”, é totalmente aberto, sendo o projeto flexível o suficiente para adequar-se a qualquer tipologia arquitetônica, admitindo um alto grau de controle de qualidade do processo de produção e do produto.

Para que o processo industrial seja aplicado à construção civil, são necessárias algumas condições: racionalização, coordenação modular e inovação tecnológica. Segundo Teodoro Rosso (1980), a racionalização pode ser definida como o uso eficiente dos recursos disponíveis. Trata-se de promover a otimização das tarefas industriais, por meio da organização, do planejamento, da continuidade executiva e da eficiência, minimizando-se a casualidade nas decisões e incrementando-se a produtividade do processo. Ao contribuir para reduzir o tempo de trabalho dispendido, a racionalização pode aumentar a produtividade e a rentabilidade.

De acordo com a norma brasileira NBR-5706 (ABNT, 1977), coordenação modular é a “técnica que permite relacionar as medidas de projeto com as medidas modulares por meio de uma retícula espacial de referência”.

Ao serem utilizadas, simultaneamente, unidade de medida para um espa-

ço organizado (módulo-função) e outra para o invólucro (módulo-forma), se está articulando as dimensões dos espaços parciais com as dos componentes e compatibilizando-as entre si. A compatibilização geral, entretanto, ocorrerá a partir da definição do módulo-objeto, pela repetitividade exigida pela escala de produção (FERREIRA; BREGATTO; D'ÁVILA, 2003, p. 4).

Para Gerard Blachère (1977), a coordenação modular corresponde ao conjunto de regras necessárias para que seja possível compatibilizar, de forma racional e orgânica, os componentes industrializados que integram as edificações. A coordenação modular permite ainda relacionar as medidas do projeto com as das indústrias de componentes, evitando o desperdício e tornando mais flexível o uso desses materiais.

Finalmente, a inovação tecnológica, a qual deve ser vista como um fator de aperfeiçoamento da tecnologia inserida no processo de produção da edificação, tem como objetivos melhorar a qualidade do produto final e otimizar o tempo de execução da obra.

## QUALIDADE INDUSTRIAL

Segundo a *International Standardization Organization* (ISO), qualidade é a adequação e conformidade dos requisitos que a própria norma e os clientes estabelecem. Qualidade industrial é o nível de perfeição de um processo, serviço ou produto entregue por uma empresa, de maneira que atenda às exigências definidas pela ISO e pelos seus clientes.

De acordo com o engenheiro Waldir Fernandes, “a preocupação com a qualidade existe desde os primórdios das civilizações” (2011, p. 13). No entanto, para o autor, foi com a Revolução industrial que o conceito de controle de qualidade adquiriu maior importância.



O primeiro conceito relacionado à qualidade referia-se ao enquadramento dos produtos/serviços dentro de suas especificações técnicas. Ou seja, qualidade era igual à ausência de defeitos no produto final, o que, por sua vez, era verificado na medida exata da intensidade de inspeções realizadas. Mais tarde, estendendo-se ao processo, o controle da qualidade passou a englobar também as condições em que o produto era produzido. Como mostra a figura 49, a partir do final da Primeira Guerra, a gestão da qualidade passou a ser focada no processo.

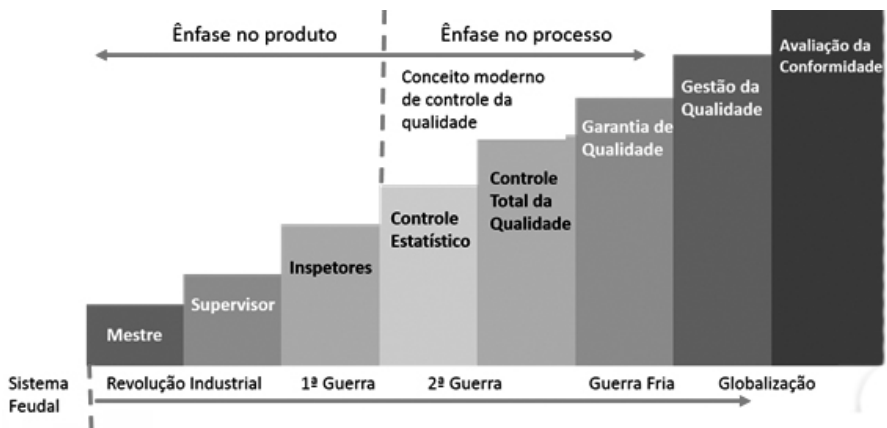


Figura 49. Gestão da qualidade ao longo do tempo. Fonte: FERNANDES, 2011, p. 14 (modificado)

As mudanças ocorridas nos cenários econômicos e políticos mundiais após a Segunda Guerra impuseram novos métodos de organização na indústria, que envolviam o controle de qualidade. Um importante passo nessa direção ocorreu com a ida de cientistas norte-americanos ao Japão, para dar suporte às forças de ocupação e ajudar na elaboração do censo japonês de 1951. Entre esses, estavam William Edwards Deming e Joseph Moses Juran. Fascinado pelos métodos estatísticos, Deming acreditava que a qualidade

implicava uma melhoria na produtividade, o que, por sua vez, provocava um impacto na competitividade industrial e organizacional.

Outro cientista norte-americano importante nesse processo foi Armand Vallin Feigenbaum, cujo livro *Total Quality Control: engineering and management*, publicado em 1961, trouxe à luz o conceito de controle da qualidade total, um sistema eficiente que teoricamente permitia a produção e os serviços com custos mais baixos, além de uma maior satisfação do consumidor.

Na segunda metade do século XX, a complexidade tecnológica, o aumento do volume de investimentos e a necessidade de segurança concorreram para a ampliação do controle da qualidade. Tornou-se absolutamente fundamental assegurar, previamente, a qualidade dos produtos, serviços, instalações e equipamentos, o que deu origem ao Controle Total da Qualidade (FERNANDES, 2011, p. 13).

Para Feigenbaum (1994), responsável pelo conceito de Controle da Qualidade Total (CQT), as condições de competitividade induzem os gestores a melhorar a qualidade dos produtos e, ao mesmo tempo, reduzir substancialmente os custos para manter a qualidade. Assim, o Controle da Qualidade Total pode ser definido como um sistema de gestão da qualidade do produto, que tem como objetivo superar, em todos os sentidos, as expectativas do cliente.

Segundo Joseph Juran & Frank Gryna (1991), o conceito de qualidade engloba dois aspectos complementares: i) qualidade de projeto, que define as características de um produto capazes de atender às necessidades dos clientes, propiciando sua satisfação; e ii) qualidade de conformação, que pressupõe a ausência de defeitos, ou a correta realização dessas características.

Como evolução do conceito de TQC, surgiu o *Total Quality Management* (TQM), uma gestão estendida dos negócios da empresa, que inclui o planejamento estratégico da qualidade.

Os Sistemas de Garantia da Qualidade (SGQs), que resultam da aplicação de uma abordagem sistêmica ao CTQ, implicam métodos gerenciais e esforços das empresas na busca da qualidade. Esses sistemas, a serem implementados de forma lenta e gradual, baseiam-se, segundo Fernandes (2011), nas premissas de que a qualidade: i) resulta do trabalho de cada um e é responsabilidade de todos, inclusive daqueles que ocupam altos cargos na administração da empresa; ii) baseia-se na tecnologia, a qual pressupõe o desenvolvimento dos recursos humanos; iii) deve ser explicitada para que possa ser controlada e desenvolvida.

De acordo com William Deming, o trabalho duro, maiores esforços, equipamentos eletrônicos, computadores ou investimentos em máquinas não podem por si só assegurar qualidade. Uma vez que é responsabilidade de todos os integrantes das organizações e exerce influência sobre diversas áreas, desde a satisfação dos clientes até o impacto na lucratividade da empresa, a qualidade exige uma abordagem abrangente.

## AS NORMAS E AS CERTIFICAÇÕES

No rastro das preocupações com a produtividade e a qualidade da produção industrial, surgiram as primeiras iniciativas para a formulação de normas técnicas internacionais. Com a globalização da economia, a partir de 1973, tornou-se imperativa a uniformização dos sistemas da qualidade adotados pelos diversos países. Para tal, seria necessária a cria-

ção de normas internacionais sobre requisitos de sistemas da qualidade (FERNANDES, 2011, p. 46).

A implantação de um Sistema de Garantia da Qualidade levou à necessidade do surgimento de formas de certificação segundo normas específicas. A série ISO 9000, o modelo de certificação de SGQ mais difundido no mundo, teve sua primeira versão elaborada, em 1987, pela *International Organization for Standardization* (ISO)<sup>13</sup>, uma organização não governamental com sede em Genebra, na Suíça. Composta por mais de 162 países, inclusive pelo Brasil, a organização tem como objetivo promover o desenvolvimento de normas internacionais. A ISO 9000, conhecida como uma família de normas de sistemas de gestão de qualidade, tem como foco

disciplinar os sistemas organizacionais e gerenciais, a partir dos quais produtos e serviços são concebidos, projetados, fabricados e comercializados. Apesar de as normas não garantirem a qualidade da tecnologia empregada ou a capacidade de inovação da empresa, os sistemas de gestão têm como objetivo principal atender aos requisitos para aumentar continuamente a satisfação do cliente (FERNANDES, 2011, p. 46).

Depois da primeira versão surgida em 1987, a família de normas ISO 9000 passou por três revisões, gerando as normas ISO 9000:1994, ISO 9000:2000, ISO 9001:2008 e ISO 9001:2015. A partir da versão de 2000, a ISO 9000 passou a ser caracterizada como um SGQ. Tornou-se ainda menos prescritiva e burocrática e mais flexível, com ênfase na melhoria e na gestão dos processos e foco na satisfação dos clientes, “ [...] agora as empresas devem demonstrar sua capacidade de atingir a satisfação do cliente, com a aplicação

<sup>13</sup> A ISO foi criada em 1947, em Londres, sendo transferida posteriormente para Genebra. Em 1987, o governo britânico persuadiu a Organização Internacional para Padronização (ISO) a adotar a BS 5750 como uma norma padrão internacional. A BS 5750, primeira norma de Sistema de Gestão da Qualidade do Reino Unido tornou-se a ISO 9000.

da melhoria contínua de seus processos e da prevenção de não conformidades” (BRANCHINI, 2002, p. 71).

É importante estabelecer a diferença entre a certificação de sistemas da qualidade e a certificação de produtos. Enquanto a primeira corresponde ao resultado da verificação da conformidade aos requisitos e procedimentos de gestão, a segunda atesta o atendimento das características específicas do produto.

À guisa de definição, pode-se dizer que não conformidade significa tão somente o não atendimento a um requisito normativo, ou seja, não atendeu às características de desempenho conforme definidas pelas normas técnicas.

Muitas das falhas de desempenho devem-se à incompatibilidade entre os projetos, ausência de detalhamento, especificações equivocadas de materiais ou de processos, inobservância de detalhes construtivos e ao não atendimento de requisitos técnicos elementares (THOMAZ, 2001).

**A não conformidade maior ou crítica** corresponde à ausência de um ou mais requisitos do sistema de gestão da qualidade, à falha em implementar e manter esses requisitos ou a situações que possam, com base em evidências de auditoria, levantar dúvida quanto à qualidade dos produtos de uma empresa impedindo a sua certificação<sup>14</sup>.

No Brasil, os primeiros movimentos pelo controle da qualidade remetem ao início da década de 1990, após a tradução da ISO 9000:1987 pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

<sup>14</sup> Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade na Construção civil (PBQP-H). Disponível em: <http://pbqp-h.cidades.gov.br>.

## As normas brasileiras para a construção civil

Em função da globalização e das mudanças geradas pela grande competitividade, o governo brasileiro lançou, em 1996, o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade (PBQP), que envolveu todos os setores industriais.

Na época, serviram de insumo para o tema os trabalhos de Flávio Picchi (1993) e de Silvio Melhado (1994), responsáveis pelas primeiras aplicações dos conceitos gerais da qualidade que, baseados nas normas ISO 9000:1987, eram voltados à construção civil.

Para Melhado, o grande impulso da construção civil em direção aos Programas Setoriais da Qualidade (PSQs) resultou da parceria, firmada em 1993, entre o Centro de Tecnologia em Edificações (CTE) e o Sindicato

das Indústrias da Construção Civil do Estado de São Paulo (Sinduscon-SP). Tratava-se então de acordos firmados por governos estaduais e municipais, entidades de classe, associações nacionais e agentes financiadores, com o objetivo de regulamentar os critérios de qualidade no setor.

Dois anos depois da criação do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade (PCQP), o então Ministério do Planejamento e Orçamento, por meio da Portaria nº 134, de 18 de dezembro de 1998, instituiu o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade no Habitat (PBQP-H), que, atualizado periodicamente, mantém-se compatível com as normas ISO 9000. A estrutura do PBQP-H, baseada em um conjunto de projetos que visam solucionar problemas no campo da qualidade. Entre esses projetos, está o Sistema de Avaliação da Conformidade de Serviços e Obras (SiAC)<sup>15</sup>, que, aprovado por

<sup>15</sup> O SiAC é o resultado da revisão e ampliação do antigo SiQ (Sistema de Qualificação de Empresas de Serviços e Obras).

meio da Portaria nº 118 de 15 de março de 2005, tem como referência a norma que contém requisitos de certificação, a ISO 9001:2000.

Embora não existam normas específicas para a construção de estabelecimentos penais, a Resolução nº 9/2011 especifica, nas suas referências bibliográficas, uma relação de normas, produzidas pela ABNT, que podem ser levadas em conta. Cabe, no entanto, aos projetistas, atentarem para as especificidades das edificações penais, pois muitas sugestões das normas não podem ser utilizadas nesses equipamentos específicos por questões de segurança.

1. NBR 15220/2003: zonas bioclimáticas do Brasil.
2. NBR 9050/2004: acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos.
3. NBR 6492/1994: representação de projetos de arquitetura.
4. NBR 13.532/1995: elaboração de projetos de edificações.
5. NBR 5626/1998: instalações prediais de água fria.
6. NBR 5648/1999: sistemas prediais de água fria – tubos, conexões de PVC 6,3, PN 750 kPa, com junta soldável – Requisitos.
7. NBR 8160/1999: instalações prediais de esgoto sanitário.
8. NBR 5410/2004: instalações elétricas de baixa tensão.
9. NBR 5413/1992: iluminação de interiores.
10. NBR 5473/1986: instalações elétricas prediais.
11. NBR 7198/1993: projeto e execução de instalações de água quente.

