



Universidade Federal do Rio de Janeiro
Escola Politécnica
Programa de Engenharia Urbana

DANIEL PACHECO ALBUQUERQUE

ANÁLISE DA CONTRIBUIÇÃO DA METODOLOGIA BIM E FILOSOFIA LEAN
CONSTRUCTION PARA O DESENVOLVIMENTO DE HABITAÇÃO

Rio de Janeiro

2020



UFRJ

DANIEL PACHECO ALBUQUERQUE

ANÁLISE DA CONTRIBUIÇÃO DA METODOLOGIA BIM E FILOSOFIA LEAN
CONSTRUCTION PARA O DESENVOLVIMENTO DE HABITAÇÃO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Urbana, Escola Politécnica, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Orientador: José Luis Menegotto

Rio de Janeiro

2020

Albuquerque, Daniel Pacheco.

Análise da contribuição da metodologia BIM e filosofia Lean Construction para o desenvolvimento de habitação / Daniel Pacheco Albuquerque – 2020.

f.: 171 il.46; 30 cm.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) –
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica,
Programa de Engenharia Urbana, Rio de Janeiro, 2020.

Orientador: José Luis Menegotto

1. Habitação. 2. BIM. 3. Lean Construction. 4. PMCMV. 5. Viabilidade Imobiliária. I. Menegotto, José Luis. II Universidade Federal do Rio de Janeiro. Escola Politécnica. III. Análise da contribuição da metodologia BIM e filosofia Lean Construction para o desenvolvimento de habitação.



UFRJ

ANÁLISE DA CONTRIBUIÇÃO DA METODOLOGIA BIM E FILOSOFIA LEAN
CONSTRUCTION PARA O DESENVOLVIMENTO DE HABITAÇÃO

DANIEL PACHECO ALBUQUERQUE

Orientador: José Luis Menegotto

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Urbana, Escola Politécnica, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Aprovada pela Banca:

Presidente, Prof. José Luis Menegotto, D.Sc., PEU/POLI/UFRJ

Prof. Roberto Machado Côrrea, D.Sc., PEU/POLI/UFRJ

Prof. Sérgio Roberto Leusin de Amorim, D.Sc., UFF

RIO DE JANEIRO

2020

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao professor Menegotto que acompanhou todo o desenvolvimento desta dissertação com suas observações precisas, assim como aos professores Roberto Machado e Sérgio Leusin que muito gentilmente aceitaram participar da banca de avaliação e trouxeram novas vertentes ao trabalho de maneira instigante.

Deixo também os agradecimentos ao corpo docente e de funcionários do PEU, assim como a todos os colegas de turma.

De tal modo, demonstro minha gratidão ao apoio recebido de André Rangel, João Baptista e Vinicius Benevides para realizar este curso de mestrado.

Reconheço e agradeço também o suporte recebido de minha família.

Por último, mas não menos importante, agradeço imensamente minha esposa Márcia pelo apoio incondicional.

RESUMO

ALBUQUERQUE, Daniel Pacheco. **Análise da contribuição da metodologia BIM e filosofia Lean Construction para o desenvolvimento de habitação**. Rio de Janeiro, 2020. Dissertação (Mestrado) – Programa de Engenharia Urbana, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.

A temática habitacional se relaciona com a saúde da população, à produtividade econômica, ao bem-estar social e à sustentabilidade dos recursos naturais. Assim, as condições da habitação refletem diretamente na qualidade de vida da população. O Brasil, entretanto, possui um déficit habitacional de cerca de 6,5 milhões de domicílios e mais de 11 milhões de moradias em condições de inadequação, o que adverte para uma desigualdade social significativa. Diante disso, este trabalho fez uso da metodologia de revisão bibliográfica para a questão da habitação, elegendo o setor da construção civil como agente capaz de auxiliar no aprimoramento de solução dessa problemática. Para tanto, explorou-se o conceito de Modelagem da Informação da Construção – BIM e a filosofia de construção enxuta – *Lean Construction*, os quais foram aplicados em um empreendimento residencial conceitual para avaliar sua viabilidade técnico-econômica. Como resultado, ambos apresentaram funções e princípios que podem se inter-relacionar e influenciar o aumento da produtividade do setor da construção civil, beneficiando o desenvolvimento de empreendimentos residenciais no âmbito do Programa Minha Casa Minha Vida. Apesar da legislação deste programa habitacional, que limita o valor máximo a ser remunerado ao agente executor, a viabilidade técnico-econômica se mostrou positiva, embora com indicadores conservadores que podem gerar risco ao negócio imobiliário. Nesse sentido, se faz fundamental o uso do BIM e *Lean Construction* como elementos de suporte ao desenvolvimento das construções do PMCMV, haja vista que esta política habitacional tem capacidade de aumentar o estoque de imóveis para famílias de baixa renda, possibilitando redução do déficit habitacional no país.

Palavras-chave: Habitação, PMCMV, BIM, Lean Construction, Viabilidade Imobiliária.

ABSTRACT

ALBUQUERQUE, Daniel Pacheco. **Analysis of the contribution of BIM methodology and Lean Construction philosophy to housing development.** Rio de Janeiro, 2020. Dissertation (Master) – Programa de Engenharia Urbana, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.

Housing theme relates to population health, economic productivity, social welfare and the sustainability of natural resources. Thus, housing conditions directly reflect the quality of life of the population. Brazil, however, has a housing deficit of about 6.5 million households and more than 11 million homes in inadequate conditions, which warns of significant social inequality. Given this, this work made use of the literature review methodology for the housing issue, electing the construction sector as an agent capable of assisting in the improvement of the solution for this problem. To this end, it was explored the concept of Building Information Modeling - BIM and the Lean Construction philosophy, which were applied in a conceptual residential project to evaluate its technical-economic feasibility. As a result, both concepts presented functions and principles that can be interrelated and hence influence the productivity of the construction sector, benefiting the development of residential projects under the Minha Casa Minha Vida Program. Despite the program legislation, that limits the maximum amount to be paid to the general contractor, the technical and economic feasibility was positive, although with conservative indicators that can generate risk to the project. In this sense, it is essential to use BIM and Lean Construction as elements to support the development of the PMCMV constructions, given that this housing policy has the capacity to increase the stock of houses for low-income families, making it possible to reduce the housing deficit in the country.

Keywords: Housing, PMCMV, BIM, Lean Construction, Real estate viability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama de elementos constituintes da temática habitacional explorados na revisão bibliográfica	22
Figura 2 – Fluxograma de inter-relação da problemática do déficit habitacional	23
Figura 3 – Composição da problemática habitacional	30
Figura 4 – Fluxograma do cálculo do déficit habitacional.	31
Figura 5 – Fluxograma do cálculo de inadequação de domicílios.	36
Figura 6 – Mapas de carência de infraestrutura urbana e adensamento excessivo em função de sua representatividade nas unidades da federação ..	40
Figura 7 – Mapas de ausência de banheiro exclusivo e cobertura inadequada em função de sua representatividade nas unidades da federação	41
Figura 8 – Mapa de inadequação fundiária urbana em função de sua representatividade nas unidades da federação	41
Figura 9 – Fluxograma de interação entre envolvidos do PMCMV	46
Figura 10 – Hierarquização de aplicação dos recursos dos fundos	48
Figura 11 – Mapa da ocupação subnormal no território do município do Rio de Janeiro.....	65
Figura 12 – Processo de transformação do sistema de produção	69
Figura 13 – Estrutura e escopo da produção	69
Figura 14 – Implicações da tipologia de operações	71
Figura 15 – Cadeia de relacionamento da Administração da Produção ..	71
Figura 16 – Nova agenda das operações empresariais.....	72
Figura 17 – Linha do tempo sintética dos sistemas de produção e construção	74
Figura 18 – Processo de produção do tipo conversão convencional.....	78
Figura 19 – Processo de produção do tipo fluxo e conversão contínuo ..	79
Figura 20 – Diagrama das fases dos métodos de planejamento do LPS.	83
Figura 21 – Fases que permitem o uso BIM	92
Figura 22 – Interrelação dos fundamentos BIM	95
Figura 23 – Processo de projeto com uso método BIM	98
Figura 24 – Interrelação de sinergia entre BIM e LEAN.....	103

Figura 25 – Estrutura analítica de incorporação no PMCMV	115
Figura 26 – Construção de edifício com sistema construtivo em parede de concreto com forma de alumínio de obra da MRV Engenharia Park Real Resort, Campo Grande / RJ	121
Figura 27 – Sistema de forma de alumínio para parede de concreto.....	121
Figura 28 – Elementos constituintes do sistema construtivo de parede de concreto	125
Figura 29 – Estrutura analítica de projetos para empreendimentos no PMCMV	128
Figura 30 – Perspectiva externa de projeto arquitetônico conceitual de empreendimento PMCMV	129
Figura 31 – Planta baixa de implantação de projeto arquitetônico conceitual de empreendimento PMCMV	130
Figura 32 – Planta baixa do pavimento tipo	131
Figura 33 – Vista perspectivada com corte do pavimento tipo com ênfase nos ambientes internos	132
Figura 34 – Corte transversal perspectivado do edifício	132
Figura 35 – Corte longitudinal perspectivado do edifício	133
Figura 36 – Vista tridimensional da fachada da edificação.....	133
Figura 37 – Estudo de insolação para avaliar o conforto ambiental	134
Figura 38 – Estudo de ventilação	134
Figura 39 – Sistema de forma de alumínio para parede de concreto do bloco conceitual	135
Figura 40 – Edifícios de apoio: guarita, depósito de lixo e administração	136
Figura 41 – Edifícios de apoio: centro de convivência.....	136
Figura 42 – Áreas externas de lazer e convivência	137
Figura 43 – Representação de fluxo de caixa típico	144
Figura 44 – EAP empreendimento 300 UH.....	145
Figura 45 – Cronograma de execução de empreendimento residencial de 300UH	146
Figura 46 – Ciclo de vida de empreendimento residencial de 300UH	147

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Distribuição regional do déficit habitacional no ano de 2015	31
Gráfico 2 – Composição do Déficit Habitacional, por situação do domicílio e regiões metropolitanas (RMs)	33
Gráfico 3 – Distribuição representativa dos componentes do déficit habitacional nas regiões geográficas do Brasil	34
Gráfico 4 – Relação da distribuição dos critérios de inadequação de moradias com as regiões geográficas do país	37
Gráfico 5 – Distribuição de inadequação fundiária conforme renda familiar bruta mensal em salários mínimos (SM)	38
Gráfico 6 – Relação entre a carência de infraestrutura urbana e domicílios ocupados por 4 faixas de renda mensal em salários mínimos (SM)	39
Gráfico 7 – Déficit habitacional no Estado do Rio de Janeiro em números absolutos e representativos	63
Gráfico 8 – Avaliação da ocupação territorial de aglomerados subnormais na cidade do Rio de Janeiro no período de 1999 a 2017	66
Gráfico 9 – Quantidade de unidade habitacionais licenciadas na cidade do Rio de Janeiro	67
Gráfico 10 – Crescimento da produtividade do trabalho anual de 1995 a 2014	85
Gráfico 11 – Produtividade de mão de obra da construção em 2015	86
Gráfico 12 – Relação do nível de influência e custo no desenvolvimento do projeto técnico (<i>design</i>)	89
Gráfico 13 – Curva de influência e custo em CAD e BIM	93
Gráfico 14 – Evolução da participação dos sistemas construtivos na produção de Unidades Habitacionais na construtora MRV Engenharia	123
Gráfico 15 – Evolução da participação dos sistemas construtivos na produção de Unidades Habitacionais na construtora Direcional Engenharia	124
Gráfico 16 – Relação de despesas	143
Gráfico 17 – Fluxo de caixa do empreendimento conceitual	156

Gráfico 18 – Análise do resultado VPL e indicadores com variação do custo de obra raso	161
---	------------

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Componentes e subcomponentes do déficit habitacional	32
Quadro 2 – Relação de envolvidos e suas funções no âmbito do PMCMV	45
Quadro 3 – Quantidade de Unidades Habitacionais contratadas pela CEF no âmbito do PMCMV	49
Quadro 4 – Tipo de benefícios de acordo com a renda familiar.....	51
Quadro 5 – Distribuição da meta de contratação de unidades habitacionais de acordo com déficit habitacional	52
Quadro 6 – Valor máximo da unidade habitacional por localidade e tipologia no âmbito da faixa 1 do PMCMV	53
Quadro 7 – Eixos estruturantes do desenho urbano para empreendimentos no PMCMV	54
Quadro 8 – Mobiliário mínimo por ambiente interno de unidade habitacional do PMCMV	56
Quadro 9 – Limite de valor de venda de imóvel na faixa 1,5 do PMCMV por localidade e região geográfica	58
Quadro 10 – Limite de valor de venda de imóvel nas faixas 2 e 3 do PMCMV por localidade e região geográfica	59
Quadro 11 – Princípios <i>Lean Construction</i>	104
Quadro 12 – Funcionalidades BIM	106
Quadro 13 – Benefícios da interação <i>Lean Construction</i> e BIM	107
Quadro 14 – Matriz de interação de princípios <i>Lean Construction</i> e funcionalidades BIM	112
Quadro 15 – Aderência dos sistemas construtivos à filosofia <i>Lean Construction</i>	119
Quadro 16 – Matriz de interrelação de sistemas construtivos à princípios <i>Lean Construction</i>	120
Quadro 17 – Análise de vantagens e desvantagens do sistema de parede de concreto	122
Quadro 18 – Fluxo de caixa de empreendimento residencial de 300UH - Parte 1	150

Quadro 19 – Fluxo de caixa de empreendimento residencial de 300UH - Parte 2	151
Quadro 20 – Fluxo de caixa de empreendimento residencial de 300UH - Parte 3	153
Quadro 21 – Fluxo de caixa de empreendimento residencial de 300UH - Parte 4	154
Quadro 22 – Resumo das contas do fluxo de caixa de empreendimento residencial de 300UH	155
Quadro 23 – Resultado financeiro do estudo de viabilidade no cenário dinâmico do empreendimento de 300 UH na Faixa 1 do PMCMV	159
Quadro 24 – Análise de sensibilidade dos resultados com variação do custo de obra raso	160

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação do déficit habitacional por ano de Pesquisa da Fundação João Pinheiro	30
Tabela 2 – Participação dos componentes do déficit habitacional a nível nacional	33
Tabela 3 – Componentes da inadequação de domicílios e sua representatividade	35
Tabela 4 – Número máximo de unidades habitacionais por tipo de empreendimento e porte do município	55
Tabela 5 – Simulação de financiamento PMCMV - Faixa 2	60
Tabela 6 – Composição do déficit habitacional no Estado do Rio de Janeiro	64
Tabela 7 – Composição da inadequação de domicílios no Estado do Rio de Janeiro	64
Tabela 8 – Indicadores de densidade e território em favelas	66
Tabela 9 – Quantidade de pessoas no ano de 2017 sem atendimento dos serviços de infraestrutura urbana no Estado do Rio de Janeiro	67
Tabela 10 – Quadro de áreas de unidade habitacional acessível à PNE	130
Tabela 11 – Relação de edificações e áreas construídas	137
Tabela 12 – Cálculo de áreas	139
Tabela 13 – Análise estática de viabilidade de empreendimento residencial faixa 1 do PMCMV	142

LISTA DE EQUAÇÕES

(1)	140
(2)	148
(3)	149
(4)	158

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	17
1.1.	APRESENTAÇÃO	17
1.2.	OBJETIVO E JUSTIFICATIVA DO TRABALHO	20
1.3.	METODOLOGIA UTILIZADA.....	21
1.4.	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	23
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	25
2.1.	A QUESTÃO DA HABITAÇÃO	25
2.1.1.	OS CONCEITOS DE DÉFICIT HABITACIONAL E INADEQUAÇÃO DE DOMICÍLIOS URBANOS	29
2.1.2.	O PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA	43
2.1.3.	DÉFICIT HABITACIONAL, INADEQUAÇÃO DE DOMÍCIOS E O PMCMV NO RIO DE JANEIRO	62
2.2.	SISTEMAS DE PRODUÇÃO	68
2.2.1.	ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO	68
2.2.2.	SISTEMA DE PRODUÇÃO EM MASSA.....	74
2.2.3.	SISTEMA DE PRODUÇÃO ENXUTA (LEAN PRODUCTION)	77
2.2.4.	SISTEMA DE CONSTRUÇÃO ENXUTA (LEAN CONSTRUCTION).....	77
2.3.	A PRODUTIVIDADE DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL	84
2.4.	SISTEMAS PARA PROJETOS TÉCNICOS DE CONSTRUÇÃO (DESIGN).....	88
2.5.	MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO - BIM	93
2.5.1.	O CONCEITO BIM.....	93
2.5.2.	O PROCESSO BIM	97
2.5.3.	ARQUITETURA DE DADOS E A INTEROPERABILIDADE BIM.....	101
2.6.	A RELAÇÃO ENTRE OS CONCEITOS BIM E LEAN CONSTRUCTION.....	102
3.	CONTRIBUIÇÃO DOS CONCEITOS BIM E LEAN CONSTRUCTION PARA O SETOR DE CONSTRUÇÃO HABITACIONAL.....	113
3.1.	A ESTRUTURAÇÃO DE EMPREENDIMENTOS RESIDENCIAIS NO ÂMBITO DO PMCMV	113
3.2.	A RELAÇÃO DA FILOSOFIA LEAN CONSTRUCTION COM SISTEMAS CONSTRUTIVOS.....	116
3.3.	O CONCEITO BIM APLICADO AO PROJETO DE EMPREENDIMENTO RESIDENCIAL ECONÔMICO	126
3.4.	VIABILIDADE DE EMPREENDIMENTO HABITACIONAL	138
4.	CONCLUSÃO	162
4.1.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	162
4.2.	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTURO	165
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	166

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO

1.1. APRESENTAÇÃO

Um dos grandes temas a serem tratados em um país em desenvolvimento diz respeito à habitação. As condições de habitabilidade estão intrinsecamente relacionadas à saúde da população, à produtividade econômica, ao bem-estar social e à sustentabilidade dos recursos naturais, ou seja, à qualidade de vida.

A despeito disso, o cenário habitacional do Brasil, segundo estudo da Fundação João Pinheiro (2018) a partir de dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios - PNAD (IBGE, 2016), apresenta déficit habitacional estimado de cerca de 6,5 milhões de domicílios para o ano de 2015. Isso se reflete em uma pobreza acentuada na sociedade brasileira, tanto em áreas rurais quanto urbanas.

O déficit habitacional, por sua vez, tendo em vista a ineficácia de políticas públicas e a ligação inexorável com a oscilação da economia do país, cresce com números semelhantes ao da população brasileira, evidenciando uma demanda constante por novos domicílios e um aprofundamento da desigualdade social.

A conjuntura precária de assentamentos humanos, que em muitos casos são classificados por aglomerações subnormais, isto é, favelas, restringe o acesso à serviços básicos como água, esgoto, energia e coleta de lixo (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2018). De tal forma, evidencia-se um ambiente com atendimento inadequado aos transportes públicos, bem como de dificuldade de instalação de equipamentos públicos como escolas, postos de saúde e áreas recreativas.

Esses fatores se relacionam no âmbito da engenharia urbana, cujo intuito permeia o estudo dessas questões e visa apresentar soluções que permitam a melhoria da qualidade de vida da população nas cidades. Por essa razão, um dos aspectos que influenciam diretamente a qualidade de vida das pessoas diz respeito ao ambiente construído em que elas habitam.