12. NBR 13.932/1997: instalações internas de gás liquefeito de petróleo (GLP) – projeto e execução.
13. NBR 13.933/1997: instalações internas de gás natural (GN) – projeto e execução.
14. NBR 9575/2010: impermeabilização – seleção e projeto.
15. NBR 6023/2000: informação e documentação: referência – elaboração.

Além disso, segundo Augusto Esteca (2017), a NBR 15.575:2013 e a ISO 6241:1984 podem auxiliar na conformação do espaço arquitetônico penal, indiretamente ou em pontos específicos. A NBR 15.575:2013 normaliza o desempenho de edificações habitacionais, por isso a sua contribuição para a edificação penal é limitada, no que diz respeito aos critérios de segurança e habitabilidade, conforme expresso neste documento na parte 1, referente aos Requisitos Gerais: “uma edificação com finalidade prisional apresenta certas nuances que a diferenciam das edificações com finalidades de moradia ou de trabalho em muitos fatores, especialmente naqueles relacionados à segurança contra fugas e à resistência contra vandalismos” (UFSC, 2013, p. 11).

Por sua vez, a ISO 6241:1984, que lista os requisitos referentes ao desempenho da edificação em termos da habitabilidade, enfrenta as mesmas questões colocadas para a NBR 15.575:2013: “as exigências próprias da especialização da edificação penal e a demarcação do objeto desta pesquisa” (ESTECA, 2017, p. 84).

Em suma, a NBR 15.575:2013 e a ISO 6241:1984 têm um caráter genérico, com informações em nível de recomendações para a composição arquitetônica da edificação penal, sendo mais objetivas nos quesitos e parâmetros de conforto ambiental, especialmente quanto ao desempenho térmico e lumí-



nico (ESTECA, 2017, p. 84).

Ainda segundo Esteca, “a referência normativa mais atual e abrangente é o *Technical Guidance of Prison Planning* (UNOPS, 2016) publicado pela Organização das Nações Unidas” (2017, p. 88). Trata-se de uma compilação de diretrizes arquitetônicas internacionais que, tendo como fio condutor a *Nelson Mandela Rules*<sup>16</sup>, buscou ressaltar a humanização do espaço arquitetônico.

A par das normas acima citadas, em termos da regulamentação da arquitetura penitenciária, devem ser observados: as resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama); a Resolução nº 50/2002, da Agenda Nacional da Vigilância Sanitária (Anvisa), que dispõe sobre planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde; a Instrução Normativa nº 01/2010 do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, referente aos os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras; a Lei nº 10.098/2000 do Conama, relativa aos procedimentos de revista dos visitantes, servidores e prestadores de serviços e/ou presos; Resolução nº 06/2006 do Conselho Nacional de Política Criminal e Segurança Pública (CNP-CP), que estabelece a Padronização Física de Estabelecimento de Assistência à Saúde nas Unidades Penais; a Portaria Interministerial nº 1.777/2003, que institui o Plano Nacional de Saúde no Sistema Penitenciário; Lei nº 10.098/200 e a NBR 9050/2004, que tratam da acessibilidade para portadores de necessidades especiais; a Resolução nº 3/2005 do CNP-CP, que traça as Diretrizes Básicas para construção, ampliação e reforma de estabelecimentos penais; a Portaria nº 108/2019, que institui o Modelo Nacional de Regulamento de Segurança Contra Incêndio e Emergências; e

<sup>16</sup> O documento *Regras Mínimas das Nações Unidas para o Tratamento de Reclusos*, aprovado pela ONU em 1957, foi renomeado de Nelson Mandela Rules em homenagem ao legado do ex-presidente da África do Sul

as normas de construção municipal.

### Sustentabilidade na construção

O movimento ambiental, como concepção, começou como uma resposta à industrialização ainda no século XIX, quando alguns críticos destacavam a importância do retorno a uma vida mais simples e a reaproximação com a natureza (ONU, 2020).

As mudanças que caracterizaram a Revolução Industrial incluíam aspectos tecnológicos, socioeconômicos e culturais. Se, por um lado, o uso de novos materiais básicos como ferro e aço e o uso de fontes de energia diversas, incluindo combustíveis, permitiram o aumento da produção em massa e o desenvolvimento dos procedimentos de fábrica, por outro, também impulsionaram o uso desenfreado dos mesmos recursos que viabilizavam o desenvolvimento das cidades.

Assim, o crescimento acelerado da população, a alta demanda por moradia, além de toda infraestrutura compatível com o desenvolvimento das cidades mostrava que o setor da construção civil, no tempo, representava impactos crescentes ao meio ambiente.

Raquel Blumenschein (2004) observa as cidades como ponto de partida para a análise dos referidos impactos, protagonizados pelo setor da construção. Para a autora, a aplicação de princípios e metas com vistas a um desenvolvimento equilibrado pode contribuir com a sustentabilidade dos processos em todos os setores produtivos, como uma estratégia vital para assegurar os recursos do planeta. Nos últimos anos, a ampla discussão so-

bre as questões vinculadas aos impactos ambientais gerados pela indústria da construção são também uma herança dos movimentos ambientalistas, que ganharam expressividade a partir da década de 1980.

Alguns eventos marcaram os debates sobre essa temática, como o documento *Nosso Futuro Comum*, conhecido como Relatório Brundtland (1987); a *Agenda 21 Global*, resultado da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD), conhecida como Eco-92; e o *Protocolo de Kyoto* (2005). Em relação à *Agenda 21* para a Construção Sustentável em Países em Desenvolvimento (2020), as várias comissões de trabalho da *International Council for research and Innovation in Building Construction* (CIB) aprofundaram questões relacionadas à energia, água, clima de interiores, previsão de vida útil, durabilidade e outros (CIB, Relatório 237, 2000).

Assim, as críticas em relação aos desastres nucleares, ao uso agrícola de pesticidas químico-sintéticos e à devastação dos ecossistemas, por aqueles que já percebiam a fragilidade e a interdependência dos ecossistemas do planeta, aos poucos incluíram as formas de produção do ambiente construído. A preocupação com essa interdependência voltou-se para a necessidade do desenvolvimento de estudos sobre o uso racional dos recursos naturais, a geração de energia renovável, a redução dos impactos gerados por subsetores da CPIC, a gestão de resíduos de diversos tipos e as análises e avaliações do ciclo de vida da edificação.

Por diversos motivos, todas as empresas e organizações que atuam nessa cadeia produtiva deveriam se preocupar com a sustentabilidade, reconhecendo seus impactos negativos, como observa Blumenschein:

o impacto no meio ambiente proveniente da Cadeia Produtiva da Indústria da Construção (CPIC) ocorre ao longo de todos os seus estágios e atividades: na ocupação de terras; na extração de matéria-prima e no seu processamento e produção de elementos e componentes; no transporte dessa matéria-prima e de seus componentes; no processo construtivo e no produto final per si, ao longo de sua vida útil, até sua demolição e descarte. Ao longo de toda esta cadeia, recursos naturais são explorados, muitas vezes de forma criminal, energia é consumida indiscriminadamente e resíduos são gerados de forma excessiva e dispostos irregularmente (2004, p. 23).

Nesse contexto, a autora, na sua pesquisa sobre a sustentabilidade aplicada à CPIC, explica que, em centros urbanos com mais de 500.000 habitantes, a construção civil é responsável por aproximadamente 40% a 70% dos resíduos sólidos produzidos pela sociedade. Essa disposição irregular no meio ambiente torna-se rapidamente um foco para outros tipos de resíduos, o que potencializa o nível de toxicidade, gerando efeitos em cadeia.

Nas atividades desenvolvidas principalmente nas cadeias de suprimentos e de processos, como o consumo e desperdício de água, a emissão de gases – que agravam o efeito estufa –, a destruição de ecossistemas, as alterações nos regimes hídricos locais e regionais, as transformações nas dinâmicas ambientais, as trocas gênicas etc., observa-se que os impactos ambientais são desastrosos.

Trata-se de desenvolver práticas sustentáveis, que impliquem considerar o ciclo de vida dos empreendimentos propostos, a viabilidade econômica, a concepção de projetos que permitam mais adaptações que demolições ou reformas, o descarte correto dos resíduos, a redução e correta especificação de materiais, a busca por fontes de energias renováveis, o uso racional dos recursos disponíveis, a redução do uso dos materiais que causam forte

impacto ambiental.

Isso significa que a sustentabilidade, em seus diversos níveis, deve estar presente no planejamento das construções. Nesse sentido, vale lembrar que no Brasil ainda predominam processos produtivos convencionais e tradicionais, o que, além de comprometer a qualidade das edificações, resulta em maiores prejuízos ambientais. O entendimento dessa forma de produção é importante para contextualizar o paradigma da sustentabilidade ambiental existente na arquitetura do país (BAPTISTA JUNIOR e ROMANEL, 2013).

Em relação à produção de resíduos de construção e demolição (RCD), por exemplo, há uma variação na composição, dependendo da indústria, da qualidade da mão de obra disponível, das técnicas e soluções construtivas utilizadas, da gestão do projeto, da execução da obra e do próprio empreendimento em termos de manutenção e descarte.

Portanto, a forma como os processos são realizados é importante, pois dentro dos processos produtivos estão as operações, as quais possuem características próprias, constituindo componentes de qualidade. Isso significa que é possível realizar melhorias e mudanças em alguns aspectos ou na totalidade de um processo, visando alcançar eficiência e, no final, obter resultados melhores.

Como já foi mencionado, as estratégias de melhoria na forma de organização da produção estão estreitamente ligadas à percepção de qualidade como fator competitivo na indústria da construção, incluindo processos de melhoramento contínuo do tipo Gestão de Qualidade Total (GQT ou TQM)

e Controle Total de Qualidade (CTQ), uma transformação radical do tipo re-engenharia, entre outros.

Independente da abordagem utilizada ou da perspectiva da melhoria – como um melhoramento revolucionário ou como melhoramento contínuo ou incremental –, é necessário entender que este componente de qualidade também precisa ser intrinsecamente sustentável. Como afirmam Hendriks e Pietersen (2000), os aspectos ambientais devem fazer parte dos processos industriais, levando em consideração a aplicação dos conceitos da sustentabilidade e durabilidade<sup>17</sup>.

Além da questão ética, em termos de competitividade, a busca pela eficiência visando reduzir tanto o consumo de recursos naturais como os consequentes impactos ambientais incentiva um mercado de produtos sustentáveis e os sistemas de certificação baseado em selos de qualidade (BAPTISTA JUNIOR e ROMANEL, 2013).

Cabe aqui um destaque para um método de avaliação da qualidade da construção civil, o *Building Research Establishment Environmental Assessment Method* (BREEAM) – Bre global, criado em 1990, no Reino Unido<sup>18</sup>. O método basicamente avalia a interferência do empreendimento com o entorno, a gestão dos recursos de abastecimento energético disponíveis, fatores econômicos e fontes alternativas de energia, materiais e recursos naturais, geração e gestão dos resíduos e a qualidade ambiental no inte-

<sup>17</sup> Para os autores, **sustentabilidade** refere-se às características gerais do material, elementos ou componentes, o que significa a maneira com que responde às condições de poluição do ar, solo, água, e aos impactos no meio ambiente, em geral. **Durabilidade** significa que o material atende às especificações químicas, físicas e mecânicas, por um período, sem reverter qualquer uma dessas especificações (apud Blumenschein, 2004, p. 27).

<sup>18</sup> A organização BRE inclui pesquisadores, cientistas, engenheiros e técnicos que criam produtos, padrões e qualificações para os edifícios, casas e comunidades, visando aos aspectos socioeconômicos e, principalmente, ambientais.

rior da edificação.

Depois, outras certificações derivadas do BREEAM surgiram, como o *Leadership in Energy & Environmental Design* — LEED (USGBC), nos Estados Unidos; e o *Building Environmental Performance Assessment Criteria* — BEPAC no Canadá. No Brasil foram criados o Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações — PROCEL, Edifica (2014) e o Processo AQUA (2016), entre outros.

Embora a certificação das edificações seja um caminho para a difusão de comportamentos e práticas ambientais menos impactantes, faz-se necessária uma análise mais criteriosa dos impactos ambientais de um empreendimento. Nesse sentido, Blumenschein (2004) aponta a análise do ciclo de vida dos produtos (ACVP) como possibilidade de avaliar os impactos do processo de produção, em estágios, do berço ao túmulo (*“from the cradle to the grave”*).

Essa análise, fundamentada nos princípios da ecologia industrial, destaca o rastreamento de impactos desde a extração dos materiais, o consumo de energia despendido na fabricação e transporte, os materiais manufaturados, a fabricação dos produtos, o armazenamento, o empacotamento, a distribuição, o uso e reuso, a manutenção, a demolição, a reciclagem e a gestão de resíduo.

Quanto à relevância desse método, a autora destaca:

Considerando a complexidade do produto final da IC, edificações e (ou) obras de infraestrutura, e o número quase infinito de subprodutos existentes [...], a ACVP é uma ferramenta altamente relevante. Este instrumento permite quantificar riscos das cargas finais e os excessos presentes no

processo de produção dos diferentes produtos, que uma vez consolidados permitirão ser agregados em análises globais da cadeia como um todo. A utilização da ACVP na CPIC começa a ser aplicada no Brasil. A consolidação de dados quantitativos relativos a emissões de poluentes e utilização de matérias-primas permitirá que políticas e programas específicos possam ser implementados. No entanto, a deficiência de dados não permite aplicar este modelo para a cadeia produtiva como um todo, apesar de oferecer princípios norteadores relevantes, os quais em conjunto com outros métodos permitem obter um desenho preliminar dos impactos causados pela CPIC (BLUMESNCHEIN, 2004, p. 56).

A partir dos argumentos apresentados, observa-se que a sustentabilidade aplicada à construção civil pode ser alcançada por meio de uma série de mudanças no processo de produção e na própria cultura construtiva. Destaca-se que a sustentabilidade de um edifício ou de um material está diretamente ligada à sua durabilidade e capacidade de sobreviver eficientemente ao longo do tempo.

Esses fatores são componentes de qualidade que precisam ser considerados nos processos produtivos da indústria da construção, o que inclui a especificação e seleção de materiais, componentes e sistemas construtivos de forma mais consciente e a sua aplicação na construção dos empreendimentos, com o apoio da cadeia de suprimentos.

Por fim, é imprescindível compreender que a sustentabilidade precisa estar atrelada à busca de tecnologia e inovação, assegurando que os insumos utilizados no ambiente construído sejam utilizados de forma menos impactante, de acordo com os princípios da sustentabilidade, aplicados tanto aos processos quanto aos produtos.



## AS EDIFICAÇÕES PENAIS

Antes de adentrar no campo das edificações penais, cabe considerar que a arquitetura penitenciária corresponde à ciência e às técnicas capazes de ordenar e organizar espaços, levando em consideração, entre vários outros fatores, o modelo jurídico-penal adotado por uma sociedade específica em um determinado tempo.

### CARACTERÍSTICAS E DIRETRIZES GERAIS

Ao abordar os estabelecimentos penais, Luiz Flávio D’Urso (1997), assim se manifestou:

pouco se pode fazer pelo homem e pelo sistema penitenciário, melhorando-o, exclusivamente, com uma melhor utilização do aço, de pedras e de tijolos, pois esses materiais são o complemento de um trabalho realizado pelo homem, para o homem, isto é, os avanços no sistema devem ser resultado do aperfeiçoamento da construção em perfeita conjugação com a política compreendida para o setor, observada a micropolítica, sendo essa a filosofia que emana dos diversos dirigentes dos estabelecimentos prisionais (1997, p. 186-187).

Na verdade, a complexidade que envolve o projeto e a construção desse tipo de equipamento deve-se, em primeiro lugar, ao fato de que estes assumem funções diferentes e muitas vezes conflitantes. Trata-se de edificar locais de privação da liberdade que, ao mesmo tempo, precisam ser espaços humanizados e dotados de condições capazes de promover a recuperação e a inserção social das pessoas presas. A situação torna-se ainda mais intrincada, uma vez que esses equipamentos diferem entre si tanto em relação à conceituação como à classificação.

Esteca (2010), tendo como base o *Handbook of Correctional Institution Design and Construction* (1949), aponta algumas características que devem ser leva-

das em conta antes do processo de projeto, como: tipo de população prisional destinada ao estabelecimento a ser projetado; porte do estabelecimento em função do número de vagas; e enquadramento do estabelecimento na organização do sistema penitenciário, segundo a situação jurídica dos presos (ESTACA, 2010, p. 46 e 47).

Em relação à ordem externa à prisão, o documento norte-americano refere-se ainda a alguns princípios que devem ser levados em conta antes do projeto: i) a população prisional destinada ao estabelecimento que está sendo projetado, com atenção em relação à idade dos presos e ao grau de segurança exigido; ii) o trabalho que será disponibilizado aos presos, e o papel que representará no programa de reabilitação; iii) o porte do estabelecimento em função da sua capacidade de vagas para os presos; iv) a localização do estabelecimento; v) a barreira física (muro ou cerca), e o tipo de alojamento que será adotado tendo em vista o programa de reabilitação e a segurança; vi) o enquadramento do estabelecimento na organização do Sistema Penitenciário. Quanto à ordem interna, o referido documento chama a atenção para os elementos centrais do espaço arquitetônico, tais como: o isolamento social e o muro; o isolamento individual e a cela; as atividades dos presos e o espaço coletivo; e a vigilância e os postos de controle (*apud* ESTECA, 2010, p. 46 e 47).

Esteca (2010) apresenta ainda os tópicos encontrados no *Technical Guidance for Prison Planning* produzido (UNOPS<sup>19</sup>, 2017) referentes à definição das características da prisão, tais como: nível de segurança em função do perfil dos presos, número de presos a serem abrigados, e a separação dos presos nos diferentes tipos de estabelecimentos penais.

No Brasil, estes princípios são respaldados por instrumentos legais e técnico-normativos, em particular, pelas Diretrizes Básicas para a Arquitetura Penal

<sup>19</sup> United Nations Office for Project Services.

(CNPCP, 2011).

Algumas dessas referências conceitos, classificações, padrões de lotação, programas de necessidades, além de outras recomendações relativas ao projeto e à construção de estabelecimentos penais, são mostradas, de forma bastante resumida, no quadro da figura 50.

| ESTABELECIMENTOS                                                               | CONCEITOS                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Penais                                                                         | Todos os estabelecimentos utilizados pela Justiça com a finalidade de alojar ou atender pessoas presas, quer provisórias, quer condenadas, ou ainda aquelas que estejam submetidas à medida de segurança                                                              |
| Para idosos                                                                    | Seções ou módulos autônomos incorporados, ou anexos, a estabelecimentos para adultos, destinados a abrigar pessoas presas que tenham no mínimo sessenta anos de idade ao ingressarem ou as que completem essa idade durante o tempo de privação de liberdade.         |
| Cadeias públicas ou congêneres                                                 | Destinadas ao recolhimento de pessoas presas em caráter provisório.                                                                                                                                                                                                   |
| Penitenciários                                                                 | Destinadas ao recolhimento de pessoas presas com condenação à pena privativa de liberdade em regime fechado, dotadas de celas individuais e coletivas.                                                                                                                |
| Presidiários                                                                   | Destinados ao recolhimento de presos provisórios sempre de segurança máxima.                                                                                                                                                                                          |
| Colônias agrícolas, industriais ou similares:                                  | Destinadas a abrigar pessoas presas que cumprem pena em regime semiaberto.                                                                                                                                                                                            |
| Casas do albergado                                                             | Destinadas a abrigar pessoas que cumprem pena privativa de liberdade em regime aberto, ou pena de limitação de fins de semana.                                                                                                                                        |
| Centros de observação criminológica                                            | Estabelecimentos de regime fechado e de segurança máxima onde devem ser realizados os exames cujos resultados serão encaminhados às Comissões Técnicas de Classificação, as quais indicarão o tipo de estabelecimento e o tratamento adequado para cada pessoa presa. |
| Hospitais de custódia e tratamento (serviço de atenção ao paciente judiciário) | Destinados a atender pessoas submetidas à medida de segurança, que necessitam de tratamento psiquiátrico e ambulatorial.                                                                                                                                              |

## QUADRO ESTABELECIMENTOS E CONCEITOS (CONTINUAÇÃO)

|                                         |                                                                                                                                                |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Complexos ou conjuntos penais           | Conjunto de unidades que formem um sistema de atendimentos com algumas funções centralizadas e compartilhadas pelas unidades que o constituem. |
| Central de penas e medidas alternativas | Destinados a atender pessoas que cumprem penas e medidas alternativas.                                                                         |

Figura 50. Conceituação das unidades prisionais. Fonte: Diretrizes básicas para arquitetura penal. Ministério da Justiça, 2011.

Os estabelecimentos penitenciários devem ser construídos de acordo com a finalidade do regime prisional a que se destinam, em decorrência da necessidade de se dispor de espaços e mecanismos compatíveis com a segurança adotada (figuras 51 e 52).

A arquitetura e a construção têm relação com a finalidade de regime para o qual o estabelecimento se destina, pois, precauções contra fugas, rebeliões, depredações, devem ser observadas com maior rigor, quanto mais severo for o regime. A progressão baseia-se no senso de responsabilidade e na disciplina do preso, diminuindo a rigidez da vigilância e segurança quanto mais progride de regime o preso (D'URSO, 1997, p. 193).

| ESTABELECIMENTOS                                                                                                            | CLASSIFICAÇÃO    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
|                                                                                                                             | REGIME           |
| Penitenciárias de segurança máxima ou média; presídios; cadeias; centros de observação; hospitais de custódia e tratamento. | Fechado          |
| Penitenciárias de segurança média; colônias agrícolas, industriais ou similares.                                            | Semiaberto       |
| Casas do albergado.                                                                                                         | Aberto           |
|                                                                                                                             | Aberto           |
| Penitenciárias de regime fechado; presídios; cadeias públicas; centros de observação; hospitais de custódia e tratamento.   | Segurança máxima |
|                                                                                                                             | Segurança média  |
|                                                                                                                             | Segurança mínima |

Figura 51. Classificação das unidades penais. Fonte: Diretrizes básicas para arquitetura penal. Ministério da Justiça, 2011

| ESTABELECIMENTOS                        | CAPACIDADE MÁXIMA |
|-----------------------------------------|-------------------|
| Penitenciária de segurança máxima       | 300               |
| Penitenciária de segurança média        | 800               |
| Colônia agrícola, industrial ou similar | 1.000             |
| Casa do albergado ou similar            | 120               |
| Centro de observação criminológica      | 300               |
| Cadeia pública                          | 800               |

Figura 52. Capacidade dos estabelecimentos penais. Fonte: Diretrizes básicas para arquitetura penal. Ministério da Justiça, 2011.

Os projetos para estabelecimentos penais devem atender a diversas atividades, nem sempre compatíveis entre si, tais como as de: administração; almoxarifado; serviços de alimentação, lavanderia, limpeza e manutenção; convivência; preparo e distribuição de refeições; educação, religião, lazer, esportes e trabalho; atendimento médico, odontológico, psicológico, jurídico e de enfermagem e serviço social; berçário ou creche; alojamentos para agentes e para a guarda externa; além da reserva de espaços para as visitas íntimas, de familiares e de advogados.

A figura 53, que representa uma síntese dos programas de necessidades dos estabelecimentos prisionais, dá noção, ainda que vaga, da complexidade do tema e dos arranjos espaciais, que se fazem necessários para atender às especificidades de cada uma das diferentes demandas.

Além dos itens programáticos acima listados, o referido documento, no item relacionado ao Programa, traz um zoneamento dos setores que compõem, de forma geral, os estabelecimentos penais, acrescido de sua subdivisão, os módulos, e a descrição funcional de cada um deles (figura 54).

| <b>Estabelecimento penal</b>           | Penitenciária | Colônia agrícola | Cadeia pública | Centro de observação | Casa do albergado | Serviço de atenção | Central de penas |
|----------------------------------------|---------------|------------------|----------------|----------------------|-------------------|--------------------|------------------|
| <b>Módulos</b>                         |               |                  |                |                      |                   |                    |                  |
| Guarda Externa                         |               |                  |                |                      |                   |                    |                  |
| Agente Penitenciário / Monitor         |               |                  |                |                      |                   |                    |                  |
| Administração                          |               |                  |                |                      |                   |                    |                  |
| Recepção/revista                       |               |                  |                |                      |                   |                    |                  |
| Centro observação / triagem / inclusão |               |                  |                |                      |                   |                    |                  |
| Tratamento Penal                       |               |                  |                |                      |                   |                    |                  |
| Vivência coletiva                      |               |                  |                |                      |                   |                    |                  |
| Vivência individual                    |               |                  |                |                      |                   |                    |                  |
| Serviços                               |               |                  |                |                      |                   |                    |                  |
| Saúde                                  |               |                  |                |                      |                   |                    |                  |
| Tratamento para dependentes químicos   |               |                  |                |                      |                   |                    |                  |
| Oficina de trabalho                    |               |                  |                |                      |                   |                    |                  |
| Educativo                              |               |                  |                |                      |                   |                    |                  |
| Polivalente                            |               |                  |                |                      |                   |                    |                  |
| Creche                                 |               |                  |                |                      |                   |                    |                  |
| Berçário                               |               |                  |                |                      |                   |                    |                  |
| Visita íntima                          |               |                  |                |                      |                   |                    |                  |
| Esportes                               |               |                  |                |                      |                   |                    |                  |

LEGENDA  Obrigatório  Facultativo  Desnecessário

Figura 53. Tabela síntese do Programa de Necessidades por estabelecimento penal. Fonte: Diretrizes básicas para arquitetura penal. Ministério da Justiça, 2011.

| SETORES                                                                                                                    | MÓDULOS                          | FUNÇÕES                                                                                                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>EXTERNO</b><br><br>Circulação de pessoas externas ao estabelecimento: visitas, guarda externa e pessoal administrativo. | Guarda externa                   | Vigilância externa da unidade.                                                                                        |
|                                                                                                                            | Agentes penitenciários           | Controle da entrada e saída de presos, visitantes, viaturas e da segurança interna.                                   |
|                                                                                                                            | Recepção e revista de visitantes | Controle da entrada e saída de pessoas, veículos, pertences e materiais.                                              |
|                                                                                                                            | Administração                    | Controle e administração, abriga a diretoria do estabelecimento e suas dependências administrativas.                  |
| <b>INTERMEDIÁRIO</b><br><br>Circulação de pessoas dos setores externo e interno.                                           | Triagem/Inclusão                 | Recebimento do preso quando de sua entrada no estabelecimento.                                                        |
|                                                                                                                            | Assistência à saúde              | Assistência médica, farmacológica, psicológica, entre outras especialidades, em caráter preventivo e curativo.        |
|                                                                                                                            | Tratamento penal                 | Avaliação e acompanhamento dos presos, devendo funcionar em conjunto com a equipe de saúde.                           |
|                                                                                                                            | Serviços                         | Integrado por: recepção de matéria-prima; cozinha; panificação; almoxarifado e lavanderia.                            |
| <b>INTERNO</b><br><br>Circulação exclusiva de pessoas presas e de funcionários.                                            | Polivalente                      | Destinado à prática de cerimônias e cultos religiosos, peças teatrais, atividades esportivas e visitas de familiares. |
|                                                                                                                            | Visitas íntimas                  | Destinado à visita íntima dos (as) esposos(as) ou companheiros(as).                                                   |
|                                                                                                                            | Ensino                           | Destinado às atividades de ensino formal, informal, profissionalizante e atividades da comunidade.                    |

QUADRO SETORES, MÓDULOS E FUNÇÕES (CONTINUAÇÃO)

| SETORES                                                                         | MÓDULOS                              | FUNÇÕES                                                                                                                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>INTERNO</b><br><br>Circulação exclusiva de pessoas presas e de funcionários. | Oficinas                             | Utilizado para favorecer os presos no desenvolvimento de competências para o convívio social e para o trabalho remunerado.                           |
|                                                                                 | Vivência coletiva                    | Espaços usados pelos presos em seu cotidiano, tais como: área coberta para refeitório, lazer, pátio de banho de sol etc.                             |
|                                                                                 | Vivência individual                  | Abrigo de presos em condição de oferecer risco para outros, além daqueles que, por lei, devem estar separados dos demais                             |
|                                                                                 | Berçário e creche                    | Atendimento às mulheres presas (gestantes ou não) e seus respectivos filhos(as), contemplando as necessidades específicas do público nesta condição. |
|                                                                                 | Serviço de atenção                   | Composto de unidades de acolhimento, acompanhamento e encaminhamento para serviços públicos de saúde mental.                                         |
|                                                                                 | Tratamento para dependentes químicos | Abrigo para os presos com dependência química em fase de atenção especial pela equipe de saúde.                                                      |
|                                                                                 | Esportes                             | Destinado a atividades esportivas, composto de uma quadra poliesportiva, com a previsão de um depósito para material desportivo e vestiários.        |

Figura 54. Zoneamento funcional dos setores e módulos. Fonte: Diretrizes básicas para arquitetura penal. Ministério da Justiça, 2011.