Assim, estabelece-se três conjuntos principais de medidas para aumentar a qualidade de vida das pessoas no que se refere à habitação: (1) condução e fomento constante de políticas habitacionais promovidas pelo Estado para construção de habitações com condições mínimas de habitabilidade; (2) gestão de recursos

financeiros para promoção de crédito imobiliário tanto dos mutuários quanto das empresas responsáveis pela construção de empreendimentos residenciais; (3) aprimoramento das técnicas construtivas e projetuais, assim como dos processos de gestão da construção, para se ter empreendimentos residenciais que atendam aos requisitos do trinômio da engenharia, ou seja, prazo, custo e qualidade, além do conceito de sustentabilidade.

Embora o setor de arquitetura, engenharia e construção (AEC) seja responsável pela produção da habitação física propriamente e tenha capacidade de se tornar um dos grandes protagonistas para transformações positivas, uma vez que ele é parte indissociável da solução do problema da carência de moradia adequada para famílias brasileiras, a baixa produtividade do segmento é um entrave para responder plenamente pela demanda de moradias.

Diversos estudos analisam a produtividade da indústria da construção civil, como o relatório apresentado pelo Instituto Global McKinsey (2017), que indicam essa baixa produtividade do segmento AEC em comparação a outros setores econômicos. Isso torna maior o investimento em empreendimentos de construção e menos competitivo o setor, o que, em última análise, prejudica o atendimento efetivo das necessidades da população, seja no âmbito da infraestrutura, seja na da habitação.

Diante disso, mudanças estruturantes no cerne da construção civil tem sido observadas em muitos países desenvolvidos. O Brasil, a reboque dessas novas iniciativas, também tem empreendido nessa segunda década do século XXI uma agenda de alterações de paradigmas. Nesse aspecto, toma-se forma a adoção de novos processos e métodos construtivos, de planejamento e de gestão, como aqueles relacionados ao conceito de construção enxuta (*Lean Construction*) e de modelagem da informação da construção (*BIM*, na sigla em inglês).

No que diz respeito a esse último, verifica-se seu fomento no Brasil através da criação de normas técnicas como a NBR ISO 12.006 parte 2 (ABNT, 2018), a NBR 15965 parte 1 (ABNT, 2011), parte 2 (ABNT, 2012), parte 3 (ABNT, 2014) e parte 7 (ABNT, 2015), frutos do empenho de grupo de trabalho específico (ABNT CEE-134). A nível nacional, tem-se a implementação da estratégia de disseminação BIM por parte do Poder Executivo com o Decreto 9.377 (BRASIL, 2018), posteriormente renovado pelo Decreto 9.983 (BRASIL, 2019) e sucedido pelo Decreto 10.306 (BRASIL, 2020). Instituições públicas como a ABDI (ABDI, 2017) e privadas como

CBIC (CBIC, 2016) e AsBEA (ASBEA, 2013) também trabalham para a difusão de conhecimento sobre BIM. Desenvolvedores de *softwares* e sistemas tecnológicos como Autodesk, Nemetschek, Bentley, Trimble, Bricsys, Acca, Dassault Systèmes, AltoQi, entre outros, também tem se dedicado à propagar a metodologia BIM. Além disso, a comunidade acadêmica aumentou o interesse em pesquisa e exploração do tema como demonstrado pela produção de teses e dissertações brasileiras em programas de doutorado e mestrado, tal qual pesquisa desenvolvida por Checcucci (2019).

A indústria da construção civil ainda é responsável por empregar cerca de 2 milhões de trabalhadores no país, o que representa 3% da população ocupada (IBGE, 2016). Essa geração de emprego influencia outros setores da economia brasileira, aumentando a renda das famílias e, conseqüentemente, a qualidade de vida das pessoas.

Práticas de gerenciamento de projetos e produção abrangidas pela filosofia *Lean Construction* aliadas à inovação tecnológica promovida principalmente pela implementação da metodologia BIM favorecem a redução de incertezas da construção, ao controle dos custos de obra, o aumento da qualidade do produto entregue e o atendimento dos prazos de execução. O uso, portanto, dessas técnicas e processos pode maximizar a forma de produzir imóveis habitacionais, com reflexos na obtenção de preços finais da moradia mais acessíveis, impulsionando também a economia do país, com resultado direto em maiores índices de emprego e renda para a população, a partir da abertura de novos canteiros de obras.

Esses benefícios são apontados pelo relatório do Instituto Global McKinsey (2017), o qual projeta que a aplicação dessas práticas de gestão e projeto, encampadas por novas tecnologias, podem reduzir os custos de execução de construções em até 30%, enquanto aumentaria a produtividade da mão de obra do setor da construção civil em até 50% em comparação aos índices atuais.

Um custo menor da moradia e da infraestrutura, sem perda de qualidade e desempenho, é o diferencial para se obter a sustentabilidade econômica para programas governamentais de modo a enfrentar o déficit habitacional. Em paralelo, tais preceitos de aprimoramento dos processos construtivos do setor de AEC através das metodologias BIM e *Lean Construction*, juntamente com o oferecimento de crédito bancário, dinamizam a viabilidade de negócios imobiliários empreendidos pela

iniciativa privada. Este setor privado é outro interveniente essencial para atender a demanda reprimida da população de menor renda para aquisição de unidades habitacionais.

Diante desse cenário, a desigualdade social e a recessão econômica repercutem principalmente nas condições de habitabilidade. Os baixos índices de qualidade de vida exigem um alinhamento constante do Estado para concatenar políticas públicas transparentes, objetivas e contínuas, que estabeleçam critérios para o fomento à habitação, com condições sustentáveis de financiamento imobiliário residencial e que imponham mecanismos para garantir segurança jurídica ao investimento no setor.

No meio deste ambiente, faz-se necessário conduzir novos processos por meio de inovação, gestão e tecnologia para alavancar a indústria da construção, responsável pela construção de unidades habitacionais, as quais contribuem para a redução do déficit habitacional no país e, conseqüentemente, atribuem qualidade de vida à população brasileira.

Portanto, vários aspectos, tanto sociais, econômicos e políticos, quanto técnicos e financeiros, se inter-relacionam e orbitam ao longo da problemática do déficit habitacional, principalmente nos centros urbanos. Esses temas serão abordados neste trabalho, na busca de um entendimento e conceituação teórica, com análise dos fatores-causa, das políticas públicas vigentes e dos métodos e técnicas para aumento da produtividade da construção civil com foco na construção de unidades residenciais urbanas.

1.2. OBJETIVO E JUSTIFICATIVA DO TRABALHO

O presente trabalho apresenta uma análise da temática da habitação, focando na questão do déficit habitacional e de elementos que contribuam para sua redução, como o método de construção virtual através do conceito BIM (*Building Information Modeling*) sob a ótica de técnica com capacidade para aprimorar e dinamizar o processo de construção de unidades habitacionais. A isso, alia-se também práticas de construção enxuta (*Lean Construction*) que favorecem maior produtividade da indústria da construção civil.

O objetivo da dissertação em tela, dessa forma, é o de explorar os aspectos que influenciam o déficit habitacional desde sua origem, às políticas públicas vigentes

que tratam do assunto, relacionando-o à conceitos da construção civil, isto é, metodologia BIM e filosofia *Lean*, no âmbito da construção de empreendimentos residenciais econômicos em regiões urbanas, de modo a aumentar a qualidade e produtividade deste segmento.

Por conseguinte, este estudo se justifica pela sua contribuição à engenharia urbana, no tocante ao segmento de habitação, ao abordar técnicas que, uma vez conduzidas de maneira adequada, potencializam maior produtividade na construção de unidades habitacionais, as quais interagem diretamente com a diminuição do déficit habitacional do Brasil. Os empreendimentos residenciais, por sua vez, relacionam-se à engenharia urbana, tendo em vista que para seu funcionamento exigem infraestrutura adequada, além de, naturalmente, impactarem o espaço urbano no qual se inserem.

A busca, portanto, de soluções para a problemática da habitação frente aos crescentes números do déficit habitacional é a motivação para este trabalho acadêmico no âmbito da engenharia urbana.

1.3. METODOLOGIA UTILIZADA

A metodologia empregada consiste em uma revisão bibliográfica da temática de habitação e de seus elementos constituintes, isto é, de seu conceito geral, das políticas urbanas relacionadas à habitação, dos mecanismos de financiamento imobiliário, do conceito de déficit habitacional e da construção propriamente que representa o ambiente de moradia. Deste último, é explorado o sistema de produção baseado na construção enxuta (*Lean Construction*) e a técnica de modelagem da informação da construção (BIM).

Para tanto, explorou-se a questão habitacional, remontando aos pensamentos históricos sobre o assunto, a iniciativas governamentais realizadas no passado como parte da política urbana da época, bem como do conceito de déficit habitacional através da apresentação de sua metodologia para medir a necessidade de moradias no país. Ainda nesse tema da habitação, discorre-se sobre as políticas públicas urbanas e habitacionais vigentes em âmbito nacional, como o Programa Minha Casa Minha Vida, as quais interagem sobremaneira com os instrumentos para acesso à crédito imobiliário. Assim, demonstram-se também os critérios para a obtenção de

financiamento para aquisição de imóvel residencial e as modalidades de contratação de empreendimentos habitacionais.

No que tange às técnicas que se relacionam com a construção da unidade habitacional propriamente, apresenta-se o conceito da modelagem da informação da construção, isto é, BIM, abordando sua origem, sua definição, sua organização e estrutura, assim como formas de desenvolvimento e aplicação.

Já a respeito da construção enxuta (*Lean Construction*), estabelece-se sua origem e as diferenças em relação a outros sistemas de produção, bem como se aponta a metodologia de trabalho para usar essa filosofia produtiva e como ela se inter-relaciona com o BIM e com técnicas construtivas com foco na produtividade e racionalização da construção de unidades habitacionais.

O diagrama representado pela **Figura 1** ilustra os elementos constituintes da temática habitacional exploradas na revisão bibliográfica:

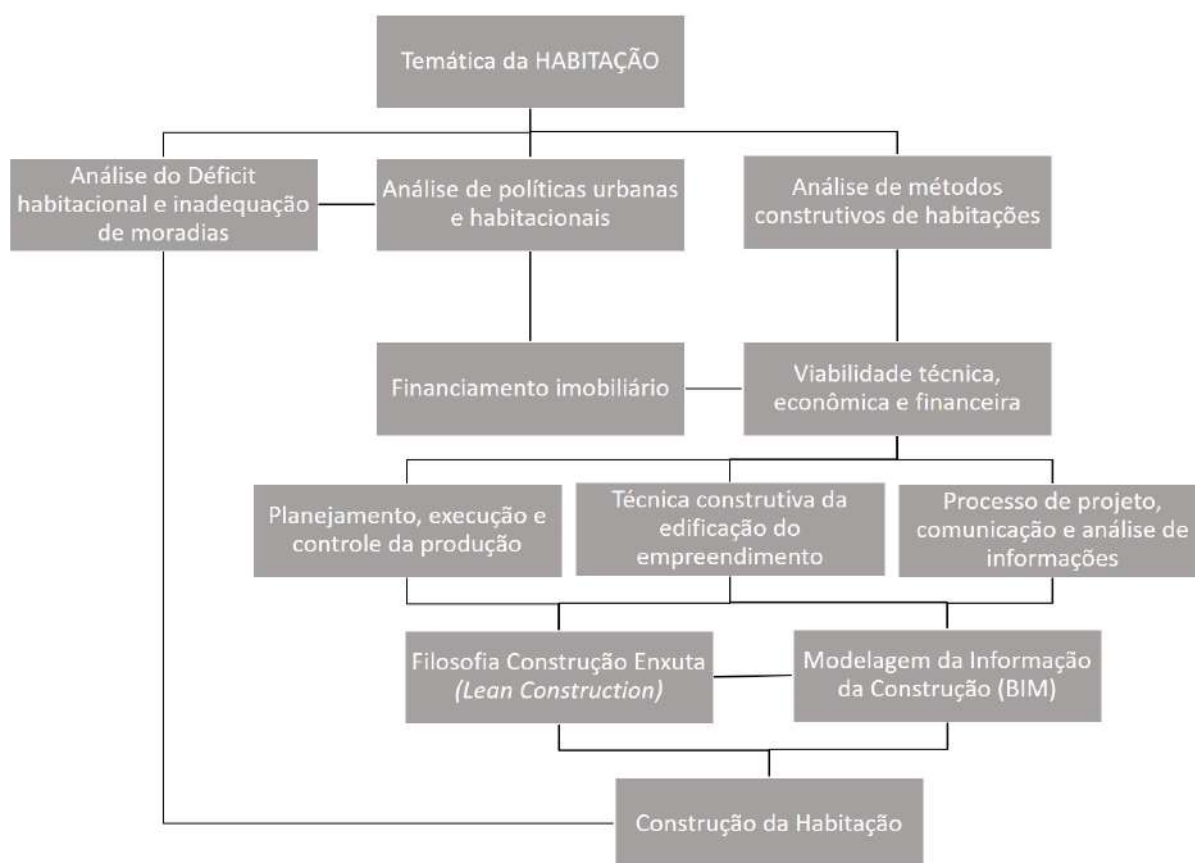


Figura 1 – Diagrama de elementos constituintes da temática habitacional explorados na revisão bibliográfica
Fonte: autor (2020)

Ao final, é estabelecido uma interação desses temas com o propósito de fomentar o desenvolvimento de empreendimentos residenciais econômicos que

contribuam para a redução do déficit habitacional do país e assim permitam aumentar a qualidade de vida da população brasileira.

A **Figura 2**, a seguir, demonstra o fluxo de relação entre os tópicos abordados nessa dissertação no que diz respeito à problemática habitacional. Apresenta-se, dessa forma, sem intenção de esgotar o tema, mas apenas a título de pontos notáveis, as causas da desigualdade social, que, em última análise, aumenta o déficit habitacional, que por sua vez demanda moradias adequadas. Para a construção dessas novas habitações se verificam problemas de ordem técnica, bem como de recursos financeiros para a produção e financiamento da família. Demonstram-se então essas dificuldades técnicas e de governança, algumas metodologias de gestão, planejamento, projeto e construção que interagem mutuamente e constantemente para fomentar o aumento do dinamismo do setor de arquitetura, engenharia e construção, aumentando a oferta do número de unidades habitacionais disponíveis, as quais tem potencial, como objetivo geral, de reduzir o déficit habitacional e consequentemente a desigualdade social do país.

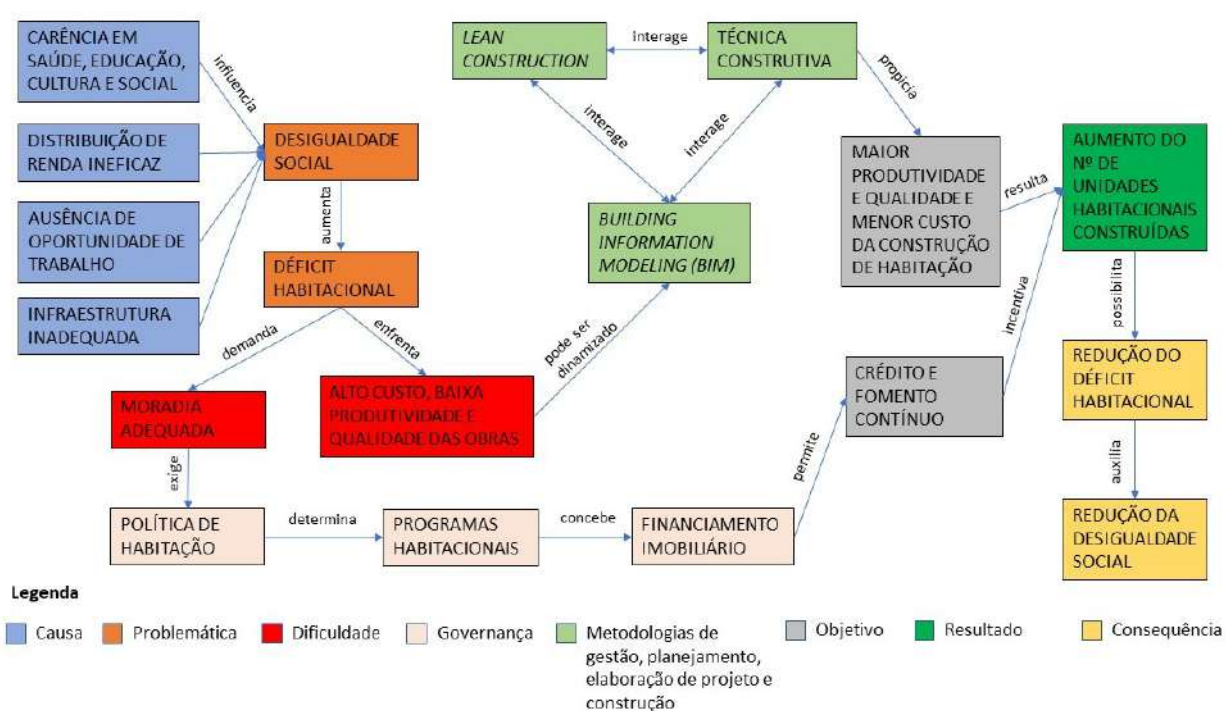


Figura 2 – Fluxograma de inter-relação da problemática do déficit habitacional

Fonte: autor (2020)

1.4. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação se divide em 4 capítulos da seguinte forma:

Capítulo 1 – Introdução: apresenta a temática que será abordada, que no caso diz respeito à questão habitacional e métodos de construção BIM e *Lean* que podem colaborar com a redução do déficit habitacional, demonstrando-se o objetivo, a justificativa e a motivação do trabalho, bem como a metodologia adotada e a estruturação da dissertação.

Capítulo 2 – Fundamentação teórica: explora a revisão bibliográfica sobre a questão da habitação, tratando a demanda e déficit habitacional nas cidades brasileiras, a política habitacional vigente, a oportunidade do setor de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) de influenciar na solução da carência habitacional, a qual é beneficiada pelo conceito de Modelagem da Informação da Construção (*Building Information Modeling* - BIM) e o processo de construção enxuta (*lean construction*) no âmbito de sistema de produção e gerenciamento.

Capítulo 3 – Contribuição dos conceitos BIM e *Lean Construction* para o setor de construção habitacional: desenvolve os temas aplicados a empreendimento residencial conceitual no âmbito do Programa Minha Casa Minha Vida na categoria faixa 1, de modo a analisar a viabilidade técnico-econômica do mesmo sobre o prisma de indicadores financeiros, apontando os resultados obtidos.

Capítulo 4 – Conclusão: discorre sobre as considerações e reflexões finais da abordagem da temática habitacional no país, os métodos da construção civil para alcançar maior produtividade no setor e assim interferir no déficit habitacional, indicando ainda sugestões para trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. A QUESTÃO DA HABITAÇÃO

A moradia sempre figurou no conjunto das necessidades básicas da humanidade, sintetizada na forma de abrigo, embora esse direito tenha sido instituído somente a partir de 1948 através do artigo XXV da Declaração Universal dos Direitos Humanos (ASSEMBLÉIA GERAL DA ONU, 1948). Em 1988, essa diretriz internacional do direito à moradia foi assimilada na Constituição Federal do Brasil através do artigo 6º, incluindo-a doravante como direito fundamental social dos cidadãos brasileiros (BRASIL, 1988).

A problemática habitacional é um tema que perdura ao longo da história de todas as civilizações, haja vista que o acesso à moradia se relaciona com a organização social, onde nem todos tem o mesmo direito. Muitas são as causas para a ausência de universalização da habitação, porém, em suma, todas se relacionam à desigualdade social, impulsionada sobremaneira ao crescimento das cidades a partir da Revolução Industrial no século XIX (ENGELS, 2015).

A despeito de sua teoria de livre comércio motivada pelo auto interesse individual desenvolvida no século XVIII, Adam Smith também refletiu sobre a necessidade de o Estado atuar para redução da pobreza e conseqüentemente da desigualdade social, de modo a alcançar o bem-estar coletivo da população. Para ele, o aumento da renda dos trabalhadores provocado pelo comércio e pelos seus esforços diretos permite estabelecer maior qualidade de vida. Contudo, Smith ainda declara que o governo da nação tem o papel de criar mecanismos para inserção social dos menos favorecidos (SMITH, 2009).