No que diz respeito à escolha do partido arquitetônico, entre as recomendações gerais do CNPCP, registradas no documento acima referido, estão:

- Planejar as ampliações dos estabelecimentos desde o início do projeto, para que as várias dependências possam vir a ser dimensionadas de acordo com a capacidade total a ser atingida;
- Planejar as construções de novos estabelecimentos penais de maneira a atender às demandas por novas vagas, sem prescindir de critérios que favoreçam a saúde mental e o conforto ambiental;
- Fazer uso de áreas verdes, visando humanizar o ambiente, sem deixar de lado as questões relacionadas à segurança;
- Considerar como unidade de vivência as alas celulares, que, além de celas, devem contar com áreas para lazer, refeitório e pátio;
- Evitar sobrecarga e superposição de fluxos em escadas e circulações por onde transitem pessoas presas;
- Evitar o uso de subsolos, por uma questão de salubridade;
- Caracterizar no projeto um zoneamento geral, que permita a organização de cada fluxo de circulação em particular;
- Interligar os blocos isolados, quando for o caso, por passarelas cobertas, fechadas lateralmente ou não, segundo o grau de segurança do estabelecimento;
- Ter um cuidado especial na escolha de elementos de composição e de fachada, devido à possibilidade de utilização dos mesmos como esconderijos para pessoas ou objetos;
- Evitar barreiras visuais que possam criar pontos cegos em áreas de segurança, tais como: muralhas, corredores de circulação, acessos e telhados etc.

Em relação especificamente às celas, entre as diretrizes básicas, estão as seguintes recomendações:

- Na cela individual (que pode abrigar até três pessoas), devem ser previstos cama e área de higienização pessoal com pelo menos lavatório e aparelho sanitário, além da circulação, sendo que o chuveiro pode ser instalado fora da cela em local determinado. Podem ainda ser projetados: mesa com banco, prateleiras, divisórias, entre outros elementos de apoio;
- A cela coletiva tem mesma função da individual, porém com capacidade para abrigar mais de uma pessoa presa simultaneamente.

A figura 55 mostra um quadro de valores a serem adotados no projeto arquitetônico, com base na capacidade das celas.

| CAPACIDADE<br>(Vaga) | ÁREA MÍNIMA<br>(m <sup>2</sup> ) | DIÂMETRO MÍNIMO<br>(m) | CUBAGEM MÍNIMA<br>(m <sup>3</sup> ) |
|----------------------|----------------------------------|------------------------|-------------------------------------|
| 1                    | 6,00                             | 2,00                   | 15,00                               |
| 2                    | 7,00                             | 2,00                   | 15,00                               |
| 3                    | 7,70                             | 2,60                   | 19,25                               |
| 4                    | 8,40                             | 2,60                   | 21,00                               |
| 5                    | 12,75                            | 2,60                   | 31,88                               |
| 6                    | 13,85                            | 2,85                   | 34,60                               |
| 7                    | 13,85                            | 2,85                   | 34,60                               |
| 8                    | 13,85                            | 2,85                   | 34,60                               |

Figura 55. Dimensões mínimas para as celas. Fonte: Diretrizes básicas para arquitetura penal. Ministério da Justiça, 2011.

Além do acima exposto, a Resolução nº 9/2011 trata de outras recomendações, que estão descritas, de forma resumidas, na figura 56.

| CRITÉRIOS                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| LOCALIZAÇÃO                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Facilidade de acesso;</li> <li>- Presteza das comunicações;</li> <li>- Conveniência socioeconômica: aproveitamento dos meios de transportes, rede de distribuição de água, esgoto, energia etc.; e das reservas hídricas, vegetais, minerais etc. disponíveis;</li> <li>- Não deverão ser construídos estabelecimentos penais em: zona central de cidade; bairro eminentemente residencial; locais sem acesso aos meios de transporte;</li> <li>- Devem ser evitados os terrenos muito acidentados, aterrados ou alagadiços.</li> </ul> |
| MUROS/<br>ALAMBRADOS                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Alambrados para cercar ou setorizar áreas internas, garantindo a visibilidade por parte dos agentes;</li> <li>- Muros ou alambrados para cercar os edifícios do conjunto;</li> <li>- Muros externos devem permitir a circulação de viaturas em todo seu perímetro;</li> <li>- Não poderá haver saliências ou reentrâncias na face interna dos muros.</li> </ul>                                                                                                                                                                         |
| RECUOS<br><br>Edifício Horizontal<br><br><br>Edifício vertical | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Muros – com presença de presos = 10,00 m; sem presença de presos = altura da barreira.</li> <li>- Alambrados – com presença de presos = 15,00 m; sem presença de presos = 10,00 m.</li> <li>- Muros – com presença de presos = <math>10,00 + (n5 - 2)/2</math>; sem presença de presos = <math>15,00 + (n-2)/2</math>.</li> <li>- Alambrados – com presença de presos = altura da barreira; sem presença de presos = <math>10,00 + (n-2)/2</math>.</li> </ul>                                                                           |
| TAXA DE<br>PERMEABILIDADE                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 3% nos imóveis com área entre 5 e 10 mil m<sup>2</sup>.</li> <li>- 5% nos imóveis com área entre 10 e 15 mil m<sup>2</sup>.</li> <li>- 10% nos imóveis com área superior a 15 mil m<sup>2</sup>.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| ACESSOS E<br>CIRCULAÇÕES                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Acesso único de pedestres e veículos, por portal específico mediante vistoria;</li> <li>- Na área prisional, a largura mínima de corredores com celas em uma de suas laterais é 2,00m; nos corredores com celas nas duas laterais é de 2,50m;</li> <li>- Nas passagens cobertas, que interligam os módulos, a largura mínima deve ser de 2,50m</li> </ul>                                                                                                                                                                               |
| CONFORTO<br>AMBIENTAL                                          | <p>A fim de se obter desempenho térmico adequado, deverão ser adotadas estratégias para aproveitamento de ventilação e de iluminação naturais. Para paredes e coberturas, deverá ser usado material adequado de acordo com as peculiaridades de cada região, prevendo-se a conveniente ventilação e proteção.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                |

## QUADRO CRITÉRIOS (CONTINUAÇÃO)

| CRITÉRIOS             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ESQUADRIAS            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- As portas das celas, quando não forem de grade, deverão possuir visor(es) com comando(s) de abertura, que possibilite(m) uma melhor visualização de seu interior e de suas instalações;</li> <li>- As portas das celas deverão sempre abrir para fora e todas em um só sentido, podendo também ser corrediças.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Deverá ter iluminação artificial em todas as dependências do estabelecimento, bem como gerador de emergência;</li> <li>- A iluminação artificial externa deverá ser executada da periferia para o interior ou da parte superior para a inferior;</li> <li>- Os postes de iluminação deverão ter altura mínima equivalente ao dobro da cumeeira da cobertura dos telhados e permitir total iluminação das fachadas, pátios e coberturas;</li> <li>- Os serviços das celas, como iluminação artificial, descarga dos vasos, chuveiros, poderão contar com comando externo centralizado;</li> <li>- As luminárias das celas e corredores podem ficar embutidas no forro, vedado o acesso por parte do usuário;</li> <li>- A manutenção das luminárias das celas poderá ser feita por meio de alçapão situado sobre a carceragem ou por outra solução arquitetônica.</li> </ul> |

Figura 56. Outras diretrizes gerais. Fonte: Diretrizes básicas para arquitetura penal. Ministério da Justiça, 2011

Segundo Suzzan Cordeiro (2014), com a nova resolução surgiu uma perspectiva mais inovadora e integrada em relação aos aspectos relacionados à segurança, inclusão social, direitos humanos e sustentabilidade econômica, social e ambiental, o que implica uma reflexão mais aprofundada sobre a concepção dos estabelecimentos penais.

Por outro lado, ainda de acordo com a autora, é preciso que a estrutura construída impeça a subversão, ou seja, a produção de “armas com as feragens, que são transformadas em “espetos”. Ou seja, as especificações técnicas necessitam ter características de alta resistência contra o vandalismo

(2014, s.n.).

Infelizmente, as características técnicas e construtivas dos estabelecimentos penais não são contempladas nas diretrizes básicas oficiais voltadas a esse tipo de edificações. Aliás, as informações técnicas sobre o projeto de estabelecimentos penais, capazes de subsidiar o processo de projeto, são bastante reduzidas. De acordo com Augusto Esteca, “a lacuna do conhecimento arquitetônico penal é comprovada pelo material bibliográfico: escasso, disperso, generalista e superficial” (2017, p. 6).

Os instrumentos técnico-normativos não fornecem um método para a organização do espaço prisional no que diz respeito à articulação dos diversos componentes do programa arquitetônico. A maioria dos documentos não trata da composição espacial da prisão como um todo, mas de partes ou componentes [...] de certo modo, ocorre um descolamento entre os processos intermediários da atividade penal e a composição arquitetônica. Como resultado, o edifício penal é tratado do ponto de vista geométrico, ignorando o funcionamento do estabelecimento penal (ESTECA, 2017, p. 91).

Para Sheila Ornstein (1991), além de as regras técnicas definidas pelo Ministério da Justiça serem basicamente as únicas referências sobre o tema no país, não há sobre elas qualquer avaliação. Marcos Rolim (2005), por outro lado, afirma que “quando muito, os arquitetos recebem como ‘orientação’ algumas normas básicas de segurança a serem observadas” (apud ESTECA, 2017, p. 6).

## FINANCIAMENTO DA EDIFICAÇÃO PENAL

Os tipos de fomentos definidos pelo Ministério da Justiça, por intermédio do Departamento Penitenciário nacional dividem-se em: i) Programa Nacio-

nal de Apoio ao Sistema Prisional (Pnasp); ii) Fundo Penitenciário Nacional (Funpen); e iii) Funções, agentes e sistemas.

Lançado em 2011 pelo Ministério da Justiça, o Pnasp teve por objetivo principal reduzir o número de presos provisórios e eliminar o déficit de vagas femininas. Segundo Sodré (2017), em 2017, este Programa contava com 84 contratos vigentes, sendo que o Depen possuía outros vinte contratos ativos de programas anteriores ao Pnasp, tendo sido prevista, na época, a criação de cerca de 42 mil novas vagas.

Recursos do Pnasp foram distribuídos entre unidades da federação, proporcionalmente ao déficit de vagas informado pelo Sistema Integrado de Informações Penitenciárias (Infopen)<sup>20</sup>, plataforma de informações estatísticas do sistema penitenciário brasileiro. Para a operacionalização do referido programa, o Depen atua, entre outros, em parceria com a Caixa Econômica Federal, como representante da União.

Segundo Sodré (2017), nos contratos de repasse relativos aos projetos de obras apresentados pelas unidades da federação, cujas informações são acessíveis aos cidadãos via *internet*, a análise do Depen baseia-se na Resolução nº 09/2011, do CNPCP, que estabelece as Diretrizes Básicas para Arquitetura Penal no Brasil.

O Funpen foi criado, no âmbito do Depen, pela Lei Complementar nº 79, de 7 de janeiro de 1994, “com a finalidade de proporcionar recursos e meios para financiar e apoiar as atividades e os programas de modernização e aprimoramento do sistema penitenciário nacional” (FUNPEN, 2019).

---

<sup>20</sup> O Infopen foi criado, em 2004, em substituição ao SisDepen

O Funpen tem como finalidades, entre outras: dar suporte à construção e ampliação de estabelecimentos penais; contribuir com a formação, o aperfeiçoamento e a especialização do serviço penitenciário; possibilitar a aquisição de material permanente, equipamentos e veículos necessários ao funcionamento dos estabelecimentos penais; investir na formação educacional e cultural do preso e do internado; promover a manutenção dos serviços dos estabelecimentos penais federais.

De acordo com Sodré (2017), a transferência dos recursos do Funpen para as unidades da federação foi regulamentada pela Portaria nº 1.414, de 26 de dezembro de 2016, e pela Portaria nº 72/2017, de 18 de janeiro de 2017, do Ministério da Justiça. O processo de análise das propostas apresentadas pelas unidades da federação, para efeito de uso dos recursos do Funpen, é semelhante ao do Pnasp, sendo que os trâmites, antes realizados pela Caixa Econômica Federal, são realizados pelo Depen.

**Descontingenciamento pelo STF do FUNPEN** através da medida cautelar na Arguição de Descumprimento de Preceito Fundamental nº 347, em que deferiu a cautelar para determinar à União que libere o saldo acumulado do Fundo Penitenciário Nacional para utilização com a finalidade para a qual foi criado, abstendo-se de realizar novos contingenciamentos.

**Lei nº 13.500**, de 26 de outubro de 2017, que insere o texto: “§ 6º É vedado o contingenciamento de recursos do Funpen”.

Além do Programa Nacional de Apoio ao Sistema Prisional e do Fundo Penitenciário Nacional, o Depen presta auxílio técnico para as unidades da federação, sendo avaliado e/ou auxiliado pelo CNPCP, pela Controladoria-Geral da União (CGU) e por outros órgãos públicos especializados em áreas

relevantes, como saúde, educação etc. No que se refere à construção de unidades prisionais, cabe destacar o Projeto Referência de Cadeia Pública que, fornecido às unidades da federação interessadas, é integrado por seis projetos, de unidades femininas e masculinas, considerando as diferentes zonas bioclimáticas do país (SODRÉ, 2017).

### CADEIA PRODUTIVA DA EDIFICAÇÃO PENAL

De acordo com a Resolução nº 09/2011, as edificações devem ser projetadas de modo a atender aos requisitos necessários ao custo da construção, considerando-se também o material a empregar objetivando a redução de despesas com a manutenção e o funcionamento. Ainda segundo esse documento,

[...] deve-se ter consciência da importância que tem a definição de uma linha de projeto que poderá vir a facilitar a administração e a manutenção do edifício proposto e, conseqüentemente, influir no comportamento das pessoas que dele fazem uso. É fundamental favorecer as instalações com um mínimo de conforto, procurando soluções viáveis que permitam o grau de segurança necessário (CNPCP, 2011, p. 27).