O conceito de propriedade privada que em meados do século XVII já tinha uma definição amplamente difundida, também foi objeto de reflexões de John Locke. A propriedade privada, segundo Locke, é derivada do empenho do trabalho, sendo necessário que o governo central garanta esse direito (LOCKE, 2014). Entretanto, a regularização da distribuição fundiária foi um processo que privilegiou poucas classes da sociedade por mais empenho que se tivesse ao trabalho, o que contribuiu para

inúmeras revoltas ao longo dos séculos que aconteceram em diversas partes do mundo, destacando-se a Revolução Francesa no século XVIII.

Pensamentos, portanto, como os de Engels (2015), Smith (2009) e Locke (2014), que já perduram por alguns séculos, trazem indícios da necessidade de atuação mais energética do Estado no que diz respeito à habitação. Nesse ínterim, em função do déficit habitacional relativamente alto a nível mundial, principalmente a partir do êxodo da população do campo para os ambientes urbanos, é percebido a falta de êxito da maioria das sociedades em enfrentar essa questão.

No Brasil, já na época da colonização do território pelos europeus, a instauração da propriedade de posse da Coroa Portuguesa estava consolidada com o advento das sesmarias e posteriormente com as políticas de parcelamento do solo da propriedade privada, embora com barreiras para o acesso à terra a todos. Todavia, a ineficiência da gestão e controle do espaço urbano pelo Poder Público provocou ambientes insalubres para o *habitat* humano nas cidades brasileiras.

Esse descaso face à sociedade brasileira de menor poder econômico promovido pelo Estado no que diz respeito à questão habitacional perdura desde os tempos da proclamação da Lei Áurea que aboliu a escravidão no Brasil, quando não se previu, após esse édito, uma forma de inserção adequada dessas pessoas outrora escravas na sociedade, seja quanto à relação de trabalho e dos demais direitos sociais, seja no âmbito de moradia digna (FERNANDES, 1978).

A formação, portanto, de mais cortiços tanto em regiões planas quanto em encostas e morros nos arredores dos núcleos urbanos ao longo do final do século XIX se intensificou com a abolição da escravatura e o aumento da pobreza da população. Outros processos de urbanização, como a valorização de terras próximas aos centros urbanos, também contribuíram para a falta de acesso da população menos favorecida economicamente a lotes adequados para a habitação. Cada vez mais essa população teve que se afastar do centro, criando áreas de subúrbios, carentes de infraestrutura básicas.

No caso específico da cidade do Rio de Janeiro, houve um êxodo em meados do século XIX para regiões periféricas, as quais tinham grande oferta de lotes às margens das recém-criadas ferrovias, o que facilitou o acesso da classe proletária aos terrenos, mas, ainda assim, apenas para aqueles que possuíam emprego estável,

renda fixa e que podiam arcar com o custo dos deslocamentos para o centro da cidade (ABREU, 2008).

Os planos de urbanização do Rio de Janeiro, na época a capital do Brasil, no início do século XX com a abertura da Avenida Central, mais tarde rebatizada para Avenida Rio Branco, do desmonte do Morro do Castelo, assim como a construção da Avenida Presidente Vargas já na década de 1940, contribuíram também para o deslocamento de moradores do centro da cidade para outras regiões e para os morros circunvizinhos.

À medida que as favelas se expandiam durante as décadas seguintes na cidade carioca por falta de planejamento urbano, algumas iniciativas foram realizadas pelo Poder Público tanto na esfera federal por meio da extinta Coordenação de Habitação de Interesse Social da Área Metropolitana (CHISAM) quanto na esfera estadual e municipal, com o pensamento da época caracterizado pela remoção dos aglomerados subnormais e deslocamento das famílias para conjuntos habitacionais em outras locais (VALLADARES, 1978).

Um dos empreendimentos icônicos dessas transformações na cidade do Rio de Janeiro foi a construção do conjunto habitacional Cruzada de São Sebastião na década de 1950, no bairro do Leblon, formado por edifícios para abrigar cerca de 945 famílias de favelas nas cercanias como a da Praia do Pinto, que ocupava área ao longo da Lagoa Rodrigo de Freitas, na Zona Sul da cidade (SLOB, 2002). Outro conjunto foi a Cidade Alta, no bairro de Cordovil, Zona Norte da cidade, que recebeu moradores de outras favelas, mas também da favela Praia do Pinto, quando esta teve um incêndio que a extinguiu por completo (BRUM, 2011). O bairro Cidade de Deus, com residências unifamiliares destinado aos antigos moradores da favela da Catacumba, que ficava na encosta da Lagoa Rodrigo de Freitas, foi outro conjunto erigido nessa época, assim como a Vila Kennedy e Vila Aliança, todas na Zona Oeste da cidade.

Dessa forma, de um lado havia a rigidez do Estado ao instituir as remoções forçadas e de outro a resistência daqueles que foram realocados em locais distantes do seu convívio social e de seus trabalhos. O empobrecimento da população com a recessão econômica, o aumento da violência e as crises políticas da década de 1980 e 1990, paulatinamente ambientou ainda mais a expansão desenfreada das favelas no Rio de Janeiro, sem controle algum do Poder Público.

Diante desse cenário de negligência não somente no Estado do Rio de Janeiro, mas em todo o país, as políticas urbanas na virada do século XXI tiveram uma nova postura a partir da sanção da Lei 10.257, denominada Estatuto das Cidades (BRASIL, 2001). Nesse código foram estabelecidas regras para o ordenamento do espaço urbano, através de desenvolvimento sustentável, participação democrática da sociedade, relacionamento cooperativo entre iniciativa pública e privada, bem como planejamento e controle das cidades e do uso do solo, regularização fundiária, integração entre ambientes urbanos e rurais, preservação do meio ambiente, simplificação da legislação urbana e edilícia, e garantia de requisitos mínimos para obtenção de acessibilidade e conforto ambiental das edificações.

Assim, para sua aplicação, tem-se a elaboração de planos de ordenação das extensões geográficas a nível nacional, estadual e municipal, bem como de desenvolvimento social, econômico e ambiental. Instrumentos de planejamento das regiões metropolitanas e documentos de impactos ambientais prévios e de vizinhança também fazem parte das políticas urbanas.

No campo do planejamento municipal se estabeleceu como dispositivo fundamental do Estatuto das Cidades para o desenvolvimento urbano o Plano Diretor. Este instrumento promovido pelo Poder Executivo e Legislativo municipal é obrigatório para cidades com mais de 20 mil habitantes, integrantes de aglomerações urbanas, inseridas em áreas de atividades com impacto ambiental, abrangidas por suscetibilidade a desastres ambientais e ainda inseridas em áreas de interesse turístico. O Plano Diretor deve ser elaborado de forma participativa com a população com periodicidade de revisões no mínimo a cada 10 anos, de modo a assegurar o bem-estar social e os preceitos do Estatuto das Cidades.

O Estatuto das Cidades concede ainda à União a obrigação de promover programas para construir habitações e melhorar as condições de moradia da população, além de criar diretrizes para o desenvolvimento urbanos, com inclusão dos temas habitação, saneamento básico, transporte e mobilidade e ordenamento de acessibilidade universal aos locais de uso público. Essa característica da legislação de responsabilizar o Estado pela promoção de políticas urbanas e habitacionais alia-se aos preceitos já apresentados dos outrora pensadores Engels (2015), Smith (2009) e Locke (2014).

A população brasileira, portanto, é marcada historicamente por profunda segregação social, do período colonial aos dias contemporâneos. Políticas públicas nesse interregno foram incapazes de alterar esse *status quo* de forma resolutiva, ao passo que somente com a aprovação do Estatuto das Cidades (BRASIL, 2001) houve uma iniciativa mais contundente do Poder Público de atender aos direitos dos cidadãos do país, sobretudo aqueles ligados à questão habitacional, estabelecidos tanto na Declaração dos Direitos Humanos quanto na Constituição Federal do Brasil.

2.1.1. OS CONCEITOS DE DÉFICIT HABITACIONAL E INADEQUAÇÃO DE DOMICÍLIOS URBANOS

Embora o país tenha contabilizado em 2018 um Produto Interno Bruto (PIB) de 6,8 trilhão de reais (IBGE, 2018), que corresponde a um PIB *per capita* de cerca de R\$32.600, o que equivaleria a uma renda mensal hipotética de R\$10.866 (renda mensal hipotética = PIB per capita de R\$32.600 / 12 meses x 4 integrantes na família), seu Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) em 2016 foi de 0,754, de acordo com último relatório da Organização das Nações Unidas (ONU, 2017). Isso classifica o Brasil como um país em desenvolvimento e um dos pontos mais críticos é a questão da habitação.

O problema habitacional pode ser dividido em dois grupos principais: (1) necessidade de novos domicílios e (2) domicílios existentes inadequados. No ano de 2015 quando foi realizado o último PNAD (IBGE, 2016), o primeiro grupo, também chamado de déficit habitacional, foi de cerca de 6,5 milhões de residências tanto em ambientes rurais quanto em urbanos, enquanto 11,15 milhões de domicílios foram considerados inadequados, o que representa 19% do espaço amostral de 58,7 milhões de moradias no país (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2018).

Assim, a problemática habitacional atinge um total de 17,6 milhões de domicílios, seja na forma de inadequação, seja na falta dele propriamente, tal qual retratado na **Figura 3**:

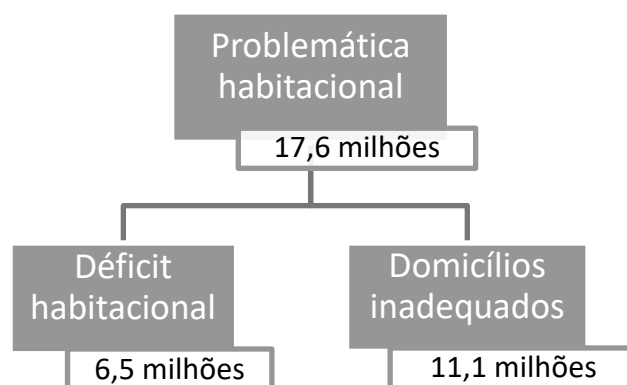


Figura 3 – Composição da problemática habitacional

Fonte: Autor (2020) com dados da PNAD (IBGE, 2016) e (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2018)

A Fundação João Pinheiro realiza pesquisas sobre déficit habitacional e inadequação de domicílios desde 1995, com aprimoramentos e ajustes em sua metodologia de trabalho ao longo desse período. Apesar disso, considerando intervalo de uma década de pesquisa, isto é, do ano 2009 ao 2018, cujos dados usados foram extraídos das Pesquisas Nacionais por Amostragem de Domicílios (PNAD) conduzidas pelo IBGE nos anos de 2007 e 2015, nota-se que houve aumento do déficit habitacional da ordem de 1,3%, passando de 6,273 milhões para 6,355 milhões. A **Tabela 1** a seguir demonstra esse comparativo:

Tabela 1 – Comparação do déficit habitacional por ano de Pesquisa da Fundação João Pinheiro

Ano	2007	2015	Diferença	Índice da diferença
Quantidade	6.273.000	6.355.000	82.000	1,3%

Fonte: Autor (2020) com dados de (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2009) e (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2018)

O déficit habitacional é compreendido como a insuficiência da quantidade de unidades habitacionais seja pela falta de moradias, seja pelo incremento de estoque de moradias, com reflexos distintos de acordo com a região geográfica do país (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2018). Para calculá-lo, utiliza-se a metodologia desenvolvida pela Fundação João Pinheiro (2018), ilustrada pelo fluxograma da **Figura 4** a seguir, sendo que cada domicílio é contado apenas uma vez, não tendo, assim, duplicidade caso ele tenha características de mais de um critério:

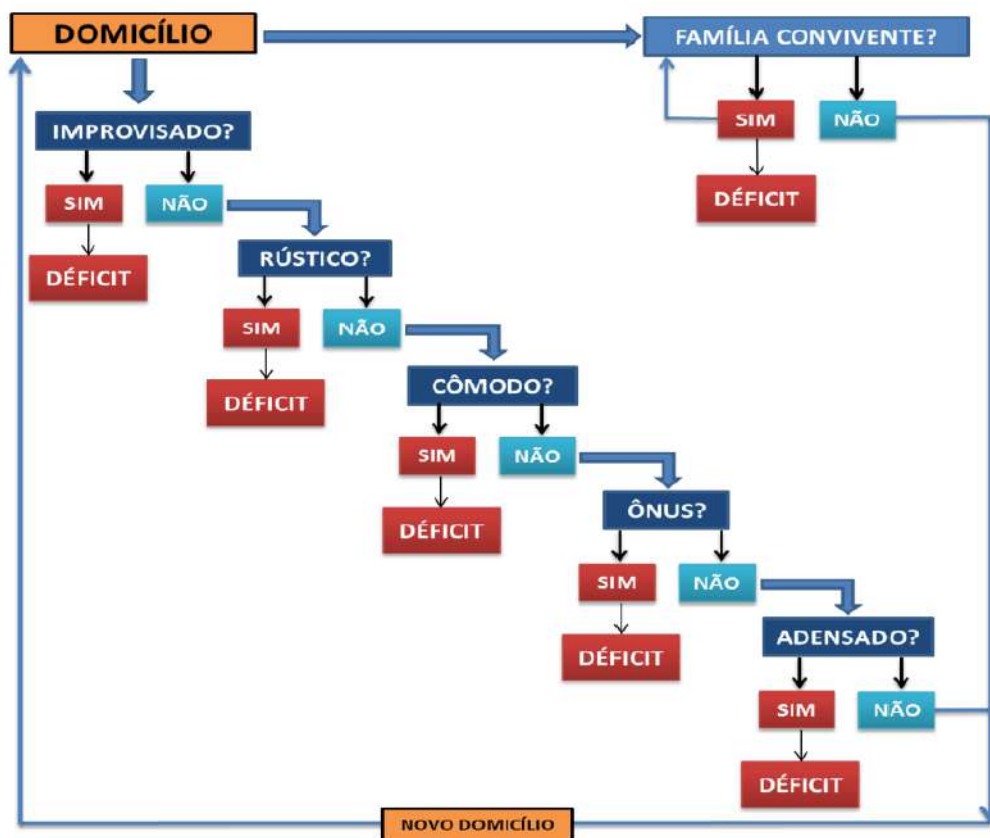
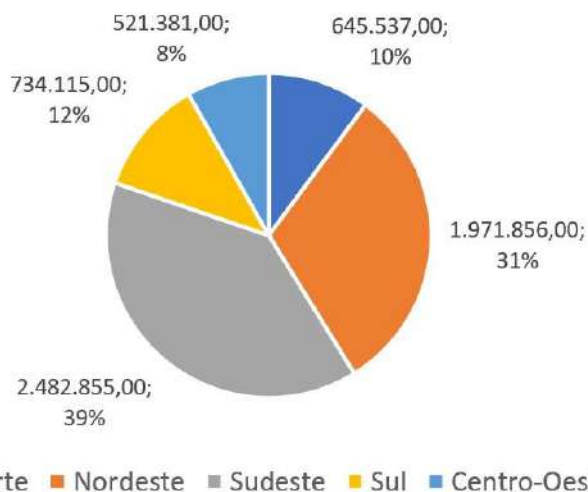


Figura 4 – Fluxograma do cálculo do déficit habitacional.
 Fonte: (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2018)

Os resultados obtidos pelo PNAD 2015 (IBGE, 2016) registram que as regiões geográficas Sudeste (39%) e Nordeste (31%) representam cerca de 80% ou 4,5 milhões de toda necessidade de moradias. Essa distribuição regional é apresentada no **Gráfico 1**:

Gráfico 1 – Distribuição regional do déficit habitacional no ano de 2015



Fonte: Autor (2020) com dados da (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2018)

O déficit habitacional se relaciona intimamente com o estoque de edificações habitacionais, sendo caracterizado, segundo a metodologia da Fundação João Pinheiro (2018) por quatro principais fatores: (1) moradias precárias, isto é, construções improvisadas sem vedações, coberturas, instalações prediais adequadas ou ainda moradias improvisadas, quer seja, uso de locais sem fins residências, falta de moradia de qualquer tipo, que obriga pessoas a viver nas ruas das cidades; (2) coabitação familiar secundária forçada a conviver na mesma moradia, com adensamento de cômodos internos da habitação; (3) comprometimento excessivo para pagamento de aluguel equivalente a mais do que 30% da renda familiar quando a família recebe até 3 salários mínimos mensais; (4) adensamento excessivo de moradores em domicílios alugados.

O **Quadro 1** sintetiza esses fatores que contribuem para o déficit habitacional:

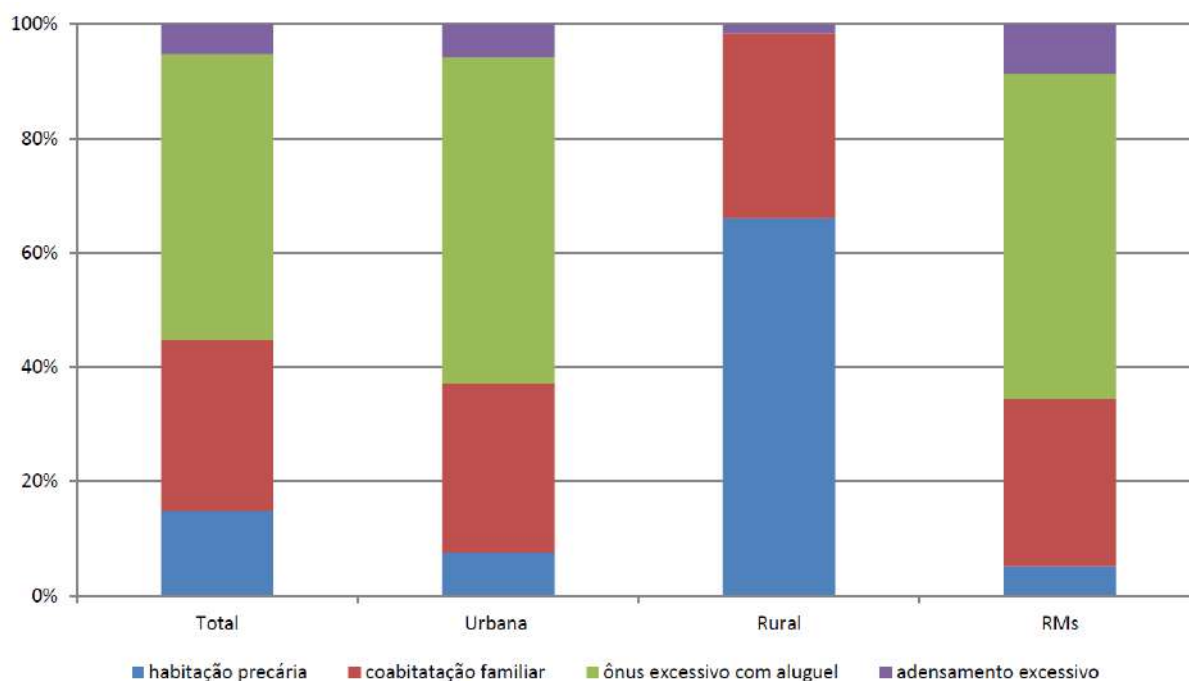
Quadro 1 – Componentes e subcomponentes do déficit habitacional

Item	Componentes e subcomponentes do déficit habitacional	Unidades espaciais	Localização
1	Habitação precária	Domicílios rústicos	Urbano e rural
		Domicílios improvisados	
2	Coabitação familiar	Famílias conviventes	
		Cômodo	
3	Ônus excessivo com aluguel		
4	Adensamento excessivo de domicílios alugados		

Fonte: (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2018)

Esses componentes tem representação distinta de acordo com a localidade, rural ou urbana. Porém, a maior parcela do déficit habitacional a nível nacional diz respeito ao ônus excessivo com aluguel de 30% da renda familiar mensal com participação de 50% do total de domicílios, seguido pela coabitação familiar com cerca de 30% de participação, habitação precária com aproximadamente 15% de participação e, por fim, adensamento excessivo com 5% de participação. Ao analisar as regiões metropolitanas (RMs), percebe-se que o aumento do adensamento excessivo, ao passo que diminui habitação precária. O ônus excessivo com aluguel também é dilatado. Comportamento inversamente proporcional é evidenciado em ambientes rurais, que não possuem número significativo de aluguel. Entretanto, coabitação familiar e precariedade da habitação são os principais componentes. Essas representações são indicadas no **Gráfico 2** e na **Tabela 2**, a seguir:

Gráfico 2 – Composição do Déficit Habitacional, por situação do domicílio e regiões metropolitanas (RMs)



Fonte: (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2018)

Tabela 2 – Participação dos componentes do déficit habitacional a nível nacional

Critério de déficit habitacional	Total domicílios no Brasil	Índice de Representatividade
Habitação precária	942.631	14,83%
Coabitatação	1.902.490	29,93%
Ônus excessivo aluguel	3.177.772	50,0%
Adensamento excessivo de domicílios alugados	332.850	5,24%
Total	6.355.743	

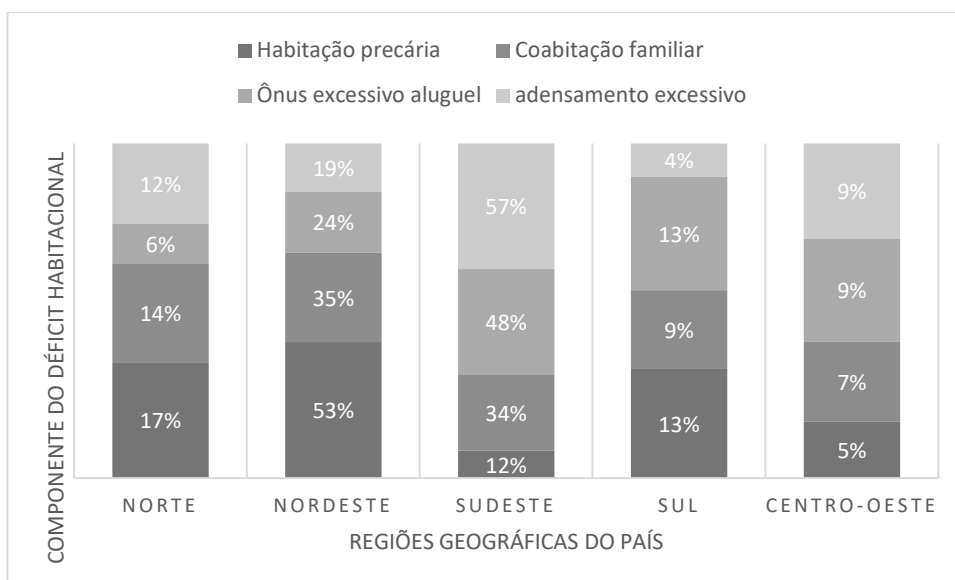
Fonte: (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2018)

A partir disso, o panorama que se apresenta do cenário brasileiro é que, em sua maioria, as famílias brasileiras que detém renda bruta de até 3 salários mínimos aderem à locação de imóvel para ter uma moradia, ou quando tem dificuldade de pagá-lo recorrem a dividir a moradia com outra família.

A distribuição dos componentes do déficit habitacional é bastante heterogênea pelas regiões geográficas do país, o que denota ainda diferentes expoentes enfrentados por cada ente da federação. O adensamento excessivo e o ônus

excessivo com aluguel são mais significativos na região sudeste, enquanto a coabitação familiar e a habitação precária são mais expressivas no Nordeste. O **Gráfico 3** a seguir demonstra o percentual de cada componente distribuído pelas regiões geográficas do Brasil:

Gráfico 3 – Distribuição representativa dos componentes do déficit habitacional nas regiões geográficas do Brasil



Fonte: Autor (2020) com dados da (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2018)

Além do conceito de déficit habitacional, a metodologia da Fundação João Pinheiro (2018) estabelece o caráter de inadequação de moradias como outro segmento distinto que reflete diretamente a qualidade de vida dos moradores. Nessa análise não estão relacionadas as habitações que foram classificadas como déficit habitacional, sendo ainda apontados apenas os domicílios urbanos.

Assim, os domicílios inadequados se relacionam com cinco componentes: (1) carências da infraestrutura urbana básica como energia elétrica, abastecimento de água, esgotamento sanitário, coleta de resíduos sólidos urbanos; (2) adensamento excessivo de domicílios urbanos próprios; (3) ausência de banheiro exclusivo; (4) cobertura inadequada como material de zinco, de palha ou outro material improvisado; (5) inadequação fundiária urbana, isto é, imóvel sem regularização legal. Somam-se a esses fatores, a favelização contínua com danos ambientais profundos, principalmente a partir do desmatamento, ocupação de encostas e nas proximidades de cursos hídricos.

A **Tabela 3** apresenta a quantidade de domicílios e sua representatividade em relação a cada um desses componentes de maneira integrada:

Tabela 3 – Componentes da inadequação de domicílios e sua representatividade

Item	Componentes	Quantidade	Índice representatividade
1	Carência de infraestrutura	7.225.231,00	65%
2	Adensamento excessivo	1.025.717,00	9%
3	Ausência de banheiro	213.732,00	2%
4	Cobertura inadequada	834.722,00	7%
5	Inadequação fundiária (imóvel não legalizado)	1.871.473,00	17%
Total		11.170.875,00	100%

Fonte: Autor (2020) com dados da (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2018)

Como metodologia para determinação da quantidade de domicílios inadequados, a Fundação João Pinheiro (2018) utiliza novamente os dados do PNAD (2018), confrontando-os com os critérios estabelecidos somente sobre as condições do domicílio, não incluindo acesso ao trabalho, escolas, postos de saúde, lazer, entre outros, conforme fluxograma apresentado na **Figura 5** abaixo, que demonstra a hierarquia do cálculo da inadequação dos domicílios:

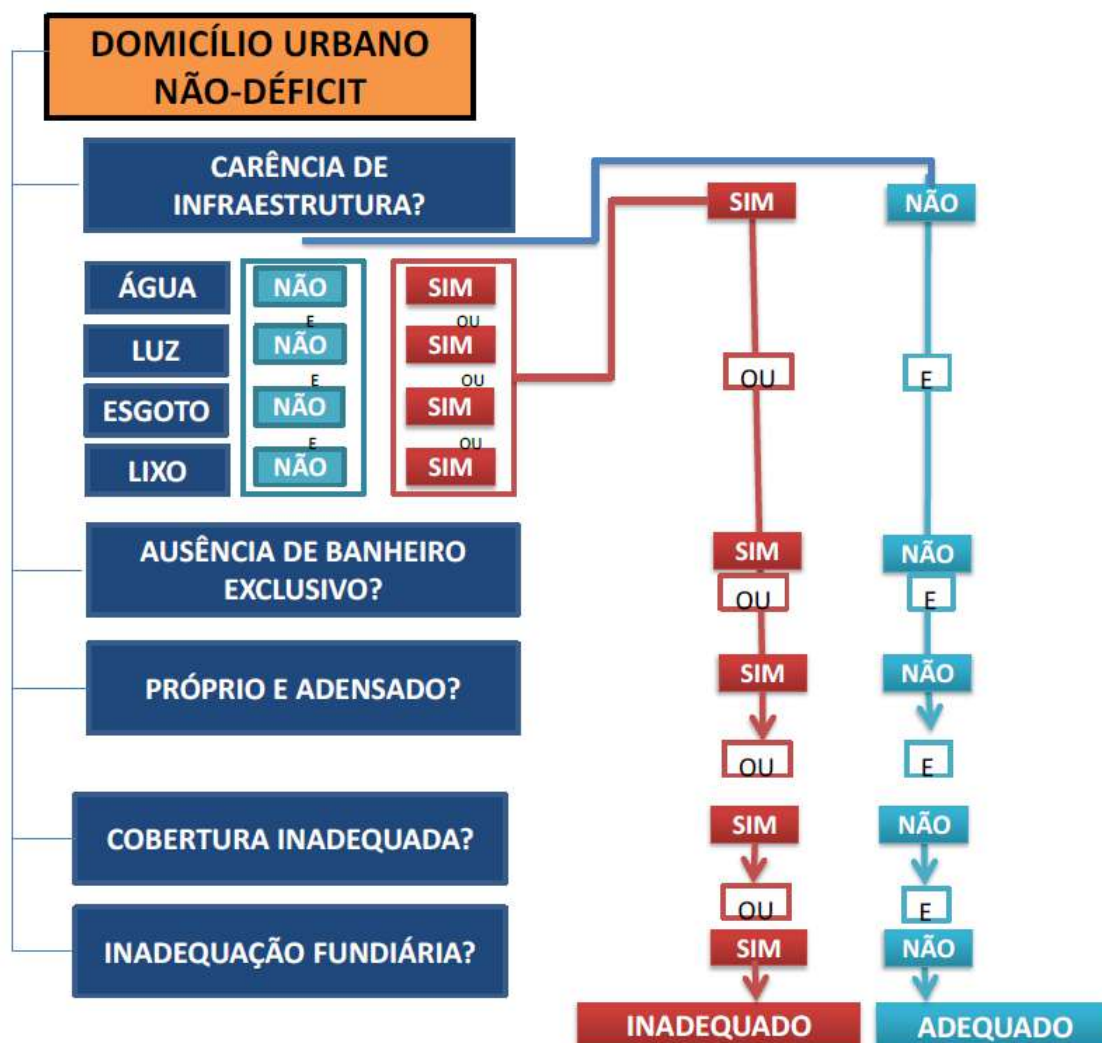
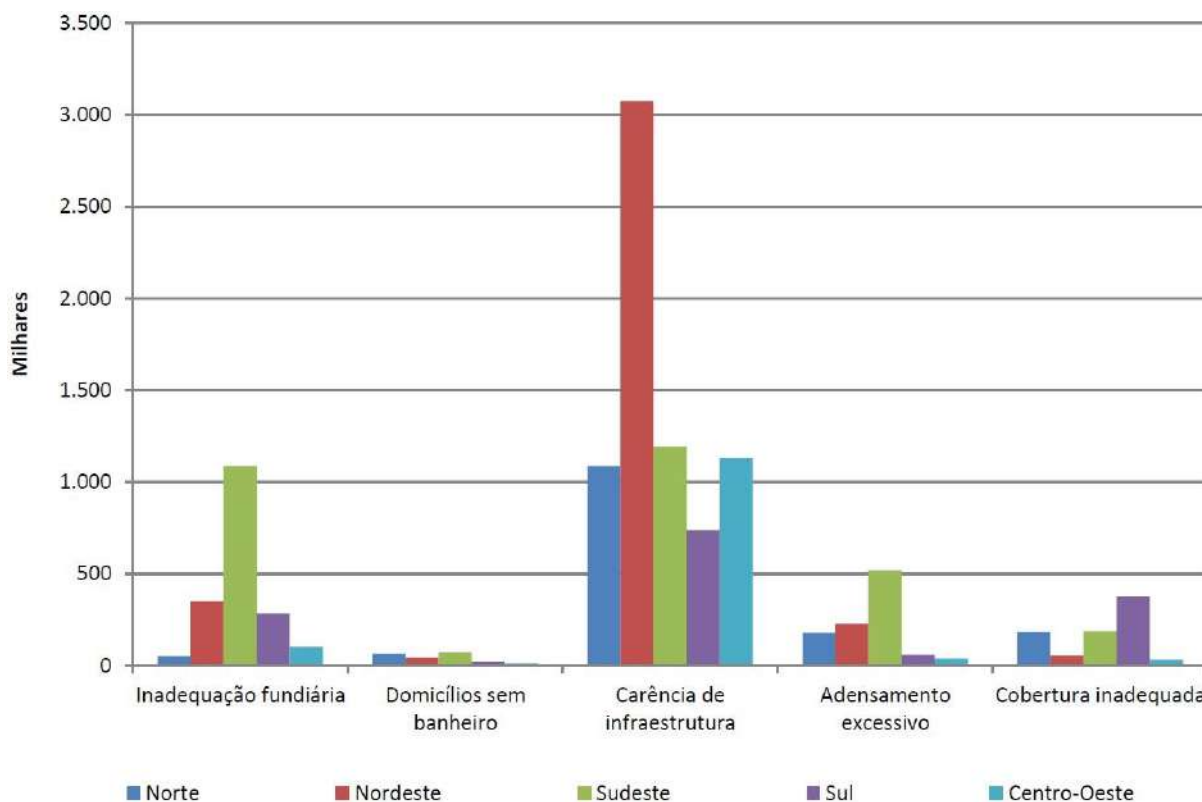


Figura 5 – Fluxograma do cálculo de inadequação de domicílios.

Fonte: (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2018)

A partir de uma ordem decrescente desses critérios de inadequação de domicílios, tem-se como mais agravante a carência de infraestrutura, seguido pela inadequação fundiária, ausência de banheiro exclusivo, cobertura inadequada e adensamento excessivo. O **Gráfico 4** relaciona a distribuição da quantidade de domicílios inadequados de acordo com seus componentes com as regiões geográficas do Brasil:

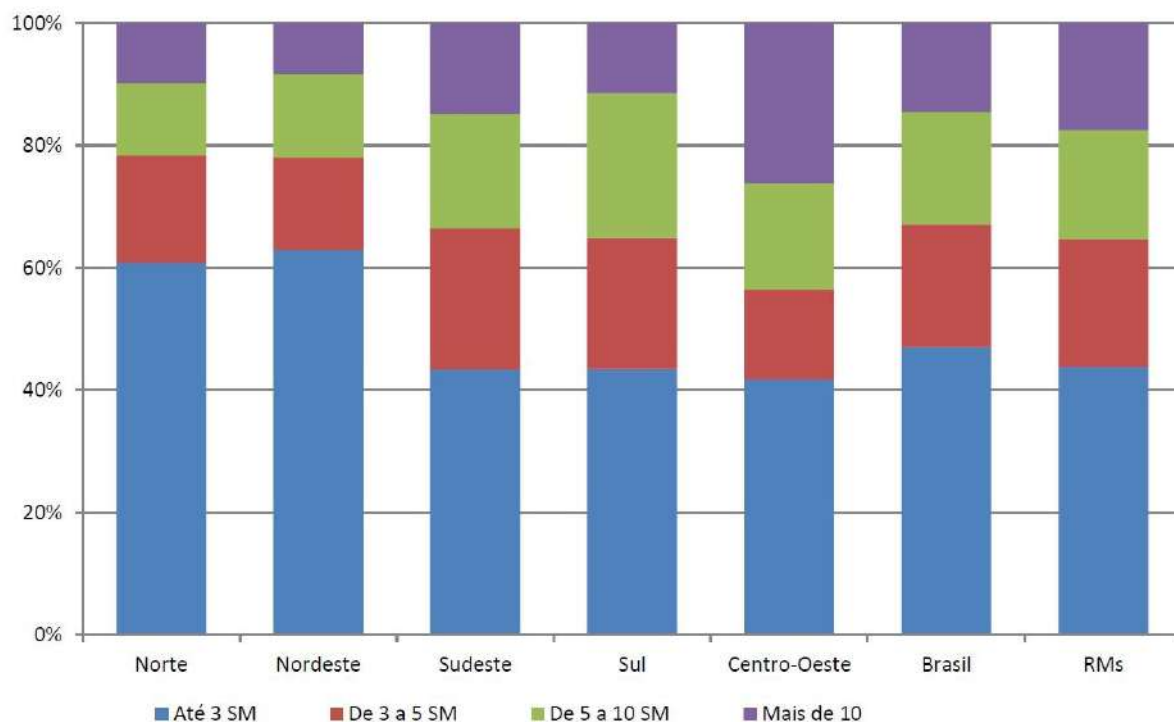
Gráfico 4 – Relação da distribuição dos critérios de inadequação de moradias com as regiões geográficas do país



Fonte: (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2018)

Majoritariamente, quando se relaciona a renda familiar bruta com a inadequação de domicílios, os estados das regiões Norte e Nordeste apresentam os piores resultados em termos de índice de representatividade, refletindo a maior carência dessas localidades. É o caso da inadequação fundiária apresentada pelo **Gráfico 5** onde indica que praticamente a metade do espaço amostral a nível nacional desse critério tem até 3 salários mínimos mensais, embora em números absolutos a região Sudeste tenha mais de 1 milhão de imóveis sem legalização, conforme apontado no **Gráfico 4**.

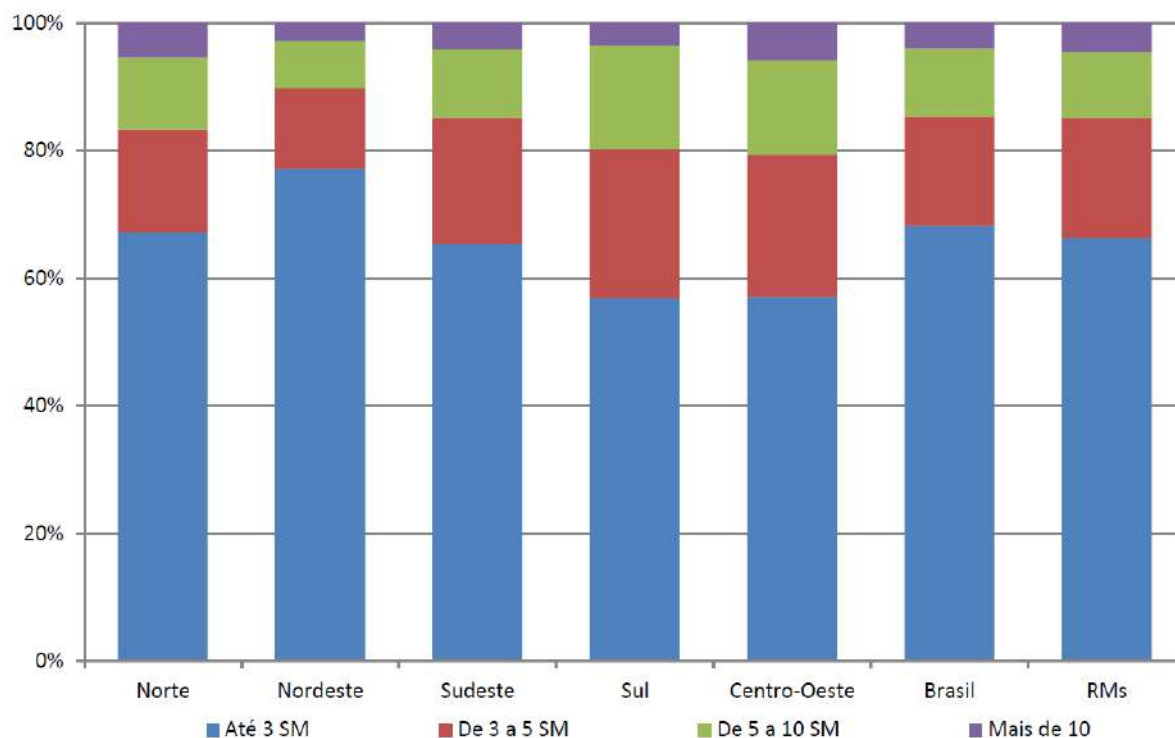
Gráfico 5 – Distribuição de inadequação fundiária conforme renda familiar bruta mensal em salários mínimos (SM)



Fonte: (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2018)

Outra análise que retorna índices relativos em sua maioria acima de 60% em todas as regiões geográficas brasileiras diz respeito ao cruzamento de domicílios ocupados por famílias com renda bruta mensal até 3 salários mínimos com a carência de infraestrutura. Ou seja, quanto menor o poder aquisitivo, menor o acesso à infraestrutura urbana básica como energia, rede de abastecimento de água, esgotamento sanitário, rede de drenagem pluvial, coleta de lixo, entre outros. O **Gráfico 6**, a seguir, indica essa relação entre a carência de infraestrutura urbana e os domicílios:

Gráfico 6 – Relação entre a carência de infraestrutura urbana e domicílios ocupados por 4 faixas de renda mensal em salários mínimos (SM)



Fonte: (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2018)

Nos mapas a seguir são identificados a espacialização dos cinco critérios determinantes da inadequação de domicílios de acordo com o percentual de cada quesito por unidade da federação.