As novas demandas impostas às edificações penais implicaram o surgimento de uma tecnologia adequada à elaboração de projetos, de modo a evitar, de maneira eficiente, as falhas e lacunas decorrentes da complexidade de suas funções. As novas demandas e exigências sociais, decorrentes de mudanças de padrão cultural e organizacional, que por sua vez interferem nos valores e costumes a cultura da sociedade, implicam o desenvolvimento de novas tecnologias voltadas à construção e também ao projeto de edificações penais.



De acordo com Marcus Vinícius Sodré (2017), o desenvolvimento desse processo acontece no âmbito da cadeia auxiliar, por meio de pesquisas desenvolvidas em universidades, centros de pesquisa, empresas de consultoria etc., alimentando as cadeias de processos e de suprimentos. Assim, ao impor à cadeia suprimentos novos e avanços tecnológicos, a cadeia auxiliar torna-se a responsável por abastecer os sistemas construtivos de novos elementos e componentes.

Ainda segundo Sodré (2017), a cadeia produtiva de edificações penais não possui uma conceituação definitiva. Devido à complexidade funcional dessas edificações, essa cadeia caracteriza-se como um conjunto de ações sequenciadas, organizadas por meio da separação de funções; do estabelecimento de hierarquias; da definição de ritmos e prazos; e dos procedimentos e processos burocráticos em todas as etapas.

O que dificulta ainda mais a conceituação dessa cadeia produtiva é a falta de uma integração eficiente entre os agentes, públicos e privados, nela envolvidos. Aliado a isso, está a complexidade da produção das edificações, que impede um planejamento sistemático das etapas e insumos que integram essa cadeia, e também a falta de avaliação e revisões das diretrizes básicas que orientam essa produção.

Apesar dos constantes debates sobre as políticas penitenciárias nos campos social e econômico, “pouco se tem avançado no que diz respeito à produção dos estabelecimentos prisionais, cujo planejamento, construção e arquitetura impactam aspectos sociais, econômicos e ambientais” (SODRÉ, 2017, p. 13)

Segundo Sodré (2017), entre as ações relevantes para o desenvolvimento

da cadeia produtiva de edificações penais, é possível citar o Sistema Construtivo Penitenciário (Siscopen), cujo projeto, apresentado no Congresso Nacional de Segurança Pública (Conasp) ocorrido em Maceió em 2008, visava ao desenvolvimento de novas propostas e tecnologias para o espaço penitenciário.

O Siscopen é um conjunto indivisível formado de componentes interligados entre si, muitas vezes constituindo subsistemas, um dependendo do outro para cumprir sua função [...] Os componentes básicos do Siscopen são monoblocos modulados que constituem uma família de doze modelos diferenciados, projetados de tal forma que cada um assuma uma função específica no âmbito do projeto penitenciário global. A família de monoblocos industrializados é produzida industrialmente (pré-fabricados) utilizando materiais e processos avançados como o concreto de alto desempenho CAD, e o concreto reforçado com fibra de vidro GRC, além de produtos e materiais complementares especiais, não existentes no mercado nacional (ESTECA & GREVEN, 2008, p. 4-6).

Ainda de acordo com Sodré (2017), nos últimos anos, têm ocorrido diversas feiras anuais de exposição de tecnologias que, voltadas à defesa e segurança, incluem apresentações de desenvolvimentos e ofertas de equipamentos, serviços e sistemas de segurança aplicáveis aos edifícios penitenciários<sup>21</sup>.

De acordo com a Resolução nº 0001/20, o Conselho Consultivo do Parque Científico e Tecnológico da Universidade de Brasília (PCTec/UnB), tem como missão “[...] desenvolver e gerar conhecimentos e novas tecnologias em benefício da sociedade, em parceria com instituições e empresas públicas e privadas, nacionais e internacionais, promovendo assim o desenvolvimento

<sup>21</sup> Entre esses eventos podem ser citados: i) *LAAD Defence & Security* – Feira Internacional de Defesa e Segurança; ii) *Exposec* – Feira Internacional de Segurança Pública; iii) *Interseg* – Feira Internacional de Tecnologia, Serviços e Produtos para Segurança Pública, promovida pela; iv) *Fisp* – Feira Internacional de Segurança e Proteção; v) *ISC Brasil – International Security Conference & Exposition*; vi) *Infofair* – Feira de Tecnologia da Informação, Segurança Eletrônica e Inovações.

socioeconômico do País”. Integrado ao Pisac, uma plataforma tecnológica do PCTec, foi criado o Nuesp, no âmbito da UnB, que, integrando linhas e trabalhos de pesquisa, ensino e extensão, tem como objeto de estudos a cadeia produtiva de edificações penais.

Esse núcleo de pesquisas, que trabalha na construção de informações capazes de subsidiar o desenvolvimento da cadeia produtiva de edificações penais e na produção de modelos de ressocialização de egressos penitenciários, atua em diferentes frentes: i) socioeconômica, na avaliação de impactos sociais e econômicos das metas penitenciárias; ii) políticas penitenciárias, nos estudos capazes de dar respostas à ampliação da demanda por novas vagas e no atendimento da diversidade penitenciária; iii) administração penitenciária, no suporte técnico aos planos e projetos arquitetônicos padronizados; iv) sistema penitenciário, no estudos do equilíbrio entre a estrutura física existente e a projetada; e v) modelo prisional, no estudos para a otimização operacional e humanização do cotidiano prisional, alicerçada na correta aplicação da pena e na valorização dos usuários da edificação penal.

O Nuesp está filiado ao Pisac<sup>22</sup> que, coordenado pelo Laboratório do Ambiente Construído, Inclusão e Sustentabilidade (Lacis), foi criado com os objetivos de: promover o desenvolvimento de produtos e processos inovadores na área da construção civil, capazes de contribuir para a sustentabilidade ambiental e econômica de empreendimentos; realizar estudos de viabilidade econômica; identificar e conceber modelos de redes de cooperação técnica científica, entre outros.

O Nuesp visa ao desenvolvimento da cadeia produtiva de edificações pe-

---

<sup>22</sup> Intermediada pela Universidade de Brasília, o Pisac é resultado de uma parceria, entre o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) e o grupo britânico Building Research Establishment (BRE).

nais dentro de uma ampla perspectiva do sistema jurídico-penal, de modo a contribuir para a correta aplicação da pena e com o respeito à condição humana. Além da UnB e de outras universidades, o Nuesp, que possui abrangência nacional, tem como beneficiários, entre outros: a cadeia produtiva da indústria da construção; a cadeia produtiva de edificações penais; os usuários de edificações penais; os pesquisadores e profissionais nas áreas pertinentes ao projeto; e os alunos de graduação e pós-graduação.

Apesar dos esforços acima descritos, que vêm subsidiando as pesquisas no campo específico da cadeia produtiva das edificações penais, ainda há um longo caminho a ser percorrido para garantir o correto cumprimento das penas e, sobretudo, a humanização dos espaços prisionais no Brasil.

As políticas vinculadas ao sistema penitenciário têm estabelecido diretrizes para a criação de conjuntos tecnológicos apropriados, voltados ao atendimento dos programas de necessidades das edificações penais. No entanto, segundo Blumenschein (2004), ao situar a arquitetura penal na cadeia produtiva da indústria da construção, com o intuito de caracterizar os fatores de inovação responsáveis pela mudança dos paradigmas tecnológicos, percebe-se que não há uma avaliação prévia desses paradigmas, ou seja, antes da identificação dos agentes e dos recursos tecnológicos.

Quanto aos agentes, Esteca (2017) considerou alguns vetores de influência no processo de inovação: o líder empreendedor, o mercado e a demanda. Ainda segundo o autor, o principal agente da construção de edificações penais, definido como líder empreendedor, é o Ministério da Justiça. Segundo a Lei nº 7.210, de 11 de julho de 1984 (LEP), o Depen, vinculado a este Mi-

nistério, é o órgão executivo da política penitenciária nacional e, portanto, responsável pela criação de diretrizes para a concepção da edificação penal e pela assistência técnica para a construção de estabelecimentos penais.

Assim sendo, o Ministério da Justiça teria poder de influenciar os processos de inovação. No entanto, visando atender minimamente às demandas do sistema penal, ou seja, aumentar o número de vagas com o menor custo possível, elaboram-se editais de licitação com a modalidade de concorrência pelo menor preço, o que não somente compromete a qualidade de produtos e serviços, como torna evidente a falta de pesquisa e incentivo à inovação.

Com base no Manual do Oslo (OCDE, 1997), deduz-se que qualquer melhoria no desempenho do Ministério da Justiça exige mudanças em produtos e processos, ou seja, novos conhecimentos. No campo da arquitetura penal, a reabilitação do setor técnico depende de uma série de ações encadeadas, vinculadas a condições políticas e administrativas favoráveis. No entanto, como o Ministério da Justiça não se habilita como um órgão inovador, não encontra motivos para investir na área técnica, pois desconhece a interface da arquitetura com a penalogia, assim como, o papel e a importância da arquitetura no âmbito penitenciário (ESTECA, 2017, p. 6).

Além disso, as Diretrizes Básicas para a Arquitetura Penal elaboradas pelo CNPCP, voltadas fundamentalmente ao detalhamento de questões relativas à segurança, “não abordam, ou abordam superficialmente, outros temas centrais para a Arquitetura Penitenciária, como o planejamento, a construção, o conforto, o impacto ambiental e a sustentabilidade do edifício” (ESTECA, 2010, p. 130).

Abordar a inovação no sistema penitenciário, ou mais precisamente na produção de edificações penais, significa mergulhar em uma cadeia de produ-

ção complexa e bastante específica, ainda não totalmente estruturada.

Uma das causas da complexidade da cadeia produtiva de edificações penais deve-se ao fato de que os elos desta cadeia englobam diversas formas de atuação, sendo que cada um de seus agentes e participantes age de acordo com suas leis, normas, restrições, exigências, responsabilidades, deveres etc. (figura 57). Com isso, a conexão interdisciplinar entre esses agentes e participantes interfere diretamente, positiva ou negativamente, no desenvolvimento de toda a cadeia, podendo potencializar ou comprometer etapas e processos.

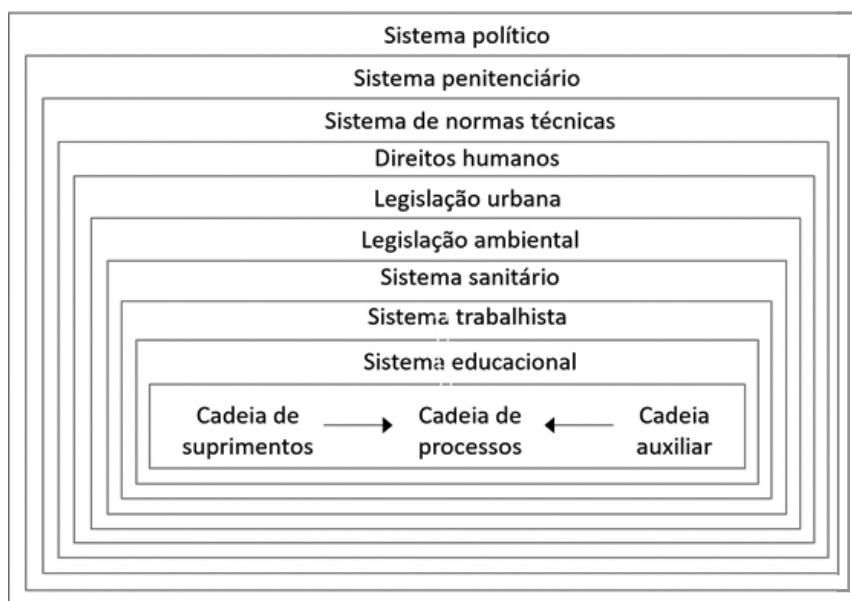


Figura 57. Complexidade da cadeia produtiva das edificações penais. Blumenschein, 2004 (adaptado).

A cadeia produtiva de edificações penais tem como foco a redução do tempo de execução das obras; a diminuição dos gastos sobre o custeio de pessoal; o aumento da eficiência dos sistemas de segurança e operação; e a atuação sobre as diferentes instâncias do sistema penitenciário – socio-econômica, política, administrativa, arquitetônica. Para tanto, engloba os setores de: produção e fornecimento de materiais e insumos; serviços de processamento, armazenamento e distribuição; serviços de apoio, como assistência técnica, gerenciamento, planejamento etc.

A exemplo da cadeia produtiva da indústria da construção, ao conceito de cadeia da edificação penal vinculam-se seus vários setores, agentes, processos, insumos, componentes e sistemas, presentes desde o planejamento até a tomada de decisão. Esta cadeia também é integrada por três elos industriais básicos, a saber: cadeia de suprimentos, referente à produção de materiais, insumos e componentes; cadeia de processos, responsável pela construção das edificações penais e pelos serviços de manutenção, expansão e demolição; cadeia auxiliar, que diz respeito, entre outros, ao gerenciamento financeiro, aos projetos arquitetônicos, ao desenvolvimento tecnológico, ao transporte (figura 58).

## CADEIA DE SUPRIMENTOS

A cadeia de suprimentos é integrada por empresas de: extração de recursos naturais, como areia, terra, brita, rochas, calcário, ferro, madeira, barro, petróleo etc.; indústrias, que usam essa matéria-prima para a produção de materiais, componentes e equipamentos. No seu conjunto essas empresas são responsáveis pelo fornecimento de insumos, pela produção industrial e pelo transporte de produtos e equipamentos utilizados na ca-

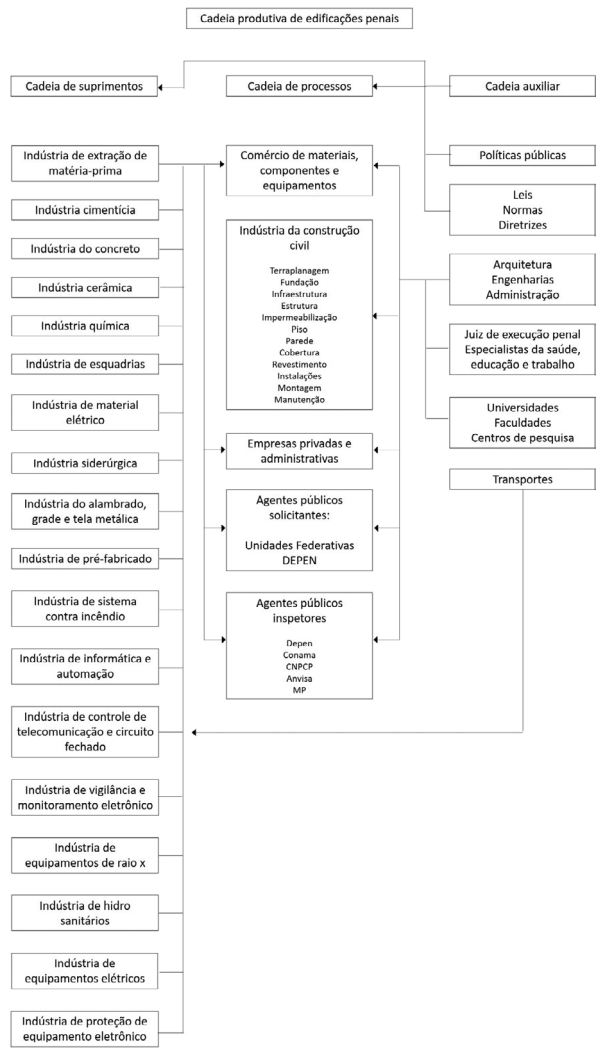


Figura 58. Cadeia produtiva das edificações penais. Fonte: Blumenschein, 2004 (adaptado).



deia de produção de edificações.

Em relação às diferenças entre os mercados de produtos, as indústrias que integram a cadeia de suprimentos, podem ser divididos em três grupos: “A primeira extrai, transporta, trata e fornece a matéria-prima; a segunda fabrica os materiais, componentes, sistemas construtivos e equipamentos; a terceira fiscaliza, qualifica e fornece os produtos para a comercialização” (SODRÉ, 2017, p. 26).

A escolha dos suprimentos para a produção de equipamentos penais deve levar em conta as diretrizes referentes já mencionadas anteriormente. A estrutura e os suprimentos de um sistema de segurança deve estar de acordo com o nível de periculosidade dos detentos e a integridade da edificação penal.

Além da geometria e dos *layouts* internos, constituem parte importante da arquitetura segura os detalhes e as especificações dos materiais, que integram a cadeia de suprimentos, como: grades metálicas; portas e janelas resistentes com dobradiças corridas; trancas com ferrolhos duplos, cadeados protegidos dentro de caixas de ferro; instalações revestidas; sistemas contra fugas e depredações; instalações e equipamentos hidrossanitários de material plástico, concreto ou aço inoxidável, sem parafusos aparentes; localização das descargas dos vasos sanitários fora das celas, com acionamento por botoeiras; instalação de chuveiros pequenos, altos e sem parafusos ou no teto; mobiliários de concreto ou aço inox; luminárias, câmeras e alarmes com grade protetora; pisos resistentes e laváveis; muros sem saliências ou reentrâncias na face interna; componentes de

concreto sem armadura ou com cobrimento espesso; placas de aço nos pisos; paredes lisas etc. (SODRÉ, 2017).

A cadeia produtiva de edificações penais apresenta especificidades em cada um de seus elos, e as atitudes tomadas em um elo podem determinar as ações a serem tomadas em outro elo. Por exemplo “a cadeia de suprimentos, com seu amplo mercado, depende da cadeia de processos e de decisões previamente tomadas pela cadeia auxiliar” (SODRÉ, 2017, p. 30).

## CADEIA PRINCIPAL OU DE PROCESSOS

A cadeia de processos, que integra os agentes responsáveis pela construção dos estabelecimentos penitenciários, tem como produto final uma obra de arquitetura e engenharia. Este produto, por sua vez, é composto por espaços, matérias, componentes e sistemas destinados a atender às diretrizes legais, ao programa de necessidades e às características dos diferentes tipos de unidades penais, tais como: penitenciária, colônia agrícola ou industrial, casa do albergado, cadeia pública, hospital de custódia e tratamento psiquiátrico, centrais de penas e medidas alternativas.

Além de atenderem às Diretrizes Básicas para Arquitetura Penal, no que diz respeito aos aspectos de segurança, requisitos exclusivos desse tipo de equipamento, os processos de produção dessas unidades devem levar em conta a redução máxima dos gastos. Apesar dessas restrições, algumas construtoras podem utilizar equipamentos e ferramentas mais sofisticados e propor diferentes sistemas construtivos, o que implica variações de custos e prazos, promovendo o desenvolvimento tecnológico e garantindo maior qualidade do produto.

Tanto durante a produção de partes da obra – terraplanagem, fundação, estrutura, vedação etc. – como da edificação penal em sua totalidade, é na cadeia de processos que se dá a integração entre os elos e agentes da cadeia produtiva de edificações penais. Entre estes agentes estão: os órgãos públicos, federais, estaduais e municipais; as empresas administrativas<sup>23</sup>; as construtoras; os fornecedores de produtos<sup>24</sup> etc. (quadro da figura 59).

| AGENTES                                             | FUNÇÕES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Órgãos Públicos                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Demandante</li> <li>- Financiamento</li> <li>- Planejamento</li> <li>- Indicação de localização</li> <li>- Disponibilização do terreno</li> <li>- Programa de necessidades</li> <li>- Fiscalização</li> </ul>                                                                                                                                                                      |
| Empresas administrativas* (privadas)                | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Administração do sistema penitenciário da edificação</li> <li>- Construção e projeto (esporadicamente)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Construtoras ou Empreiteiras                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Construção de parte ou da totalidade da edificação, reforma</li> <li>- Comercialização (terceirização) de serviços de: planejamento, construção, instalações, manutenção, serviços de transporte de cargas, materiais, equipamentos, componentes e sistemas construtivos etc.;</li> <li>- Responsabilidade técnica em relação à segurança e à durabilidade do edifício.</li> </ul> |
| Fornecedores de insumos ou produtos ou comerciantes | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Provisão dos materiais e componentes necessários à execução da obra</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

Figura 59. Cadeia de processos: agentes e funções.

<sup>23</sup> “Apesar da semelhança com empresas incorporadoras, estas empresas administrativas cobram separadamente pelos serviços de construção (custo por edifício construído) e administrativos (custo por número de detentos)” (SODRÉ, 2017, p. 19).

<sup>24</sup> “Devido à existência de um órgão público como agente financiador e uma demanda a atender, os fornecedores passam por processos burocráticos de licitações em que devem fechar contratos para o comércio preciso de produtos, serviços e recebimento da verba pública destinada a tal aquisição” (SODRÉ, 2017, p. 19).



Figura 59. Cadeia de processos: agentes e funções.

## CADEIA AUXILIAR

A cadeia auxiliar desempenha um importante papel na cadeia produtiva de edificações penais, tendo em vista ser responsável pelas decisões em relação à execução de processos e pelas soluções em prol do seu desenvolvimento. Por meio de seus produtos – planejamento, gerenciamento, projeto, estudo e pesquisa – são estabelecidas as escolhas e especificações de materiais, componentes, sistemas/processos construtivos, tecnologias e custos, fatores que definem as características e a qualidade da cadeia produtiva e da própria edificação penal.

Composta por agentes e processos que alimentam o desenvolvimento das

cadeias de processos e de suprimentos, a cadeia auxiliar tem como seus principais elos: o Depen, o CNPCP, as unidades federativas, as empresas administrativas especializadas, as universidades e os centros de pesquisas. A figura 61 mostra os agentes, suas respectivas funções e o momento em que cada um deles atua e a figura 62 demonstra a integração entre as áreas de conhecimento e apoio na cadeia auxiliar.

| AGENTES <sup>25</sup>                                                  | ATUAÇÕES                                                                                   |
|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| Presidência da República/Ministério da Justiça/Depen/ CNPCP            | Definir as políticas, os suprimentos de recursos e as diretrizes/estratégias de construção |
| Unidades da Federação                                                  | Apresentar propostas de construção, ampliação e reforma                                    |
| Depen                                                                  | Avaliar os projetos arquitetônicos                                                         |
| Caixa Econômica Federal                                                | Atuar como mandatária da União nos Instrumentos de                                         |
| Unidades da Federação                                                  | Repasses celebrados mediante transferências voluntárias                                    |
| Caixa Econômica Federal, Depen, Casa Civil da Presidência da República | Supervisionar o andamento dos contratos e acompanhar as obras                              |

Figura 61. Organograma de agentes e poderes da Cadeia Auxiliar. Fonte: Sodré, 2017 (adaptado).

Vinculada à Diretoria Executiva(Direx), a Coordenação-Geral de Modernização da Engenharia e Arquitetura Prisional (CGMEAP) é responsável pelo acompanhamento das obras de unidades prisionais fomentadas pelo Depen com recursos do Funpen.

Segundo Esteca (2010), as deficiências da Coena têm comprometido o apoio técnico que a Administração Penitenciária Nacional deveria pres-

<sup>25</sup> No âmbito de suas competências, outras instituições, como Ministério Público (MP), Tribunais de Justiça, Controladoria Geral da União (CGU) e Tribunal de Contas da União (TCU) também realizam o acompanhamento dos trâmites legais e das obras.

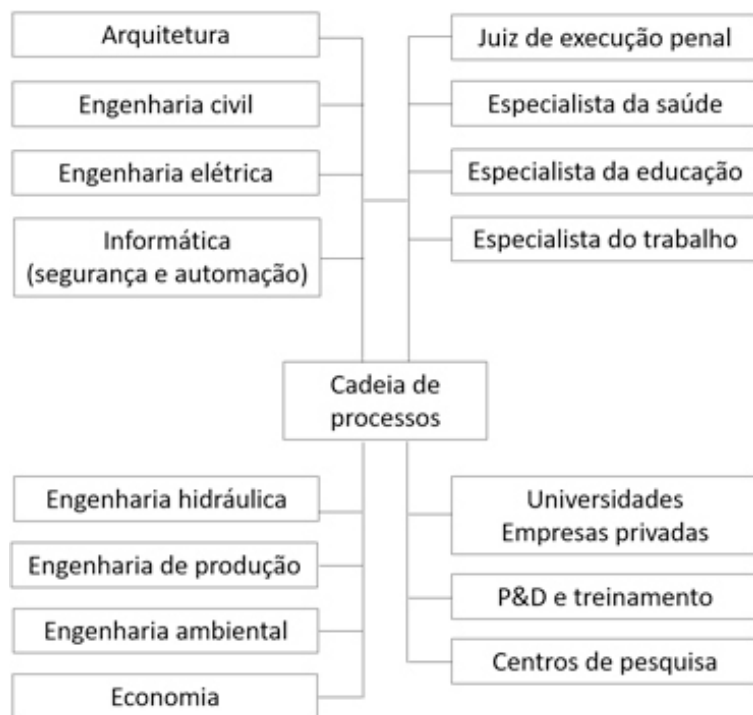


Figura 62. Integração entre as áreas de conhecimento e apoio inseridos na cadeia auxiliar. Fonte: Minto, 2002, *apud* Blumenschein, 2004

tar às unidades federativas, o que tem sido compensado, em parte, pelo progressivo detalhamento das regras técnicas realizado pelo CNPCP e, em parte, pela disponibilização (por parte do Depen) de projetos arquitetônicos padronizados.

A incapacidade técnica das equipes e a politização da máquina governamental no planejamento dos governos sofrem e, ao mesmo tempo, potencializam a ingerência de natureza política e econômica em questões estri-

tamente técnicas de definição do espaço arquitetônico penitenciário [...] a Administração Penitenciária solicita ou determina que certos aspectos dos projetos, das normas ou das políticas sejam reorientados, definindo, arbitrariamente, aspectos do edifício penitenciário, muitas vezes incoerentes ou incorretos (ESTECA, 2010, p. 113).

Além disso, as discordâncias e incoerências entre os diferentes agentes das esferas federal e estaduais prejudicam o desempenho das instâncias técnicas, responsáveis por administrar os recursos para o desenvolvimento dos processos afetos à construção, manutenção e reforma dos estabelecimentos prisionais.

Na verdade, as políticas públicas brasileiras não somente têm contribuído para retardar o desenvolvimento das equipes técnicas de gerenciamento, planejamentos e projetos de edificações penais, como têm subestimado a importância do incentivo aos projetos e pesquisas técnicas e científicas.

Com isso, a cadeia produtiva de edificações penais tem apresentado mudanças pequenas e lentas, que se restringem, via de regra, a rearranjos de sistemas operacionais e padrões construtivos ultrapassados, gerando espaços mal dimensionados e mal avaliados, que não apontam para uma evolução tecnológica significativa capaz de imprimir melhorias ao desempenho dos estabelecimentos produzidos. “Ao ignorar o papel da Arquitetura Penitenciária, a Administração Penitenciária passa a encarar o projeto arquitetônico apenas como mais uma etapa burocrática a ser vencida para a construção de um estabelecimento” (ESTECA, 2010, p. 112).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A coletânea “Teoria e Prática da Arquitetura Penal”, organizada em cinco volumes, representa um esforço conjunto do Nuesp, vinculado ao Pisac/UnB, para transformação do ambiente construído, na forma de uma compilação de pesquisa, ensino e prática sobre o projeto e a cadeia produtiva da edificação penal, que, em uma abordagem ampla, constitui uma contribuição pioneira de estudos sobre uma área tão específica.

Inicia-se com a evolução do sistema jurídico-penal e das edificações penitenciárias, da Antiguidade à contemporaneidade. Depois, faz-se um apanhado das transformações das edificações penais no Brasil, determinadas pelas mudanças no sistema jurídico-penal. Em seguida, trata-se da evolução do processo dos projetos voltados às especificidades desses espaços, inclusive no âmbito tecnológico, passando para a prática do ensino de edificações penitenciárias na disciplina de “Projeto Arquitetônico 6 – Funções Complexas” da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília (FAU/UnB). Por fim, fechando o ciclo, apresenta-se um esforço de sistematização de toda informação disponível sobre a evolução e a configuração da cadeia produtiva da indústria da construção, chegando finalmente à edificação penal.

É importante destacar que, ao longo dos anos de teoria e prática da arquitetura penal, constatarem-se lapsos no campo técnico-científico, além da subjetividade e informalidade oriunda da falta de conhecimento da realidade prisional e da falta de alinhamento entre os condicionantes político-legais, operacionais e funcionais desses espaços.

As principais motivações, que continuam impulsionando o avanço desses estudos, resultam da aproximação dos grupos de estudos, pesquisadores



e professores do Pisac com esses ambientes, e do entendimento do importante papel que os estabelecimentos penitenciários deveriam desempenhar na sociedade, o qual não é devidamente cumprido. A obsolescência e pouca eficiência dos espaços arquitetônicos, sendo que muitos dos quais não conseguem atender às exigências legais, de segurança, de operacionalização ou de custo, além de não satisfazerem de forma eficaz ao requisito de humanização das penas.