Nota-se então pela **Figura 6** que os estados do Amapá, Rondônia e Mato Grosso do Sul tem mais de 45% dos domicílios inadequados com *carência de infraestrutura*, ao passo que Mato Grosso, Ceará, Rio Grande do Norte e Alagoas oscilam entre 30% e 45%. Já o Acre, Amazonas, Pará, Maranhão, Tocantins, Goiás, Paraíba, Pernambuco, Sergipe e Bahia, variam de 15% a 30%, enquanto os demais estados comprem até 15%.

Em relação ao *adensamento excessivo em domicílios*, a **Figura 6** demonstra que todos os estados da região Norte com exceção do Pará e Rondônia, tem mais de 5% nessa categoria, enquanto Pará junta-se ao Rio de Janeiro com variação de 2,5% a 5%. Toda a região Nordeste, acrescida de Rondônia, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, São Paulo e Espírito Santo, possuem de 1% a 2,5%. O restante dos Estados não chega a 1% nesse critério.

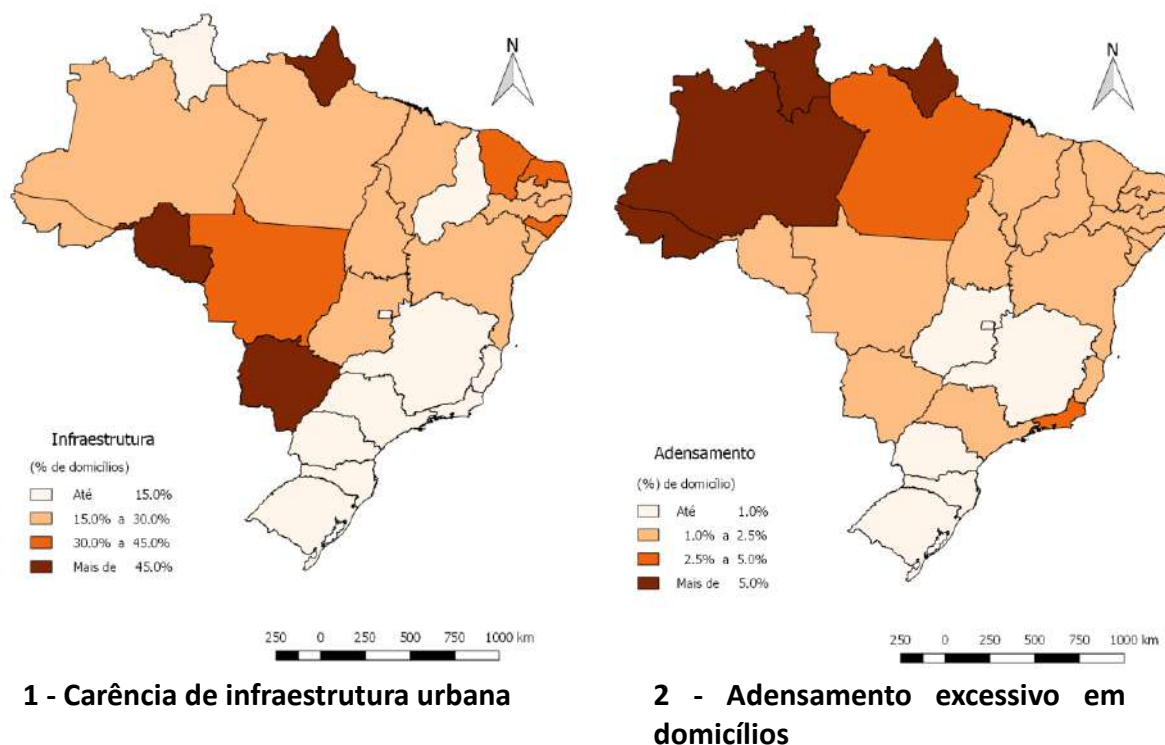


Figura 6 – Mapas de carência de infraestrutura urbana e adensamento excessivo em função de sua representatividade nas unidades da federação

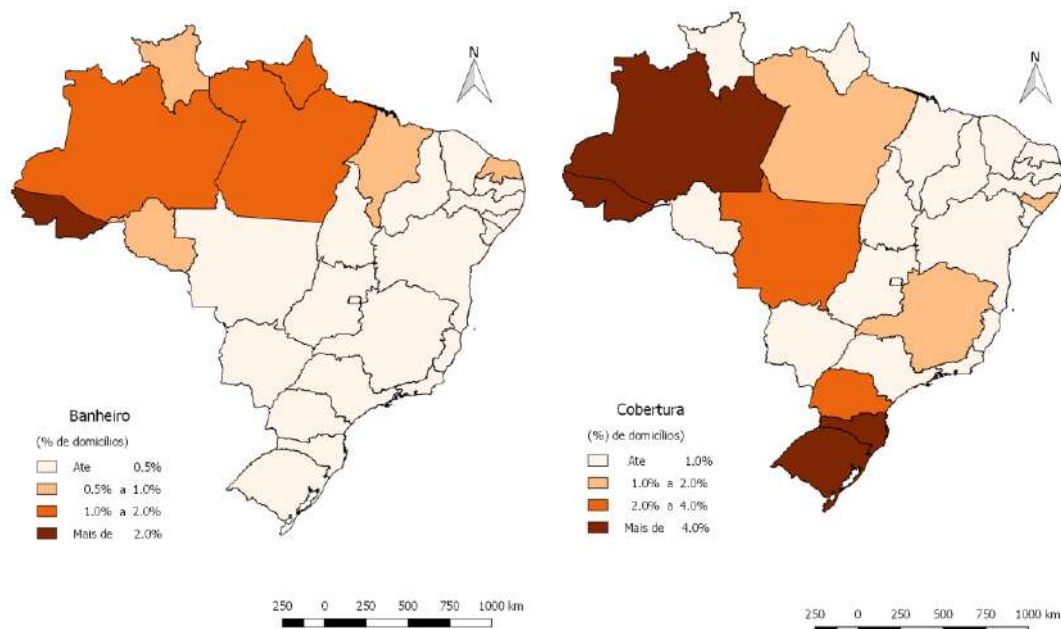
Fonte: (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2018)

A Acre é o estado mais crítico na componente *ausência de banheiros exclusivos* com mais de 2% dos domicílios, seguido por Amazonas, Pará e Amapá com variação de 1% a 2%. Roraima, Rondônia, Maranhão e Rio Grande do Norte estão na faixa de 0,5% e 1% desse critério, enquanto os outros estados do país estão abaixo de 0,5%. A **Figura 7** ilustra essa questão.

Essa mesma figura também traz o mapa da componente *cobertura inadequada*. Nesse ponto, é visto que os estados mais críticos se localizam tanto na região Norte quanto na Sul, sendo Acre, Amazonas, Santa Catarina e Rio Grande do Sul os que estão acima de 4% do total de domicílios inadequados. Já Mato Grosso e Paraná estão na faixa de 2% a 4%, enquanto Pará, Alagoas e Minas Gerais de 1% a 2%. Os demais estados tem representatividade de menos de 1% nessa componente.

O Rio de Janeiro se destaca com mais de 5% de seus domicílios inadequados no âmbito da *inadequação fundiária urbana*, conforme mostrado na **Figura 8**. Entretanto, Goiás, Ceará, Pernambuco, Bahia, Espírito Santo, São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul variam de 2,5% a 5%. Já Acre, Amapá, Pará, Mato Grosso, Mato

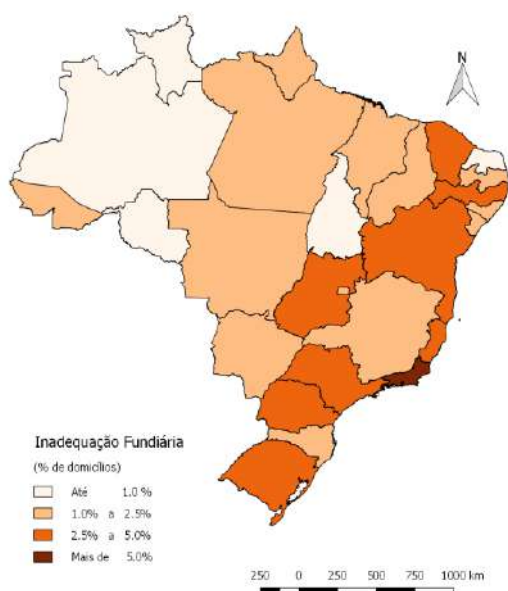
Grosso do Sul, Maranhão, Piauí, Paraíba, Alagoas, Sergipe, Minas Gerais e Santa Catarina estão na faixa de 1% a 2%. Roraima, Amazonas, Rondônia, Tocantins e Rio Grande do Norte apresentam percentual abaixo de 1%.



3 - Ausência de banheiro

4 - Cobertura inadequada

Figura 7 – Mapas de ausência de banheiro exclusivo e cobertura inadequada em função de sua representatividade nas unidades da federação
 Fonte: (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2018)



5 - Inadequação fundiária urbana

Figura 8 – Mapa de inadequação fundiária urbana em função de sua representatividade nas unidades da federação
 Fonte: (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2018)

Assim, conclui-se que esses dois conceitos, isto é, o déficit habitacional e inadequação de moradias, estão intimamente relacionados, embora o primeiro tenha referência diretamente com a quantidade de moradias necessárias para suprir a demanda de habitação do país, enquanto o segundo aspecto diz respeito a qualidade do ambiente da moradia. Moradias inadequadas não exigem intrinsecamente a construção de novas edificações, já que dentro de seus cinco principais critérios é possível estabelecer medidas remediadoras, sendo então um conceito mais usado para promover políticas públicas específicas para determinado público alvo (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2018).

Evidenciou-se também que o déficit habitacional se caracteriza por famílias que tenham até 3 salários mínimos (SM) de renda bruta mensal. Já a inadequação de domicílios compreende 4 faixas de rendas – até 3 SM, de 3 a 5 SM, de 5 a 10 SM e acima de 10 SM – sendo a primeira faixa que caracteriza os maiores índices de representatividade dentro dos critérios que compõem esse conceito.

Apesar de alguns mecanismos jurídicos aprovados pelo Poder Legislativo e sancionados e conduzidos pelo Poder Executivo, que influenciaram políticas públicas e programas habitacionais, como o Minha Casa Minha Vida, realizados a partir da virada do século XXI, a política habitacional no país ainda carece de efetividade para diminuir o déficit habitacional e a inequação de domicílios e promover a qualidade de vida dos cidadãos brasileiros, haja vista a comparação já demonstrada entre os trabalhos desenvolvidos pela Fundação João Pinheiro em 2009 e 2018, que denotam aumento do déficit habitacional.

O aumento do déficit habitacional em números absolutos nesse período de 10 anos foi da ordem de apenas 1,3%, porém isso atesta que o problema habitacional no Brasil permanece. Era de se esperar que o incremento das unidades habitacionais produzidas no âmbito do PMCMV ao longo dessa década fosse reduzir a falta de estoque de domicílios. A realidade é que essas novas construções serviram apenas para não aumentar exponencialmente o déficit habitacional.

Um dos fatores que justifica essa estagnação com ligeiro aumento no déficit habitacional se relaciona com a situação econômica do país, caracterizada por uma taxa de desocupação de 12% (IBGE, 2019), impondo maior desigualdade social. Além disso, desde a publicação do Estatuto das Cidades (BRASIL, 2001), as cidades brasileiras avançaram pouco no controle espacial de seus territórios, haja vista a

quantidade significativa de quase 2 milhões de imóveis sem registro legal em áreas urbanas, o que denota a falta recorrente de regularização fundiária nos centros urbanos. Os investimentos em infraestrutura também não atingiram parcela considerável da sociedade, apesar dos programas governamentais nas três esferas, sejam eles Favela Bairro (Municipal), Morar Carioca (Municipal), Programa de Aceleração do Crescimento – PAC (Estadual com recursos Federais), uma vez que mais de 7 milhões de moradias estão sem algum tipo de acesso aos sistemas de serviços públicos como distribuição de energia, abastecimento de água, esgotamento sanitário, entre outros (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2018).

Essa falta de eficiência e eficácia do Estado compromete a qualidade de vida principalmente da população de menor poder aquisitivo, composta por famílias de renda mensal bruta de até 3 salários mínimos. A isso remonta-se aos conceitos sugeridos pelos pensamentos de Smith (2009) e Locke (2014) séculos atrás no que diz respeito à presença do Estado para auxiliar aqueles menos favorecidos e tornar as cidades mais inclusivas.

Entretanto, outros agentes além das instituições públicas devem participar do processo de inclusão social de modo a impulsioná-lo, como a iniciativa privada, organizações sociais e o próprio cidadão. Afinal, garantir o atendimento aos requisitos impostos pela Constituição Federal quanto ao direito à moradia a todos os cidadãos brasileiros, proporciona uma sociedade com características mais sustentáveis, mais competitiva a nível de produtividade e mais desenvolvida social e economicamente.

2.1.2. O PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA

A política habitacional do Brasil teve alguns programas e instituições de fomento durante o século XX para o desenvolvimento de moradias com o objetivo de reduzir o déficit habitacional e promover melhoria da qualidade de vida da população. Dentre estes, existiram companhias de desenvolvimento habitacional estaduais, chamadas de COHABs ou CEHABs, e o Banco Nacional de Habitação (BNH), que era responsável gestão dos recursos financeiros destinados ao setor.

As duas primeiras ainda existem em vários estados da federação, entretanto, o BNH foi extinto na década de 1980. A partir de então, houve algumas iniciativas promovidas pelo Governo Federal, mas de pouca capilaridade, conquanto outras a

nível municipal e estadual em diversas regiões do país novamente com menor efeito e vulto.

Atuação mais abrangente e uniforme em todo o território nacional de políticas habitacionais foi realizada somente com o advento do amadurecimento do tema a partir da sanção do Estatuto das Cidades e da criação do Programa Minha Casa Minha Vida, na primeira década do século XXI.

O Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), instaurado pela Lei 11.977/2009, estabelece dispositivos para o incentivo à construção e aquisição de habitações para famílias com renda mensal de até 10 salários mínimos, mediante subvenção econômica ao mutuário para a contratação de financiamento habitacional (BRASIL, 2009). Por abranger imóveis tanto em áreas urbanas quanto em regiões rurais, o PMCMV subdivide-se no Programa Nacional de Habitação Urbana – PNHU e no Programa Nacional de Habitação Rural – PNHR.

Pela complexidade do programa, muitas partes interessadas interagem ao longo do processo de viabilidade, planejamento, construção e operação dos empreendimentos imobiliários que ofertam as unidades habitacionais. Entre esses agentes estão os seguintes: (1) Governo Federal que, através de seus ministérios, institui as diretrizes, regras e normas gerais, define as áreas prioritárias e realiza o acompanhamento e avaliação do cumprimento das metas do programa; (2) Caixa Econômica Federal (CEF) como operador financeiro e responsável pela contratação da empresa que executará o empreendimento e pelo acompanhamento da obra, além de ser a financiadora dos beneficiários finais, bem como exercer a função de gestora do FGTS; (3) Fundo de Arrendamento Residencial (FAR), Fundo de Desenvolvimento Social (FDS) e Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS), que são responsáveis pelo aporte financeiro necessário a realização dos empreendimentos, os quais são geridos por conselhos curadores exclusivos; (4) prefeituras, governos estaduais e distrital, que são responsáveis por aprovar o enquadramento de projetos nas faixas de renda do programa, além de promover a modalidade que contempla a faixa de renda 1, através de instrumentos de favorecimento ao desenvolvimento social e urbano com isenção ou redução de tributos, indicação de beneficiários mediante cadastro de famílias carentes, cessão de terrenos próprios ao FAR para a construção de empreendimentos, seleção de construtoras que atuarão nos empreendimentos desta categoria por meio de chamamentos públicos e realização de serviços sociais

de amparo às famílias beneficiadas; (5) construtoras, que são responsáveis pelo projeto e execução das obras dos empreendimentos em todas as faixas do programa, além de exercer também para as faixas de renda 1,5, 2 e 3 o papel de incorporadora ao realizar as vendas das unidades habitacionais; (6) entidades sem fins lucrativos, que são responsáveis, a semelhança das construtoras, da elaboração dos projetos e da execução do empreendimento no âmbito da faixa 1, com o adicional de ter a responsabilidade de juntar os beneficiários; por fim, (7) as famílias que são as beneficiárias finais do programa, as quais são classificadas conforme sua renda bruta mensal.

O **Quadro 2**, a seguir, estrutura os envolvidos e suas funções no âmbito do programa MCMV:

Quadro 2 – Relação de envolvidos e suas funções no âmbito do PMCMV

Item	Envolvido	Função
1	Governo Federal	Idealizador, mantenedor e gestor geral
2	Caixa Econômica Federal (CEF)	Operador, agente financeiro, gestor dos fundos
3	FGTS, FAR, FDS	Financiador
4	Poder executivo estadual e municipal	Fomentador, gestor de beneficiários
5	Construtora	Construtor e/ou Incorporador do empreendimento, agente executor
6	Entidade sem fins lucrativos	Construtor e gestor de beneficiários, agente executor
7	Família com renda de até 10 Salários Mínimos	Beneficiário final

Fonte: Autor (2020)

Essa interação de envolvidos e as funções que exercem ao longo do processo de desenvolvimento de um empreendimento residencial são apresentadas no fluxograma da **Figura 9** a seguir:

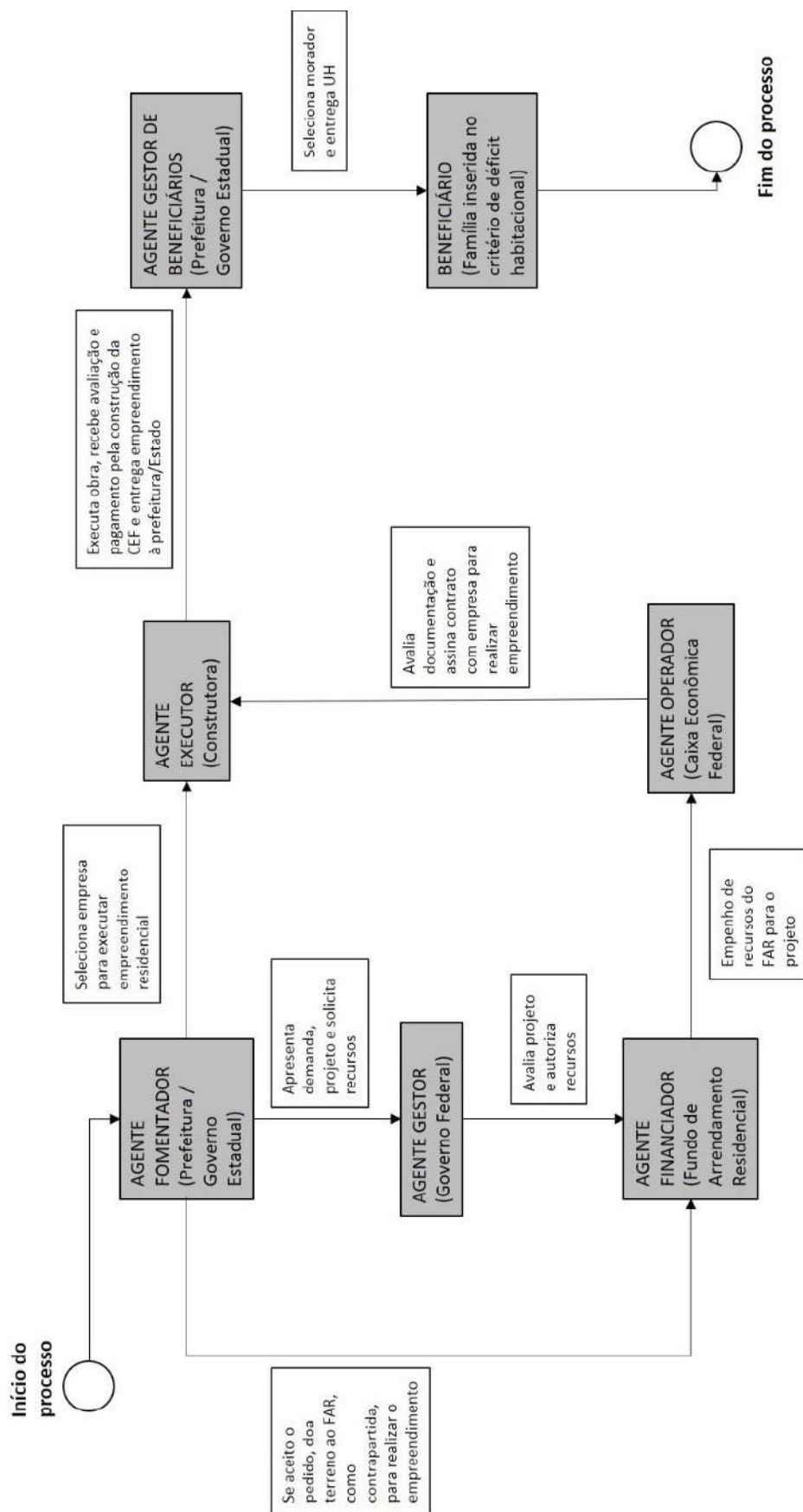


Figura 9 – Fluxograma de interação entre envolvidos do PMCMV
Fonte: Autor (2020)

Outros agentes influenciam de alguma forma o PMCMV, como proprietários de terrenos, arquitetos, engenheiros, entidades de classes profissionais, entidades e associações setoriais, fornecedores de materiais e equipamentos de construção. Dessa forma, um dos grandes desafios do programa é a integração eficaz e eficiente entre esses envolvidos para garantir o atendimento ao usuário final da moradia.

O financiamento do PMCMV é realizado através de fundos que disponibilizam recursos conforme a modalidade do empreendimento e o público-alvo. Os principais mantenedores de recursos são o Fundo de Arrendamento Residencial (FAR) e o Fundo de Desenvolvimento Social (FDS), os quais recebem provimento do Orçamento Geral da União, além do Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS), que está atrelado a contribuição compulsória dos empregadores para o amparo dos trabalhadores demitidos, tal qual estabelecido pela Lei 8.036 (BRASIL, 1990).

Os dois primeiros fundos aplicam os recursos exclusivamente na construção de habitações de interesse social (HIS) para atendimento de famílias com renda bruta de até R\$1.800,00 por mês, isto é, famílias inseridas na faixa 1 do programa, enquanto o terceiro é usado para financiamento imobiliário, proporcionando desconto na aquisição de imóvel através de subsídio e redução da taxa de juros no saldo devedor contraído pelo mutuário inserido nas demais faixas de renda, isto é, faixa 1,5, 2 e 3. O FGTS também disponibiliza recursos para financiar a produção da construção realizada por construtoras credenciadas junto à instituição financeira.

A **Figura 10** demonstra a relação dos tipos de empreendimentos atendidos pelo PMCMV por cada faixa de renda e os fundos de recursos vinculados a elas, isto é, a modalidade de Chamamentos Públicos destinados a seleção de empresa construtora que será responsável pelo empreendimento do projeto à construção, e a modalidade de Incorporação Imobiliária, cujo objetivo é o de alienação:

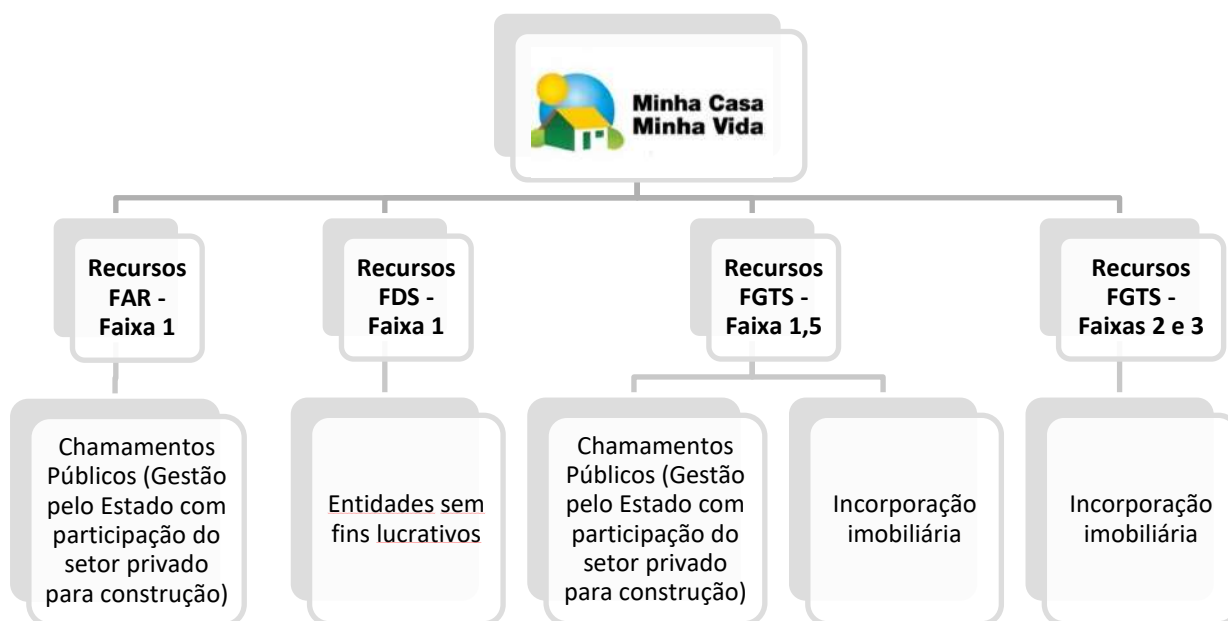


Figura 10 – Hierarquização de aplicação dos recursos dos fundos

Fonte: Autor (2020)

Apesar da característica principal do FGTS se relacionar com a questão trabalhista, enquanto o trabalhador não tiver direito ao uso do dinheiro retido, esses recursos ficam atrelados ao Sistema Financeiro da Habitação (SFH), instituído pela Lei 4.380 (BRASIL, 1964). Deste modo, o objetivo desta medida é o de oferecer crédito imobiliário com taxas de juros menores e maior prazo para pagamento da dívida para a aquisição da casa própria.

Além dos recursos do FGTS, o SFH também opera com recursos do Sistema Brasileiro de Poupança e Empréstimo (SBPE). Juntas essas duas fontes de recursos, conforme a legislação em vigor, correspondem a 70% do montante disponibilizado para atuação no financiamento habitacional.

Em 10 anos de vigência, o PMCMV foi aprimorado e ajustado em três fases. O **Quadro 3** abaixo indica os períodos de vigência de cada fase, suas metas e realizações, destacando-se a representatividade da quantidade de unidades habitacionais construídas no período da fase 2, que foi a mais longa:

Quadro 3 – Quantidade de Unidades Habitacionais contratadas pela CEF no âmbito do PMCMV

Fase	Período	Meta de construção	Quantidade construída (U.H.)				
		Governo Federal (U.H.)	Total	Índice representativo	Faixa 1	Faixa 1,5	Faixa 2 e 3
1	2009 a 2011	1.000.000	1.000.000	20%	480.000	--	520.000
2	2011 a 2016	2.000.000	2.750.000	53%	1.225.000	--	1.525.000
3	2016 a 2019	2.650.000	1.405.000	27%	95.000	46.000	1.264.000
Total		5.650.000	5.155.000		1.800.000	46.000	3.309.000
					35%	1%	64%

Fonte: Autor com dados obtidos junto à Caixa Econômica Federal (2019)

O **Quadro 3** também demonstra que, nesse período de vigência do programa, aproximadamente meio milhão de unidades habitacionais (UH) foram construídas anualmente, sendo que houve predominância no financiamento das faixas de renda 2 e 3, uma vez que 64% de todas as moradias construídas foram para atender a esse público, enquanto a faixa de renda 1 representou 35% e a faixa de renda 1,5 – que foi criada somente na 3ª fase do programa a partir do ano 2016 – tem apenas 1% das unidades habitacionais construídas.

Nota-se também que na primeira fase do programa, estipulou-se como meta a contratação de 1 milhão de unidades habitacionais, as quais foram atendidas em um período de 2 anos. Nos 5 anos subsequentes, isto é, de 2011 a 2016, a meta de 2 milhões de moradias foi superada em 38%, alcançando a marca de 2,75 milhões de habitações. Nos últimos 3 anos analisados do programa não foi atingido a meta estipulada para o período, cuja produção habitacional ficou 47% menor do que o esperado.

A faixa de renda 1,5 criada a partir de 2016, aludida nesse **Quadro 3** com pouca representatividade de unidades construídas perante as outras duas modalidades, tem

como objetivo suprir a demanda por moradias para famílias que se encontram em uma espécie de “limbo”. Essa configuração se reflete em famílias que tem renda ligeiramente acima daqueles beneficiados na faixa 1, as quais são incluídas no âmbito do déficit habitacional, contudo, ao mesmo tempo, não se enquadram nos critérios para aquisição de financiamento imobiliário, como o caso da faixa 2 e 3. Embora essa distorção tenha sido levada em consideração da revisão da fase 3 do PMCMV, sua efetividade é colocada em dúvida em função dos minguados números de unidades habitacionais contratadas exclusivamente para essa faixa de renda.

O subsídio concedido ao beneficiário do programa varia conforme a renda familiar, com maior benefício para as famílias de menor renda, sendo ainda instituído prioridade de atendimento para residentes em áreas de risco, famílias com mulheres responsáveis pela unidade familiar e famílias constituídas por algum integrante com deficiência.

Além disso, outras medidas se fazem necessárias para priorização do atendimento do programa, como a doação por parte dos entes da federação de terrenos em áreas urbanas consolidadas para a implantação de empreendimentos residenciais, desoneração de tributos para o incentivo à produção das edificações e criação de instrumentos pela municipalidade para o controle das áreas urbanas ociosas.

O benefício à população, em suma, se divide em subvenção econômica por meio de redução do valor total a pagar pelo imóvel, e/ou redução da taxa de juros cobrada para o financiamento imobiliário conforme a renda familiar. Os beneficiários do programa foram classificados em quatro faixas, tal qual estabelecido no **Quadro 4** a seguir:

Quadro 4 – Tipo de benefícios de acordo com a renda familiar.

Faixa	Renda familiar máxima do mutuário	Subsídio do governo máximo concedido ao mutuário	Taxa de Juros CEF (sem TR)	Duração máxima do financiamento ao mutuário	Quota financiada pela CEF do valor do imóvel	Valor máximo do imóvel (DF, MG, RJ e SP)
1,0	R\$ 1.800,00	R\$ 86.400,00	0%	10 anos (120 meses)	10%	R\$ 96.000,00
1,5	R\$ 2.600,00	R\$ 47.500,00	5,00%	30 anos (360 meses)	Até 80%	R\$ 144.000,00
2,0	R\$ 3.000,00	R\$ 29.000,00	6,00%	30 anos (360 meses)	Até 80%	R\$ 240.000,00
	R\$ 4.000,00	R\$ 29.000,00	6,50%	30 anos (360 meses)	Até 80%	R\$ 240.000,00
3,0	R\$ 7.000,00	R\$ 0,00	8,16%	30 anos (360 meses)	Até 80%	R\$ 240.000,00

Fonte: Autor com dados obtidos junto à Caixa Econômica Federal e Ministério Desenvolvimento Regional (2019)

Assim, uma família com renda de até R\$1.800,00 mensais tem acesso a modalidade do programa que concede unidade habitacional através de sorteio público promovido pela municipalidade local, a qual está inserida em empreendimento residencial gerido pelo Estado e construído pela iniciativa privada com recursos públicos. Essa família, uma vez contemplada, recebe as chaves de sua moradia ao fim da construção, pagando em seguida durante até 10 anos apenas 10% do valor total da unidade habitacional para a região onde está inserida.

Dessa forma, o beneficiário residente da cidade do Rio de Janeiro, cujo valor máximo do imóvel na faixa 1 é de R\$96.000, pagaria R\$9.600,00 dividido ao longo de até 10 anos, o que equivale a uma prestação mensal de menos de R\$100,00. Essa modalidade é a que tem por objetivo atender as famílias de menor renda do país e, portanto, menos favorecidas.

A Portaria 114 (BRASIL, MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2018) estabelece ainda a forma de distribuição a nível nacional da meta de contratação de moradias, conforme

a estimativa do déficit habitacional indicado para cada região geográfica pela Fundação João Pinheiro (2018). O **Quadro 5** indica esse índice de distribuição:

Quadro 5 – Distribuição da meta de contratação de unidades habitacionais de acordo com déficit habitacional

Região	Índice de distribuição
Norte	8,9%
Nordeste	27,5%
Sudeste	44,6%
Sul	10,7%
Centro-Oeste	8,3%

Fonte: (BRASIL, MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2018)

Em função do regionalismo do território nacional que confere variações dos custos diretos como aqueles vinculados à construção sejam eles mão de obra, materiais e equipamentos, além do valor dos terrenos, bem como de custos indiretos relacionados à assistência técnica e social, infraestrutura básica, tributos, entre outras despesas, o valor máximo dos imóveis destinados à faixa 1 do PMCMV segue o **Quadro 6**:

Quadro 6 – Valor máximo da unidade habitacional por localidade e tipologia no âmbito da faixa 1 do PMCMV

LOCALIDADE	TIPOLOGIA	Valor Máximo (R\$ 1.00)			
		DF, RJ e SP	SUL, ES E MG	CENTRO-OESTE, EX-CETO DF	NORTE e NORDESTE
Capitais classificadas pelo IBGE como metrópoles.	Apartamento e casa sobreposta	96.000	88.000	82.000	82.000
	Casa	93.000	85.000	79.000	79.000
Demais capitais estaduais, municípios das RM das capitais estaduais, de Campinas, da Baixada Santista e RIDE de Capital com população maior ou igual a 100 mil habitantes, capitais regionais, classificadas pelo IBGE, com população maior ou igual a 250 mil habitantes.	Apartamento e casa sobreposta	95.000	82.000	80.000	80.000
	Casa	92.000	79.000	77.000	77.000
Municípios com população igual ou maior que 250 mil habitantes e municípios das RM das capitais estaduais, de Campinas, da Baixada Santista e das RIDE de Capital com população menor que 100 mil habitantes e capitais regionais, classificadas pelo IBGE, com população menor que 250 mil habitantes.	Apartamento e casa sobreposta	88.000	80.000	78.000	78.000
	Casa	85.000	77.000	75.000	75.000
Municípios com população maior ou igual a 50 mil habitantes e menor que 250 mil habitantes.	Apartamento e casa sobreposta	84.000	75.000	73.000	73.000
	Casa	81.000	72.000	70.000	70.000
Municípios com população entre 20 e 50 mil habitantes.	Apartamento e casa sobreposta	73.000	70.000	68.000	68.000
	Casa	70.000	67.000	65.000	65.000
Demais municípios.	Casa	64.500	63.500	62.500	62.500

Fonte: Portaria 660 (BRASIL, MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2018)

Diante disso, o valor máximo das moradias da faixa 1 do PMCMV difere de acordo com as tipologias das edificações, bem como o porte do município para cada região geográfica, segundo a classificação feita pelo IBGE.

Tendo em vista que não existe alienação das unidades habitacionais construídas, mas sim o sorteio para destinação do futuro morador, essa modalidade é reconhecida como obra no regimento preço global. O repasse dos recursos para a execução da obra é realizado periodicamente pelo agente operador (no caso a Caixa Econômica Federal) de acordo com a evolução a obra e o cumprimento dos trâmites legais.

Para a faixa 1, os critérios de seleção de empreendimentos, as características edilícias e urbanísticas, as diretrizes para elaboração dos projetos, as condições para a implantação de empreendimentos, como localização, infraestrutura necessária a ser atendida, entre outros parâmetros, bem como as especificações técnicas mínimas tanto da unidade habitacional quanto do empreendimento como um todo são de responsabilidade do Governo Federal. Por conseguinte, essas regras são publicadas

por meio de portarias e instruções normativas ministeriais, regendo a aplicação dos recursos dos fundos FAR, FDS e FGTS, conforme a faixa de renda de atendimento.

Os recursos do Fundo de Arrendamento Residencial (FAR) destinados ao grupo mais carente da sociedade, isto é, famílias da faixa 1, são regidos pela portaria 660 (BRASIL, MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2018). As diretrizes por ela instituídas tem por objetivo garantir habitabilidade, com atendimento de infraestrutura, acesso à equipamentos sociais e inserção territorial, conforme os seguintes eixos estruturantes: (1) conectividade com o entorno físico e malha viária, sem se tornar uma barreira física à conexão com a cidade; (2) mobilidade e acessibilidade com prioridade ao uso por pedestres e pessoas com deficiência física, garantia de circulação de transporte, acesso à serviços públicos; (3) diversidade com indução da criação de microcentralidades através de áreas destinadas à usos comerciais, serviços públicos e institucionais, além de concepção de tipologias arquitetônicas e de implantação heterogêneas; (4) infraestrutura e sustentabilidade com projeto que evite impactos na arborização e movimento de terra, com adoção de soluções de conforto ambiental, soluções de redução do consumo energético e uso de fontes renováveis de energia, soluções de gestão de reuso de água, gestão do esgotamento sanitário e gestão dos resíduos sólidos; (5) sistemas de espaços livres com projeto que os promova e integre-os adequadamente, com previsão ainda de iluminação, arborização e mobiliário urbano.

Esses eixos estruturantes são sintetizados no **Quadro 7** a seguir:

Quadro 7 – Eixos estruturantes do desenho urbano para empreendimentos no PMCMV

Item	Eixo
1	Conectividade
2	Mobilidade e acessibilidade
3	Diversidade
4	Infraestrutura e sustentabilidade
5	Sistema de espaços livres

Fonte: Autor (2020) baseado na portaria nº 660 (BRASIL, MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2018)

Através desses eixos estruturantes, os empreendimentos residenciais a serem construídos com recursos do FAR devem ser inseridos em regiões urbanas, com atendimento mínimo de infraestrutura. Isso quer dizer que a referida portaria restringe

a implantação de empreendimentos residências em regiões que não sejam dotadas de infraestrutura básica como abastecimento de água, energia, drenagem pluvial, entre outros, assim como carência de equipamentos públicos de apoio, como escolas, posto de saúde, áreas de lazer e afins. A existência de vias com pavimentação ou o compromisso da construtora de executar o arruamento de acesso também é um critério avaliativo para aprovação do empreendimento. Em casos de projetos para implantação de empreendimentos em zonas de expansão urbana, eles devem ser devidamente justificados e aprovados previamente por comissão específica.