Com a expectativa de fortalecer processos, contribuir com a celeridade e com o aprimoramento da produção dos espaços prisionais, esta obra reconstitui o conhecimento específico da arquitetura penal, com o diálogo entre penalogia, processo de projeto e concepção arquitetônica. Conhecer a teoria e prática das edificações penais em toda sua complexidade é o primeiro passo para avançar nessa temática, criando oportunidades para o desenvolvimento de programas e políticas voltadas à inovação, produtividade, qualidade e sustentabilidade da arquitetura penal.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDI – AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (Brasil). **Manual da construção industrializada**. Brasília, DF: ABDI, 2015.

AMORIM, Sérgio Leusin. Inovações tecnológicas nas edificações: papéis diferenciados para construtores e fornecedores. **Gestão & Produção**: revista do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, v. 3, n. 3, p. 262-274, dez. 1996.

BARBIERI, José Carlos. **Produção e transferência de tecnologia**. São Paulo: Ática, 1990.

BENEVOLO, Leonardo. **História da Arquitetura Moderna**. São Paulo: Perspectiva, 2001.

BARROS, Mércia Maria Bottura. **Metodologia para implantação de tecnologias construtivas racionalizadas na produção de edifícios**. 1996. Tese (Doutorado Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

BERNARDES, Cláudio *et al.* **Qualidade e custo das não conformidades em obras de construção civil**. 1. ed. São Paulo: Pini, 1998.

BIM-MEPAUS. Construction Innovation Forum. Melbourne, jul/ago 2014. Criado em 1989, este fórum tem como objetivo incentivar inovações nas diversas áreas da indústria da construção. Disponível em: <https://bit.ly/3luJyGy>.

BLACHÈRE, Gérard. **Tecnologías de la construcción industrializada**. Barcelona: Gustavo Gili, 1977.

BLUMENSCHIN, Raquel Naves. **Three studies of innovation in the construction industry**. 1989. Dissertação (Mestrado em Economia e Adminis-

tração Aplicadas à Indústria da Construção) – Bartlett School of Architecture and Planning, University College London, Londres, 1989.

\_\_\_\_\_. **A Sustentabilidade na Cadeia Produtiva da Indústria da Construção**. Tese de Doutorado. Brasília: Unb/CDS, 2004.

BRANCHINI, Odécio J. G. A ISO 9000: 2000 sem mistérios ou segredos. **Revista Banas Qualidade**, São Paulo, ano XI, n. 117, p. 18-21, fev. 2002.

BAPTISTA JUNIOR, Joel Vieira; ROMANEL, Celso. Sustentabilidade na indústria da construção: uma logística para reciclagem dos resíduos de pequenas obras. **Urbe: Revista Brasileira de Gestão Urbana** [online], Curitiba, v. 5, n. 2, p. 27-37, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.7213/urbe.05.002.SE02>.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Habitação. Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat. **Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil (SiAC)**. Brasília, mar. 2005. Disponível em: <https://bit.ly/3kAJOT2>.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **Relatório de resultados: cadeia produtiva da indústria da construção – Fórum de Competitividade: diálogo para o desenvolvimento**. Brasília, 2002.

\_\_\_\_\_. **Documento básico dos fóruns**. Brasília: Secretaria do Desenvolvimento da Produção, 2000.

\_\_\_\_\_. **Diálogo para Desenvolvimento – Fórum de Competitividade**. Brasília: Secretaria do Desenvolvimento da Produção, 2003.

\_\_\_\_\_. **Relatório de resultados: cadeia produtiva da indústria da construção – Fórum de Competitividade: diálogo para o desenvolvimento**. Brasília:

MDIC, 2002.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento de Transformação e Tecnologia Mineral – Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral.

BRE GLOBAL. **About BRE Global**. Disponível em: <https://www.bregroup.com/about-us/bre-global/> .

BREEAM. Disponível em: <https://www.breeam.com/>.

BRIER, Robert. Update: Return to the Great Pyramid. **Revista *Archeaology***, Boston, v. 62, n. 4, jul./ago. 2009. Disponível em: <https://bit.ly/38MYvjY>.

BRUNA, Paulo J. V. **Arquitetura, industrialização e desenvolvimento**. São Paulo: Perspectiva/Edusp, 1976.

BRUNDTLAND, G. H. (Ed.). **Our Common Future**: The World Commission on Environment and Development. Oxford University Press, 1987.

BUARQUE, Sérgio (Coord.). **Cadeia produtiva da construção civil**: cenários econômicos e estudos setoriais. Recife: Sebrae, 2008, p. 12. Disponível em: <https://bit.ly/3nk309A>.

CASTRO, Antônio Maria Gomes; LIMA, Suzana Maria Valle; CRISTO, Carlos Manuel Pedroso Neves. Cadeia Produtiva: marco conceitual para apoiar a prospecção tecnológica. In: SIMPÓSIO DE GESTÃO DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 22., 2002, **Anais [...]**. Salvador, 2002.

CBIC – CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **A produtividade da construção civil brasileira**. Brasília: CBIC, 2011. Disponível em: <https://bit.ly/2K7ZAZ7>.

\_\_\_\_\_. **Catálogo de inovação na construção civil**. Brasília: CBIC, 2016.  
Disponível em: <https://bit.ly/3lzkjTJ>

\_\_\_\_\_. **NBR 15575/2013**: norma de desempenho – edificações habitacionais passa a valer em julho. CBIC, 31 maio 2013. Disponível em: <https://bit.ly/3lAGSr4>.

CEF/CINAPI. **Banco de dados**. Disponível em: <https://bit.ly/36CWIAC>.

CHANG, Pao-Chi; SWENSON, Alfred. **Encyclopaedia Britannica**. 2020. Disponível em: <https://www.britannica.com/technology/construction>. Acesso em: 27 maio 2020.

CIB – INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION. **Agenda 21 para a Construção Sustentável em Países em Desenvolvimento**. São Paulo, 2000. 131p. (Tradução do Relatório CIB, publicação n. 237).

CORDEIRO, Suzann. Arquitetura penal obedece diretrizes específicas – Entrevista concedida a Altair Santos. **Massa Cinzenta**, maio 2014. Disponível em: <https://bit.ly/2IG0hzb>.

CRUZ, Cássio Cleydsen Rabelo. **Análise da implementação dos elementos e ferramentas da produção enxuta em canteiros de obras na cidade de Belém do Pará**. 2011. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará, Belém, 2011.

D'URSO, Luíz Flávio Borges. Linhas mestras para construção, arquitetura e localização de estabelecimentos prisionais. **Revista do Instituto de Pesquisas e Estudos** (Ripe), n. 19, ago./nov. 1997.

DEMING, William Edwards. **Qualidade**: a revolução da administração. Rio

de Janeiro: Marques-Saraiva, 1990.

ELLIOT, Kim. S. Precast Frame Concepts, Economics and Architectural Requirements. In: **Workshop on Design & Construction of Precast Concrete Structures**. Singapura: Construction Industry Training Institute, 2002.

ESTECA, Augusto Cristiano Prata. **Arquitetura Penitenciária no Brasil**: análise das relações entre a arquitetura e o sistema jurídico-penal. 2010. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

\_\_\_\_\_. **Edificação penal**: um estudo da tecnologia do projeto arquitetônico do estabelecimento de segurança máxima no Brasil. 2017. Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

FABRÍCIO, Márcio Minto. **Projeto simultâneo na construção de edifícios**. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

\_\_\_\_\_. **Industrialização das construções**: uma abordagem contemporânea. 2008. Tese (de Livre-Docência em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

\_\_\_\_\_. Industrialização das construções: revisão e atualização de conceitos. **Revista Pós**, São Paulo, v. 20, n. 33, jun. 2013.

FEIGENBAUM, Armand Vallin **Controle da qualidade total**: gestão e sistemas. São Paulo: Makron Books, 1991. v. 1.

FERNANDES, Waldir Algarte. **O movimento da qualidade do Brasil**. Brasília: Inmetro, 2011.

FERREIRA, Mario dos Santos; BREGATTO, Paulo Ricardo; D'AVILA, Már-

cio Rosa. Artigo 86: Coordenação Modular e Arquitetura: Tecnologia. **67 Inovação e Sustentabilidade**, Porto Alegre, 2003. Disponível em: <https://www.usp.br/nutau/CD/86.pdf>.

FGV – FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. **A produtividade da construção civil brasileira**. Rio de Janeiro: FGV Projetos/CBIC Dados, 2012.

FGV/ABRAMAT. **A cadeia produtiva da construção e o mercado de materiais**. São Paulo, ago. 2007. Disponível em: <https://bit.ly/3nrXemq>.

\_\_\_\_\_. **Perfil da cadeia produtiva da construção e da indústria de materiais e equipamentos**. São Paulo: FGV/Abramat, 2014.

FONYAT, Mariana de Araújo Ribeiro. **A pré-fabricação e o projeto de arquitetura**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, maio 2013.\_

GAMBATESE, John; HALLOWELL, Matthew. Habilitando e medindo a inovação na indústria da construção. **Gestão e Economia da Construção**, v. 29, ed. 6, p. 553-567, 19 jul. 2011.

GODINHO, Rosemary de Sampaio. Renascimento: uma nova concepção de mundo através de um novo olhar para a natureza. **DataGramaZero** Revista de Informação, v. 13, n. 1, fev. 2012.

GREVEN, Hélio A.; ESTECA, Augusto Cristiano Prata. O desenvolvimento de novas propostas e tecnologias para o espaço penitenciário. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE SEGURANÇA PÚBLICA, 2008, Maceió **Anais...** Maceió: Verdi e Ulbra, jun. 2008.

GROPIUS, Walter. **Bauhaus: Nova Arquitetura**. São Paulo: Perspectiva,



1972.

HASELBERGER, Lothar. The Construction Plans for the Temple of Apollo at Didyma. **Scientific American**, v. 253, n. 6, p. 126-133, 1985.

HENDRIKS, CH. F.; PIETERSEN, H. S. **Sustainable Raw Materials** – Construction and Demolition Waste – State-of-the-Art. France: RILEM: Publications s.a.r.l., 2000. (Report of RILEM TC 165-SEM).

HUBERMAN, Leo. **História da Riqueza do Homem**. Rio de Janeiro: LTC Editora, 1986.

IVE, Graham; GROAK, Steven. Economics and Technological Change: some implications for the study of the building industry. **Habitat Intl.**, v. 10, n. 4, p.115-132, 1986.

JURAN, Joseph Moses; GRYNA, Frank Michael. **Controle da Qualidade** – conceitos, políticas e filosofia da qualidade. São Paulo: Makron Books, 1991. v. 1.

LE CORBUSIER. **Por uma arquitetura**. São Paulo: Perspectiva, 2014.

LOPES, Hugo. Os mosteiros medievais como edifícios de saber: A conquista do território pela implantação de conhecimento desde o século X ao século XII – O caso português como ilustração paradigmática. Viseu: Millenium. **Revista do ISPV**, n. 27, abr. 2003.

MCCRAW, Thomas K. **O profeta da inovação**: Joseph Schumpeter e a destruição criativa. Tradução de Clóvis Marques. São Paulo: Record, 2012.

MELHADO, Silvio Burrattino. **Qualidade do projeto na construção de edifícios**: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção. Tese

(Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

MESEGUER, Álvaro Garcia. **Controle e garantia da qualidade na construção**. São Paulo: Sinduscon/SP, 1991.

MOTA, Anderson. **Estratégia competitiva**. Curitiba: Iesde Brasil, 2009.

MOTA, Pedro Lula. Schumpeter: inovação, destruição criadora e desenvolvimento. **Terraço Econômico**, 29 de set de 2016. Disponível em: <https://bit.ly/32ItSiv>.

OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. **Manual de Oslo**: diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação. Brasília: Finep, 2004.

ONU BRASIL. **Como as Nações Unidas apoiam os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável em Brasil**, 2000. <https://nacoesunidas.org/acao/meio-ambiente/>

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Division for Sustainable Development. **Agenda 21 Global**. Rio de Janeiro: CNUMAD, 1992. Disponível em: <https://bit.ly/36HjLoe>.

ORNSTEIN, Sheila. Arquitetura e responsabilidade social: algumas considerações sobre a avaliação pós-ocupação (APO) de estabelecimentos penais urbanos. **Sinopses**, jun. 1991, p. 10-6, 1991.

ONU. **Protocolo de Kyoto**. <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-kyoto-protocol/what-is-the-kyoto-protocol/kyoto-protocol-targets-for-the-first-commitment-period>

PANDOLFO, Alexandre. **Inovação ainda é o grande dilema da construção civil**. ABCP: Concrete Show, 2017. Disponível em: <https://bit.ly/2UuodkD>.

PICCHI, Flávio Augusto. **Sistema de qualidade**: uso em empresas de construção de edifícios. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

POLZL, W. B. **Eficiência produtiva e econômica do segmento industrial da madeira compensada no estado do Paraná**. 2002. 130 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

PORTER, Michael E. **Competitive advantage**. New York: The Free Press, 1985.

POZZOBON, C. E.; FREITAS, M. C. D.; HEINECK, L. F. M. Listagem de mudanças relacionadas ao gerenciamento dos canteiros de obra. **Anais do Simpósio Brasileiro de Gestão da Qualidade e Organização do Trabalho**. Recife, 1999, p. 520-529.

PRIES, Frens; JANSZEN, Felix. Innovation in the construction industry: the dominant role of the environment. **Construction Management and Economics**, v. 13, p. 43-51, 1995.

PROCEL – PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações**. Brasília: PROCEL Edifica, 2003.

REZENDE, Marco A. P.; ABIKO, Alex K. **Inovação tecnológica nas edificações e introdução da estrutura metálica em Minas Gerais**. São Paulo: Epusp, 2004. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP – Departamento de Engenharia de Construção Civil).

ROSSO, Teodoro. **Racionalização da construção**. São Paulo: Edusp, 1980.

SCARDOELLI, Lisiane Saleno. **Iniciativas de melhorias voltadas à qualidade e produtividade desenvolvidas por empresas de construção de edificações**. Dissertação (Mestrado) – Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995.

SCHUMPETER, Joseph Alois. **Teoria do desenvolvimento econômico**: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico. Tradução de Maria Sílvia Possas. **São Paulo: Nova Cultural, 1997**.