Existe também preocupação dessa legislação com o adensamento da região e conseqüente comprometimento da infraestrutura local, impacto ambiental e também da condição pós-ocupação de habitabilidade, razão pela qual são determinados limites de quantidade de unidades habitacionais por condomínios multifamiliares em função do tamanho da população do município, tal qual **Tabela 4** abaixo:

Tabela 4 – Número máximo de unidades habitacionais por tipo de empreendimento e porte do município

População	Quantidade de Unidades Empreendimento isolado	Quantidade de Unidades Agrupamento
até 20.000 habitantes	50	200
de 20.001 a 50.000 habitantes	100	400
de 50.001 a 100.000 habitantes	200	800
de 100.001 a 500.000 habitantes	300	1200
acima de 500.000 habitantes	500	2000

Fonte: Portaria 660 (BRASIL, MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2018)

Além desses critérios urbanísticos, existem outras exigências da portaria 660 (BRASIL, MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2018) de caráter técnico que devem ser atendidos: (1) especificações técnicas da própria portaria; (2) cadernos de especificações de desempenho do Sistema Nacional de Avaliação Técnica de Produtos Inovadores e Sistemas Convencionais (SiNAT); (3) normas técnicas como (mas não se limitando a apenas essas) a NBR 15575 – Edificações Habitacionais – Desempenho (ABNT, 2013), NBR 6492 – Representação de projetos de arquitetura (ABNT, 1994), NBR 9050 - Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos (ABNT, 2015); (4) Diretrizes do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H); (5) materiais inseridos no Programa Setorial da Qualidade (PSQ); e contratação de empresas certificadas no Sistema de

Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil (SiAC).

A quantidade de unidades habitacionais permitidas, as dimensões dos compartimentos internos da moradia, bem como os tipos de ambientes recreativos e de serviços que devem ter cada empreendimento também são abordados nessa regulamentação nacional, concebendo, assim, homogeneidade e padronização ao PMCMV.

O programa de necessidades básico da unidade habitacional deve ter os seguintes ambientes: 2 quartos, 1 sala, 1 banheiro, 1 cozinha e 1 área de serviço. Embora a portaria 660 (BRASIL, MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2018) especifique os tipos de mobiliário mínimos para cada ambiente interno, ela não define as áreas úteis mínimas desses compartimentos, ficando a cargo dos arquitetos elaborarem projetos que atendam a essas exigências. Contudo, o somatório dessas áreas úteis deve ser superior a 36,00m² de área útil para casas e 39,00m² de área útil para apartamentos.

O **Quadro 8** a seguir indica os tipos de mobiliários para cada ambiente interno:

Quadro 8 – Mobiliário mínimo por ambiente interno de unidade habitacional do PMCMV

Ambiente	Especificação
Dormitório casal	Quantidade mínima de móveis: 1 cama (1,40 m x 1,90 m); 1 criado-mudo (0,50 m x 0,50 m); e 1 guarda-roupa (1,60 m x 0,50 m). Circulação mínima entre mobiliário e/ou paredes de 0,50 m.
Dormitório duas pessoas	Quantidade mínima de móveis: 2 camas (0,90 m x 1,90 m); 1 criado-mudo (0,50 m x 0,50 m); e 1 guarda-roupa (1,50 m x 0,50 m). Circulação mínima entre as camas de 0,80 m. Demais circulações, mínimo 0,50 m.
Cozinha	Largura mínima da cozinha: 1,80 m. Quantidade mínima: pia (1,20 m x 0,50 m); fogão (0,55 m x 0,60 m); e geladeira (0,70 m x 0,70 m). Previsão para armário sob a pia e gabinete.
Sala de estar/refeições	Largura mínima sala de estar/refeições: 2,40 m. Quantidade mínima de móveis: sofás com número de assentos igual ao número de leitos; mesa para 4 pessoas; e Estante/Armário
Banheiro	Largura mínima do banheiro: 1,50 m. Quantidade mínima: 1 lavatório sem coluna, 1 vaso sanitário com caixa de descarga acoplada, 1 box com ponto para chuveiro - (0,90 m x 0,95 m) com previsão para instalação de barras de apoio e de banco articulado, desnível máx. 15 mm; assegurar a área para transferência ao vaso sanitário e ao box.
Área de Serviço	Quantidade mínima: 1 tanque (0,52 m x 0,53 m) e 1 máquina (0,60 m x 0,65 m). Prever espaço e garantia de acesso frontal para tanque e máquina de lavar.

Fonte: Portaria 660 (BRASIL, MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2018)

Como demonstrado no **Quadro 3**, a incorporação imobiliária, por outro lado, que tem atuação nas faixas 1,5, 2 e 3 do PMCMV com preço de venda de unidades habitacionais de até R\$240.000,00, desenvolveu-se mais em função da não vinculação de seus recursos ao FAR e FDS, os quais são influenciados pela Lei Orçamentária Anual e pelo o Plano Plurianual. Os recursos para essas faixas são originados do FGTS, o que garante maior segurança jurídica, montante superior de crédito habitacional e mais interesse das construtoras em investir nesse mercado.

Essas faixas de renda não estão diretamente vinculadas ao déficit habitacional tal qual critérios da Fundação João Pinheiro, já que estão acima de R\$1.800,00 de renda bruta mensal. No entanto, as famílias enquadradas nesse intervalo de renda usualmente relacionam-se com domicílios inadequados, conforme os critérios estabelecidos pela Fundação João Pinheiro (2018).

A Instrução Normativa 43 (BRASIL, MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2018) regulamenta o Programa de Crédito Associativo que opera com os recursos do FGTS nas faixas descritas acima, exceto a faixa 1. Destarte, similar ao que ocorre com os limites máximos do valor das unidades habitacionais da faixa 1, há limites diferentes acordo com o tamanho do município e a região geográfica da implantação do empreendimento, bem como da faixa de renda do mutuário. O **Quadro 9** reflete os limites praticados para faixa 1,5, enquanto relaciona os limites da faixa 2 e 3:

Quadro 9 – Limite de valor de venda de imóvel na faixa 1,5 do PMCMV por localidade e região geográfica

RECORTE TERRITORIAL	LIMITES DE VALOR DE VENDA OU INVESTIMENTO DO IMÓVEL (R\$ 1,00)			
	DF, RJ E SP	SUL, ES E MG	CENTRO-OESTE, EXCETO DF	NORTE E NORDESTE
Capitais estaduais classificadas pelo IBGE como metrópoles	144.000	133.000	128.000	128.000
- Demais capitais estaduais e municípios com população maior ou igual a 250 (duzentos e cinquenta) mil habitantes classificados pelo IBGE como capital regional. - Municípios com população maior ou igual a 100 (cem) mil habitantes integrantes das Regiões Metropolitanas das capitais estaduais, de Campinas/SP, da Baixada Santista e das Regiões Integradas de Desenvolvimento - RIDE de capital.	133.000	128.000	122.000	122.000
- Municípios com população igual ou maior que 100 (cem) mil habitantes. - Municípios com população menor que 100 (cem) mil habitantes integrantes das Regiões Metropolitanas das capitais estaduais, de Campinas/SP, da Baixada Santista e das RIDE de capital.	122.000	117.000	112.000	106.000
- Municípios com população menor que 250 (duzentos e cinquenta) mil habitantes classificados pelo IBGE como capital regional.				
Municípios com população maior ou igual a 50 mil habitantes e menor que 100 mil habitantes.	106.000	101.000	96.000	90.000
Municípios com população entre 20 e 50 mil habitantes.	85.000	80.000	80.000	74.000
Demais municípios.	74.000	74.000	74.000	74.000

Fonte: Instrução normativa 43 (BRASIL, MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2018)

Quadro 10 – Limite de valor de venda de imóvel nas faixas 2 e 3 do PMCMV por localidade e região geográfica

RECORTE TERRITORIAL	LIMITES DE VALOR DE VENDA OU INVESTIMENTO DO IMÓVEL (R\$ 1,00)			
	DF, RJ E SP	SUL, ES E MG	CENTRO-OESTE, EXCETO DF	NORTE E NORDESTE
Capitais estaduais classificadas pelo IBGE como metrópoles	240.000	215.000	190.000	190.000
- Demais capitais estaduais e municípios com população maior ou igual a 250 (duzentos e cinquenta) mil habitantes classificados pelo IBGE como capital regional.	230.000	190.000	180.000	180.000
- Municípios com população maior ou igual a 100 (cem) mil habitantes integrantes das Regiões Metropolitanas das capitais estaduais, de Campinas/SP, da Baixada Santista e das Regiões Integradas de Desenvolvimento - RIDE de capital.				
- Municípios com população igual ou maior que 100 (cem) mil habitantes.	180.000	170.000	165.000	160.000
- Municípios com população menor que 100 (cem) mil habitantes integrantes das Regiões Metropolitanas das capitais estaduais, de Campinas/SP, da Baixada Santista e das RIDE de capital.				
- Municípios com população menor que 250 (duzentos e cinquenta) mil habitantes classificados pelo IBGE como capital regional.				
Municípios com população maior ou igual a 50 mil habitantes e menor que 100 mil habitantes.	145.000	140.000	135.000	130.000
Municípios com população entre 20 e 50 mil habitantes.				
Demais municípios.				

Fonte: Instrução normativa 43 (BRASIL, MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2018)

Os interessados em adquirir um imóvel nessa modalidade precisam se enquadrar em alguns critérios, além da comprovação de fazer parte das faixas de renda estipuladas. Entre as exigências, está a contribuição de 3 anos para o FGTS, não ter imóvel próprio devidamente registrado em cartório, passar por análise de risco de crédito e dispor de 20% do valor do imóvel, correspondente à entrada do financiamento imobiliário.

Essa entrada pode ser composta por recursos do FGTS individual do mutuário assim como crediário tomado junto à construtora/incorporadora do empreendimento imobiliário, que assegura o pagamento dessa despesa ao agente financeiro em caso de inadimplência do comprador do imóvel.

Pelo exposto, uma família que tenha renda familiar mensal entre R\$1.800,00 e R\$7.000,00 recebe benefícios conforme a classificação de sua faixa de renda, sendo a subvenção econômica maior para renda mensal menor. Dessa forma, uma família no âmbito dessas faixas de renda poderia adquirir um imóvel que comprometa até 30% de sua renda mensal para o pagamento das parcelas do financiamento que resultariam em no máximo 80% do valor total do imóvel, tendo a possibilidade ainda, de acordo com os critérios de avaliação de crédito e parâmetros do programa, de receber até R\$47.500,00 para a faixa 1,5 e R\$29.000,00 para a faixa 2 de subsídio na aquisição dessa unidade habitacional.

A taxa de juros praticada do financiamento imobiliário também é reduzida em comparação com a taxa balcão oferecida pelos bancos que operam no Sistema Financeiro da Habitação (SFH), o que torna essa modalidade bastante atrativa para aqueles que se enquadram nos critérios do programa.

A **Tabela 5** abaixo demonstra os parâmetros e resultado de simulação de financiamento imobiliário para aquisição de um imóvel no valor de R\$144.000,00 com prazo de pagamento de 30 anos por uma família com renda de R\$4.000,00 mensal, inserida na faixa 2 do PMCMV, cujo tomador principal do financiamento possui 40 anos:

Tabela 5 – Simulação de financiamento PMCMV - Faixa 2

Tipo	Simulação
Renda familiar mensal	R\$ 4.000,00
Idade	40
Valor do imóvel	R\$ 144.000,00
Prazo (meses)	360
Cota de financiamento	80%
Subsídio concedido PMCMV	R\$ 1.292,00
Valor da entrada	R\$ 27.508,00
Valor do financiamento	R\$ 115.200,00
Sistema amortização	Tabela Price
Juros nominais	6,5% a.a. + TR
Valor da prestação	R\$ 757,08

Fonte: Autor (2020) com dados obtidos junto à Caixa Econômica Federal

Verifica-se, portanto, através desta simulação de crédito que essa família receberia R\$1.292,00 de desconto concedido diretamente no valor da entrada para realizar o financiamento, como forma de subsídio direto. Essa entrada pode ainda ser paga com recursos da conta de FGTS vinculada ao tomador do empréstimo. Complementando os benefícios concedidos, a taxa de juros estabelecida é de 6,5% ao ano acrescida da correção da Taxa Referencial (TR), o que é menor do que aquela praticada no mercado convencional.

Assim, utilizando o sistema de amortização com critérios da Tabela Price (sistema francês), isto é, parcelas constantes para quitar o saldo devedor, tem-se uma prestação ao longo dos próximos 360 meses de R\$757,08 para quitar o saldo devedor de R\$115.200,00. Essa prestação corresponde a 19% da renda mensal familiar, conferindo condições de pagamento do financiamento imobiliário e redução do risco de inadimplência para o agente financeiro.

Essa diferença de atendimento ao público-alvo de cada faixa de renda está relacionada com o montante disponibilizado pelos fundos e o poder de compra das famílias. Enquanto a faixa 1, que representa as famílias mais carentes, com renda familiar mensal inferior a R\$1.800,00, recebem subsídios integralmente do Estado, o que implica na necessidade de maior quantidade de recursos aportados dos fundos que operam no PMCMV para construção de empreendimentos para atendê-las, as faixas 1,5, 2 e 3 conseguem arcar com o pagamento de financiamento imobiliário que comprometam até 30% de sua renda mensal. Isso torna mais atrativo a operação de construtoras/incorporadoras, assim como do agente financiador, pois há menos risco envolvido e ganhos maiores.

Naturalmente, as questões macroeconômicas e as diretrizes políticas tanto do Governo Federal, quanto do Poder Legislativo, responsável pela votação do Orçamento Geral da União (OGU) de onde se originam os recursos do FAR e do FDS, são as que determinam a solidez e confiança do PMCMV. Entretanto, sem uma gestão eficiente do operador e agente financeiro (CEF), bem como uma desburocratização dos processos dos gestores locais (prefeituras e governos estaduais) responsáveis pelo fomento, legislação edilícia e licenças de construção e mais ainda uma atuação proativa, produtiva e de qualidade ao longo do desenvolvimento do empreendimento do 5º agente envolvido, ou seja, da construtora/incorporadora, não se tem sucesso nessa política de habitação.

O **Quadro 3** indicou que apesar da construção de mais de 5 milhões de unidades habitacionais em 10 anos do programa, não foi possível atender plenamente a demanda por moradia do país. O déficit habitacional continua em torno de 6,5 milhões de famílias, o que exige mudanças estruturantes nessa questão habitacional para suprir essa demanda, principalmente com a construção de mais moradias para a faixa de renda de até R\$1.800,00.

Mesmo não atingindo as metas estipuladas no que diz respeito a produção de unidades habitacionais, houve avanços nesse período de 2009 a 2019 com o PMCMV, como a consolidação de uma política habitacional mais palpável e abrangente a nível nacional, com um panorama favorável ao financiamento imobiliário, regras e diretrizes transparentes, consolidação de agentes operadores e capacitação de construtoras para atuar nesse setor.

Não obstante, alguns dos erros do passado foram perpetuados como a construção de conjuntos residenciais distantes dos centros das cidades ou em região de expansão urbana sem infraestrutura básica. Entretanto, através de ciclos de avaliação de lições aprendidas a cada fase do programa, novas regras foram criadas com o intuito de evitar esses empreendimentos tidos como “elefantes brancos”.

Logo, faz-se necessário manter uma avaliação constante das regras, com pesquisas pós-ocupação dos empreendimentos e traçar novas diretrizes de seleção das áreas de implantação dos empreendimentos e de elementos para garantir habitabilidade.

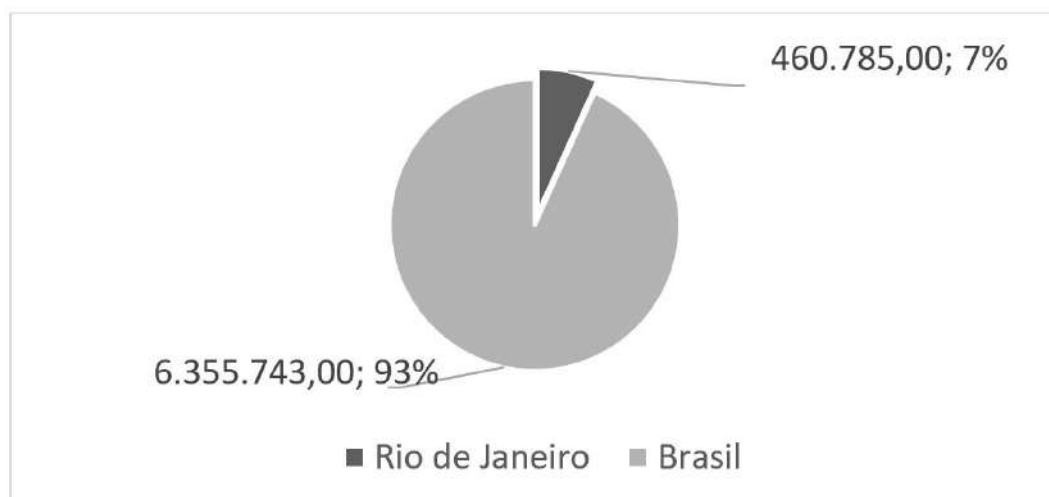
Aperfeiçoar soluções construtivas, agregar inovações tecnológicas ao processo de construção, adotar metodologias produtivas para o aumento da qualidade, garantir velocidade na construção, além de checagem de erros e não conformidades, são, portanto, atributos essenciais para que as construtoras tenham competitividade e rentabilidade nesse setor e possam entregar mais empreendimentos imobiliários residenciais de caráter econômico para reduzir o déficit habitacional e os domicílios inadequados.

2.1.3. DÉFICIT HABITACIONAL, INADEQUAÇÃO DE DOMÍCIOS E O PMCMV NO RIO DE JANEIRO

No caso específico do Rio de Janeiro, desse cenário de aproximadamente 6,5 milhões de moradias necessárias para suprir o déficit habitacional no ano de 2015 aferido pela metodologia da Fundação João Pinheiro (2018), o estado representa

cerca de 7% desse total, equivalente a carência de 460.785 habitações, conforme indicado no Gráfico 7:

Gráfico 7 – Déficit habitacional no Estado do Rio de Janeiro em números absolutos e representativos



Fonte: Autor (2020) com dados de PNAD/ IBGE (2015) e Fundação João Pinheiro (2018)

Esmiuçando-se esse número de praticamente meio milhão de moradias em falta no território fluminense, a região metropolitana, onde habitam cerca de 13 milhões de pessoas (IBGE, 2018), corresponde à falta de 340.083 moradias no ano de 2015, ou seja, 74% do total do estado (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2018). Ou seja, considerando uma família constituída por 4 integrantes, tem-se que aproximadamente 10,5% de toda a população dessa região geográfica está em situação de carência de habitação.

A **Tabela 6** apresenta a composição do déficit habitacional total do Estado do Rio de Janeiro e a subdivisão entre a região metropolitana e o interior do estado. Nota-se que o ônus excessivo com aluguel é o principal componente do déficit habitacional, seguido da coabitação familiar, adensamento excessivo e habitação precária.