SEBRAE – SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Cadeia produtiva da construção civil**: cenários econômicos e estudos setoriais. Recife: Sebrae, 2008.

\_\_\_\_\_. **Relatório de Inteligência** – Construção Civil. Rio de Janeiro, jul. 2015. Disponível em: <https://bit.ly/38Pxuw3>.

SINDUSCON – SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL. **Principais normas técnicas**: edificações. Belo Horizonte: Sinduscon; CBIC, dez. 2013.

SLAUGHTER, Sarah. Builders as sources of construction innovation. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 119, p. 532-549, 1993.

\_\_\_\_\_. Models of construction innovation. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 124, p. 226-231, 1998.

SODRÉ, Marcus Vinícius Cuquejo. **Cadeia produtiva de edificações penais**: caracterização da cadeia de suprimentos. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes; MORASCO, Felipe Germano; RIBEIRO, Guilherme Nicacio Brito. **Manual básico de indicadores de produtividade na construção civil**. Brasília: CBIC, 2017.

TATUM, Clyde B. Potential Mechanisms for construction innovation. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 112, p. 178-191, 1986.

THOMAZ, ERCIO. **Tecnologia, gerenciamento e qualidade na construção**. São Paulo: Pini, 2001.

TIGRE, Paulo Bastos. **Gestão da Inovação: a economia da tecnologia no Brasil**. 7. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

TURIN, Duccio Alfredo. **What do we mean by building?** London: Inaugural Lecture, University College London, 14 fev. 1966.

UNOPS – UNITED NATIONS OFFICE FOR PROJECT SERVICES. **Technical guidance for prison planning**: technical and operational considerations based on the standard minimum rules for the Treatment of Prisoners (The Nelson Mandela Rules). Copenhagen: Unosps, 2016.

UNB – UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA. **Regimento do Parque Científico e Tecnológico da Universidade de Brasília** – Resolução nº 0001/2020 do Conselho Consultivo. Brasília: UnB, 2020.

UFSC – UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Centro Tecnológico/Núcleo em Pesquisa em Construção (NPC). **Cooperação para elaboração da tabela de referência SINAPI**: Departamento Penitenciário Nacional – Relatório III. Florianópolis: UFSC, 2013.

## FONTES DAS IMAGENS

Detalhe do relevo de um leão caminhando, feito com tijolos vitrificados – Portão de Ishtar, Palácio de Nabucodonosor II, Babilônia, por volta de 575 a.C., Acervo do Museu Arqueológico de Istambul. Disponível em: <https://bit.ly/3njSoHM>.

Figura 1. Zigurate da cidade de Ur, 2100 a.C. Disponível em: <https://pl.pinterest.com/pin/512073420110311309/>.

Figura 2. Corredor do Portão de Ishtar Palácio de Nabucodonosor II, Babilônia, por volta de 575 a.C., , exposto no Pergamon Museu, em Berlim, na Alemanha. Disponível em: <http://gentenahistoria.blogspot.com/2014/10/tesouros-da-mesopotamia-o-portal-de.html>

Figura 3. Necrópoles de Gizé, 2550 a.C. Disponível em: <https://bit.ly/3npF-fgi>.

Figura 4. Imagem 3D feita por Jean-Pierre Houdin para ilustrar sua teoria sobre a Grande Pirâmide. Disponível em: <https://bit.ly/3kB5QoR>

Figuras 5 e 6. Vista geral e parede com as gravações da construção – Templo de Apolo, Dydima, concluído por volta de 550 a.C. Disponíveis em: <https://bit.ly/3nmKdKA>; <https://bit.ly/38Yj6BZ>.

Figura 7. Planta do Panteão: em vermelho, o de Agripa, 25 a.C.; em preto, o de Adriano, entre 118 e 126 a.C. Disponível em: <https://bit.ly/3IAVYgf>.

Figura 8. Panteão de Roma, 118-128 d.C. Disponível em: <https://bit.ly/3kzSngQ>.

Figura 9. Interior do Panteão. Roma, 1747, Giovanni Paolo Panini, óleo so-

bre tela. Disponível em: <https://bit.ly/3f5K8bA>.

Figura 10. Construção do Aqueduto Claudia, em Roma, entre 38 a 52 a.C. Abaixo deste, pode ser visto o Aqueduto Marcia, construído entre 144 e 140 a.C. Autor não identificado. Disponível em: <https://bit.ly/2Uua9Yn>.

Figura 11. Detalhe da construção da Torre de Babel, que mostra um guindaste de duas rodas. Óleo em painel de carvalho, Pieter Bruegel, 1563. Acervo do Museu Kunsthistorisches, Viena. Disponível em: <https://bit.ly/2Uss6Xd>.

Figuras 12 e 13. Construção de uma catedral gótica: detalhe e vista. Disponível em: <https://bit.ly/3npXzpB>.

Figuras 14. Pedreiro, 1388. Fonte: Livros da Casa dos Nuremberg, *Twelve Brothers Foundation*. Disponível em: <https://bit.ly/3lzpUcl>. Carpinteiro, reinado de Charles V, 1372. Fonte: Gallica BNF. Disponível em: <https://bit.ly/2UrGNtl>. Ferreiro, 1370. Fonte: Livros da Casa dos Nuremberg, *Twelve Brothers Foundation*. Disponível em: <https://bit.ly/3kxePY7>. Oleiro, sem data. Biblioteca de Nova Iorque. Disponível em: <https://bit.ly/3f2aIC9>.

Figura 15. Vitruvius entregando a Otávio Augusto o *De Architectura*. Ilustração da capa do Livro X, edição de 1649, por Ludovico Elzevirium. Disponível em: <https://www.ebad.info/vitruvius>.

Figura 16. Página interna da edição moderna do tratado de Vitruvius *De Architectura*, com comentários e tradução de Daniele Bárbaro e desenhos de Andrea Palladio, 1567. Disponível em: <https://bit.ly/2KcsSWE>.

Figura 17. *De Re Aedificatoria*, tratado de Leon Battista Alberti. Fonte: Bi-

bliblioteca Histórica de la Universidad Complutense de Madrid, nº 10. Disponível em: <https://bit.ly/3ILTvPS>.

Figura 18. Desenho de Brunelleschi para a Cúpula da Catedral de *Santa Maria del Fiore*, Florença. Disponível em: <https://bit.ly/32KM2t0>.

Figura 19. Desenho dos andaimes colocados por Brunelleschi no interior da Catedral de *Santa Maria del Fiore*. Disponível em: <https://bit.ly/35yDy-qX>.

Figura 20. Cúpula da Catedral de *Santa Maria del Fiore*, Florença. Disponível em: <https://bit.ly/2UxdfuR>.

Figura 21. Representação do estudo de perspectiva feito por Filippo Brunelleschi. Disponível em: <https://bit.ly/32KM8Ro>.

Figura 22. Ilustração dos mecanismos para desenhar em perspectiva a partir de modelos, Albrecht Dürer, 1525. *Geometry*, livro II, p. 581. Disponível em: <https://bit.ly/3ntduUc>.

Figura 23. Vista externa da Exposição Universal de 1851, Londres. Disponível em: <https://bit.ly/2KcT2sn>.

Figura 24. Vista interna do *Crystal Palace*, Londres. Disponível em: <https://bit.ly/2Urlc3s>.

Figura 25. Vista externa da Exposição Universal de 1889, Torre Eiffel, Paris. Disponível em: <https://bit.ly/3f32hqv>.

Figura 26. Vista interna da Exposição Universal de 1889, Palácio das Máquinas. Disponível em: <https://bit.ly/35zz7Mm>.



Figura 27. *Maison Dom-ino*, 1914-1917, Le Corbusier. Disponível em: <https://bit.ly/32OubRX>.

Figura 28. Vista externa da Estação da Luz, São Paulo. Disponível em: <https://estacaodaluz.org.br/fotos-da-estacao-da-luz/>.

Figura 29. Vista interna da Estação da Luz, São Paulo. Disponível em: <https://estacaodaluz.org.br/fotos-da-estacao-da-luz/>.

Figura 30. Edifício Garagem América, primeira garagem vertical do Brasil, São Paulo. Disponível em: <https://bit.ly/32OuCM5>.

Figura 31. Edifício Avenida Central (em construção), Rio de Janeiro, 1959. Disponível em: <https://bit.ly/3pqIplT>

Figura 32. Escritório Central da CSN, Volta Redonda, Estado do Rio de Janeiro, 1966. Disponível em: <https://bit.ly/2H2MAMn>.

Figura 33. Protótipo, 1962, Oscar Niemeyer.

Figura 34. Vista externa do SG8, 1963, Oscar Niemeyer.

Figura 35. Vista externa do SG 12, 1965, João da Gama Filgueiras Lima.

Figura 36. Vista externa do SG 12, 1965, João da Gama Filgueiras Lima.

Figura 37. Vista aérea do Conjunto Residencial da Universidade de São Paulo (Crusp), 1963, Eduardo Knesse de Mello, Joel Ramalho Júnior e Sidney de Oliveira. Disponível em: <https://bit.ly/3IA6x34>.

Figura 38. Vista aérea do campus da Pampulha, UFMG, com o edifício da biblioteca em primeiro plano. Disponível em: <https://www.ufmg.br/diver->

sa/7/fontes.htm.

Figura 39. Cadeia produtiva da Construção Civil. Fonte: adaptado de Sebrae, 2008, p. 12.

Figura 40: Cadeia Produtiva da Indústria da Construção. Fonte: BLUMENSCHN, 2004.

Figura 41. Meio ambiente da Cadeia Produtiva da Indústria da Construção. Fonte: BLUMENSCHN, 2004, p. 47.

Figura 42: Principais elos da cadeia de suprimentos. Fonte: adaptado de BLUMENSCHN, 2004, p. 48, com base na composição da cadeia de suprimentos apresentada pelo MDIC (2002) e por FABRÍCIO (2002).

Figura 43. Cadeia produtiva da madeira (adaptado). Fonte: Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas – ABRAF (2011).

Figura 44. Cadeia produtiva do ferro/aço. Fonte: DTTM/SGM/MME.

Figura 45. Materiais e equipamentos da construção civil. Fonte: <http://www.abramat.org.br/datafiles/publicacoes/estudo-cadeiaproductiva.pdf>

Figura 46. Cadeia Auxiliar: áreas de conhecimento e serviços de apoio. Fonte: BLUMENSCHN, 2004, p. 52, adaptado de MINTO (2002).

Figura 47. Cadeia Produtiva da Construção. Fonte: FGV/ABRAMAT, 2007, p. 12 e 13. Disponível em: <https://bit.ly/3nlp7MK>.

Figura 48. Inovação X Objetivo. Fonte: Amorim, 1996, p. 267.

Figura 49. Gestão da qualidade ao longo do tempo. Fonte: FERNANDES,

2011, p. 14 (modificado).

Figura 50. Conceituação das unidades prisionais. Fonte: Diretrizes básicas para arquitetura penal. Ministério da Justiça, 2011.

Figura 51. Classificação das unidades penais. Fonte: Diretrizes básicas para arquitetura penal. Ministério da Justiça, 2011.

Figura 52. Capacidade dos estabelecimentos penais. Fonte: Diretrizes básicas para arquitetura penal. Ministério da Justiça, 2011.

Figura 53. Tabela síntese do Programa de Necessidades por estabelecimento penal. Fonte: Diretrizes básicas para arquitetura penal. Ministério da Justiça, 2011.

Figura 54. Zoneamento funcional dos setores e módulos. Fonte: Diretrizes básicas para arquitetura penal. Ministério da Justiça, 2011.

Figura 55. Dimensões mínimas para as celas. Fonte: Diretrizes básicas para arquitetura penal. Ministério da Justiça, 2011.

Figura 56. Outras diretrizes gerais. Fonte: Diretrizes básicas para arquitetura penal. Ministério da Justiça, 2011

Figura 57. Complexidade da cadeia produtiva das edificações penais. Blumenschein, 2004 (adaptado).

Figura 58. Cadeia produtiva das edificações penais. Fonte: Blumenschein, 2004 (adaptado).

Figura 59. Cadeia de processos: agentes e funções.

Figura 60. Processo de produção e de utilização de um edifício. Fonte: MDIC, 2000, *apud* Blumenschein, 2004

Figura 61. Organograma de agentes e poderes da Cadeia Auxiliar. Fonte: Sodré, 2017 (adaptado).

Figura 62. Integração entre as áreas de conhecimento e apoio inseridos na cadeia auxiliar. Fonte: Minto, 2002, *apud* Blumenschein, 2004.



A iniciativa desta coletânea, denominada “Teoria e Prática da Arquitetura Penal” e composta de 5 volumes, surgiu a partir da pertinência de divulgar as experiências pedagógicas que, nos últimos 15 anos, vêm sendo desenvolvidas no âmbito do “Projeto de Arquitetura 6 – Funções Complexas: Edificações Penais”, disciplina do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília (FAU-UnB).

Com esse trabalho, pretende-se, além da construção de um arcabouço histórico, explicitar a metodologia e as estratégias pedagógicas, teóricas e práticas, voltadas à concepção de projetos para as edificações penais no Brasil, as quais, além de subordinadas a um complexo programa de necessidades, implicam desafios referentes à busca da sustentabilidade e da humanização desses espaços.

Com o objetivo de enfrentar essa temática em toda sua abrangência e complexidade, a referida disciplina funciona de modo integrado aos trabalhos de pesquisa, que vêm sendo desenvolvidos pelo Laboratório do Ambiente Construído, Inclusão e Sustentabilidade (Lacis) da FAU, pelo Centro de Desenvolvimento Sustentável (CDS), pela Faculdade UnB Gama (FGA) e pelo Núcleo de Estudo e Pesquisa da Cadeia Produtiva da Edificação Penal (Nuesp), todos vinculados à UnB.

A coletânea tem 5 volumes: O primeiro volume – Origens do sistema jurídico-penal e evolução dos espaços prisionais, o segundo volume – Evolução dos sistemas jurídico-penal e penitenciário brasileiros, o terceiro volume – Complexidade do processo de projeto da edificação penal, o quarto – Ensino-aprendizagem do projeto de edificações penais e o quinto volume – Cadeia produtiva das edificações penais.

## REALIZAÇÃO



UnB



PCTEC  
UnB

PISAC NUESP



FINATEC



DEPEN

MINISTÉRIO DA  
JUSTIÇA E  
SEGURANÇA PÚBLICA



PÁTRIA-AMADA  
BRASIL  
GOV. FEDERAL