Tabela 6 – Composição do déficit habitacional no Estado do Rio de Janeiro

Critério de déficit habitacional	Estado do Rio de Janeiro	Índice Representativo	Região Metropolitana na RJ	Índice Representativo	Interior do Estado do RJ	Índice Representativo
Habitação precária	12.820	2,78%	9.531	2,82%	3.289	2,68%
Coabitação familiar	93.898	20,38%	75.156	22,23%	18.742	15,28%
Ônus excessivo aluguel	320.288	69,51%	224.906	66,52%	95.382	77,76%
Adensamento excessivo de domicílios alugados	33.779	7,33%	28.529	8,44%	5.250	4,28%
Total	460.785		338.122		122.663	

Fonte: Autor (2020) com dados de PNAD/ IBGE (2015) e Fundação João Pinheiro (2018)

No que tange aos domicílios inadequados, o Estado do Rio de Janeiro apresenta quase 1 milhão de moradias nesse quesito, sendo a inadequação fundiária o principal fator dessa composição com 37,71%. Em seguida, vem o critério de carência de infraestrutura com 36,67%, adensamento em domicílios com 20,02% e domicílios sem banheiro com 0,98%. Verifica-se, contudo, que ao analisar a Região Metropolitana e o Interior do Rio de Janeiro individualmente, a inadequação fundiária de domicílios atinge 45,13% e 13,93%, respectivamente. Já a carência de infraestrutura reduz para 30,4% na Região Metropolitana, ao passo que aumenta para 56,67% no Interior do Estado do Rio de Janeiro. Isso demonstra a necessidade de políticas públicas diferenciadas para cada patê do Estado do Rio de Janeiro. A **Tabela 7** ilustra essa composição estadual e a subdivide entre a região metropolitana e o interior do Estado do Rio de Janeiro:

Tabela 7 – Composição da inadequação de domicílios no Estado do Rio de Janeiro

Critério de inadequação de domicílios	Estado do Rio de Janeiro	Índice Representativo	Região Metropolitana RJ	Índice Representativo	Interior do Estado do RJ	Índice Representativo
Inadequação fundiária de domicílios	344.095	37,71%	313.840	45,13%	30.255	13,93%
Domicílios sem banheiro	8.941	0,98%	1.680	0,24%	7.261	3,34%
Carência de infraestrutura	334.596	36,67%	211.563	30,42%	123.033	56,67%
Adensamento excessivo em domicílio	182.726	20,02%	152.469	21,92%	30.257	13,94%

Cobertura inadequada	42.192	4,62%	15.881	2,28%	26.311	12,12%
Total	912.550		695.433		217.117	

Fonte: Autor (2020) com dados de PNAD/ IBGE (2015) e Fundação João Pinheiro (2018)

A falta de registro dos imóveis no Rio de Janeiro, que representa a maior concentração percentual do critério de inadequação fundiária em relação a todas as outras unidades da federação com mais de 5% de unidades habitacionais, evidencia uma política urbana ineficaz e sem controle territorial, com incremento contínuo da favelização. Na capital fluminense, a favelização compreende 46,8 milhões de m², equivalente a cerca de 5% do território municipal, conforme demonstrado pelo mapa da **Figura 11**, ocupando inclusive áreas de proteção ambiental (IPP, 2017).

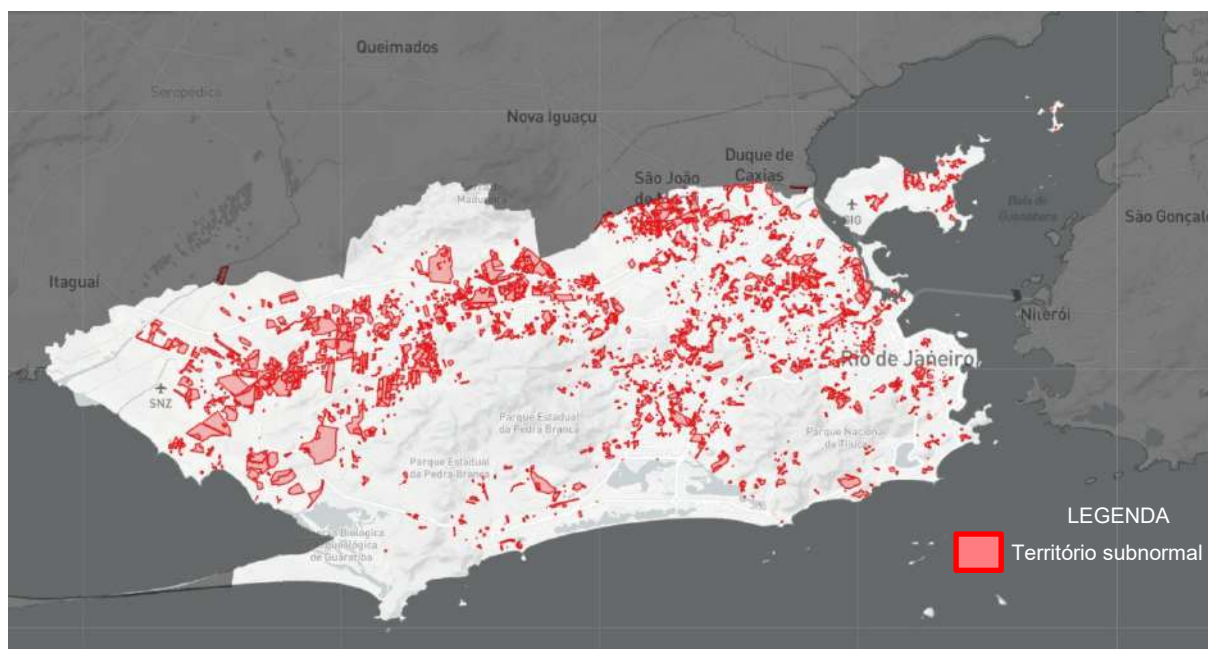
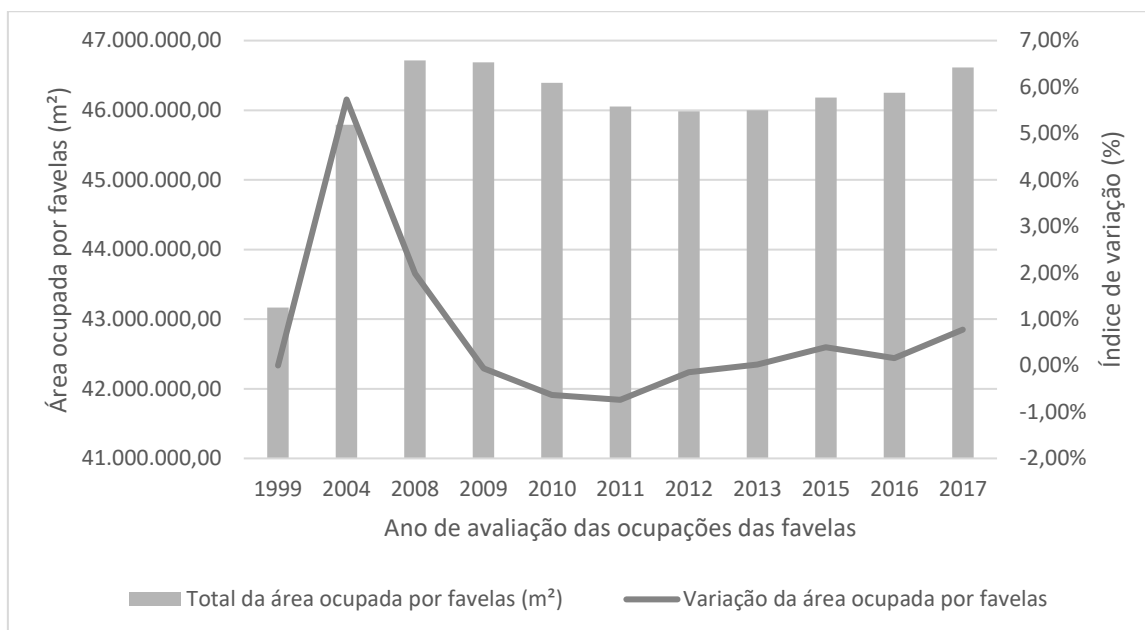


Figura 11 – Mapa da ocupação subnormal no território do município do Rio de Janeiro

Fonte: MPRJ (2018) com dados da PNAD (IBGE, 2017) e IPP (2017)

Essa ocupação territorial de aglomerados subnormais, monitorada ao longo das últimas duas décadas pelo Instituto Pereira Passos (IPP/PCRJ), teve um crescimento de cerca de 7% nesse período de avaliação, embora nesse período tenha havido também diminuição de sua área, de acordo com o **Gráfico 8**:

Gráfico 8 – Avaliação da ocupação territorial de aglomerados subnormais na cidade do Rio de Janeiro no período de 1999 a 2017



Fonte: Autor (2020) com dados de IPP (2017)

Os dados do Sistema de Assentamentos de Baixa Renda (SABREN), mantido pela prefeitura municipal, refletem que a capital fluminense possui uma população de 1,4 milhão de habitantes que vivem em aglomerados subnormais, com cerca de 440 mil domicílios, em um território de 46,0 Km². O cruzamento desses dados proporciona os seguintes indicadores que podem ser usados no planejamento territorial e urbano:

Tabela 8 – Indicadores de densidade e território em favelas

Domicílios em favelas /m ²	Densidade de habitantes em favelas / m ²	Habitantes em favelas / domicílio
106,37	32,66	3,26

Fonte: Autor (2020) com dados do IPP (2017)

A ocupação territorial sem o devido planejamento exige maiores investimentos para tentar mitigar os impactos ambientais e sociais causados, pois, mesmo com os investimentos realizados por programas distintos como Morar Carioca (recursos municipais) e PAC (recursos federais) ao longo da última década (2009 a 2019), essas regiões subnormais permanecem carentes de obras de infraestrutura como esgotamento sanitário, abastecimento de água, drenagem pluvial, rede de gás canalizado, entre outros. A **Tabela 9** a seguir apresenta a quantidade de pessoas no

ano de 2017 no Estado do Rio de Janeiro sem atendimento dos serviços básicos de infraestrutura como água, esgoto e coleta de lixo:

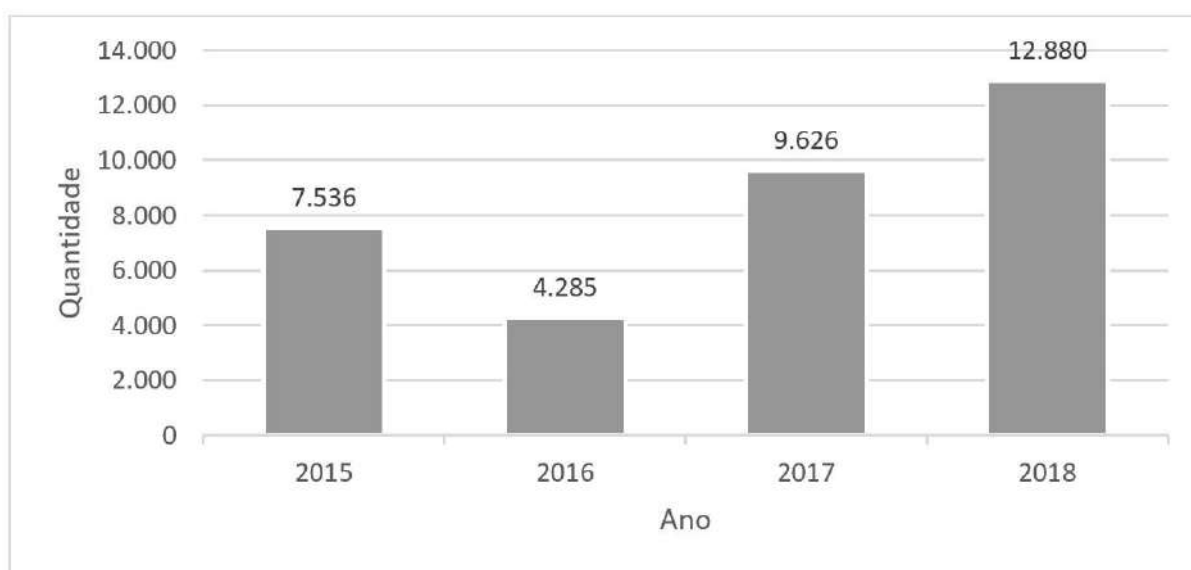
Tabela 9 – Quantidade de pessoas no ano de 2017 sem atendimento dos serviços de infraestrutura urbana no Estado do Rio de Janeiro

Sistema de infraestrutura	Nº de habitantes sem atendimento	Índice representativo do total de habitantes no Estado
Abastecimento de água	2.839.585	17%
Esgotamento sanitário	3.972.682	24%
Gerenciamento de resíduos sólidos	2.390.924	15%
População Estado Rio de Janeiro		16.471.420

Fonte: Autor (2020) com dados de PNAD/ IBGE (2017) e MPRJ (2018)

Apesar da demanda habitacional no Estado do Rio de Janeiro, do ano de 2015 a 2018, a capital fluminense teve 34.327 unidades habitacionais licenciadas pela Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro no âmbito do Programa Minha Casa Minha Vida, as quais estão diretamente relacionadas com atendimento de famílias carentes ou com menor condições econômicas para adquirir a casa própria (SMU, 2018). Essa distribuição anual é retratada no **Gráfico 9** a seguir:

Gráfico 9 – Quantidade de unidade habitacionais licenciadas na cidade do Rio de Janeiro



Fonte: Autor (2020) com dados da SMU/PCRJ (2018)

Portanto, a produção de moradias na cidade do Rio de Janeiro para o atendimento tanto de domicílios inseridos no déficit habitacional quanto na

inadequação de domicílios é bastante aquém da demanda. Essa mesma dinâmica se reflete também na região metropolitana e no interior do estado, raras exceções. O panorama final retratado por esses indicadores e pesquisas é que se faz necessário uma reviravolta radical no cenário habitacional fluminense, com investimentos na urbanização de territórios ocupados irregularmente e produção de novas moradias.

2.2. SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Nesta sessão se aborda a filosofia *Lean Construction* e seu relacionamento com a construção de empreendimentos habitacionais, explorando ainda os tipos de sistemas de produção que lhe deram embasamento como a produção em massa e *Lean Production*. Antes, contudo, é introduzido, de forma sintética, os conceitos gerais de administração da produção, de modo a contextualizar os processos, as partes interessadas e os objetivos das organizações, sejam elas empresas ou entidades governamentais ou sem fins lucrativos.

2.2.1. ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO

Para a produção de bens e serviços são necessárias muitas atividades, esforços e operações que compreendem um processo. No campo da indústria da transformação, esse conjunto de interações é denominado sistema de produção, que pode adotar os princípios da produção em massa, produção contínua ininterrupta, produção intermitente e produção enxuta (*Lean Production*). De modo semelhante, a indústria da construção também possui sistema de produção, haja vista que materiais e o esforço de mão de obra são empregados na execução de edificações e infraestrutura.

De modo geral, o processo do sistema de produção caracteriza-se pela entrada de recursos, seguido de sua transformação e, por fim, a saída de um produto, bem ou serviço. Aqueles processos que utilizam matéria-prima e resultam em produtos ou bens, que são usualmente tangíveis, denominam-se processos de conversão, enquanto os recursos transformados em serviços são chamados de processos de transferência, conforme ilustrado pela **Figura 12** abaixo:

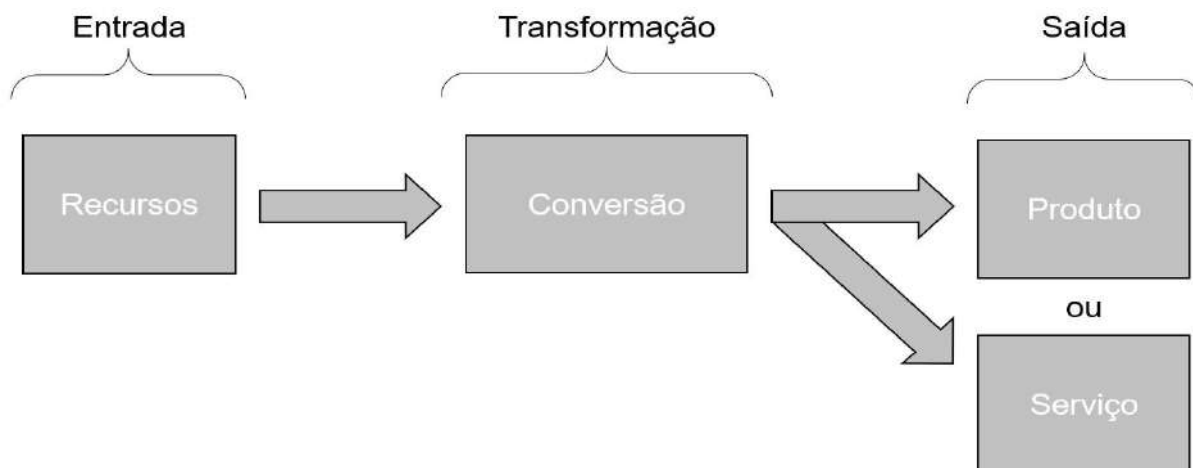


Figura 12 – Processo de transformação do sistema de produção
Fonte: Autor (2020)

Esse fluxo de processo, entretanto, pode ser expandido com a classificação de dois tipos de recursos de entrada: (1) recursos transformados, ou seja, matéria-prima, informação e cliente; e (2) recursos de transformação, que são aqueles que agem sobre os primeiros como as instalações sejam elas edifício, terreno, equipamentos, tecnologia, e os colaboradores da organização, que são os envolvidos na operação.

Além disso, a fase seguinte de transformação do processo de produção agrega valor através de suas próprias atividades de administração da produção, tal qual o diagrama da **Figura 13** a seguir, que ilustra a estrutura e escopo da produção:

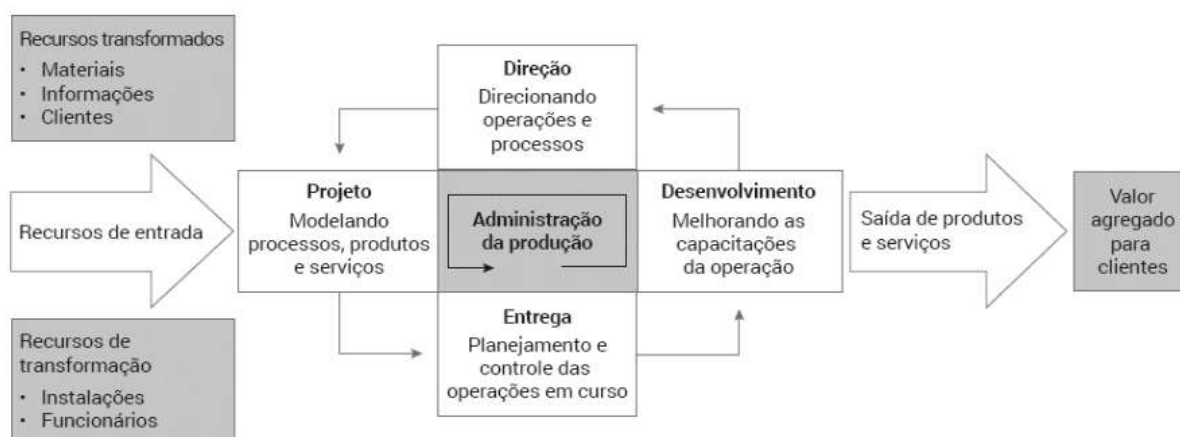


Figura 13 – Estrutura e escopo da produção
Fonte: (SLACK, *et al.*, 2018)

A administração da produção é essencial para a indústria da construção ou qualquer outro setor que produza ou entregue algo, seja uma organização de manufatura ou serviços, pública ou privada, com propósitos de obtenção de lucro ou sem fins lucrativos, uma vez que essa atividade é responsável por gerenciar recursos

que desenvolvem e disponibilizam ao fim do processo os serviços e produtos, que são a razão da existência da organização ((SLACK, *et al.*, 2018).

Destarte, a administração da produção realiza quatro funções principais - direção, projeto, entrega e desenvolvimento - em um círculo contínuo de operação e controle, conforme visto na **Figura 13**, com o propósito específico de atender à exigência de clientes, cidadãos e/ou sociedade de modo geral.

A função de direção da gestão da produção é caracterizada pelo estabelecimento das diretrizes e estratégias da produção, gerenciamento da inovação, bem como o escopo da operação, além de, naturalmente, englobar os objetivos de desempenho. Já a função de projeto tem como finalidade definir a operação, seus processos e recursos. A entrega, por conseguinte, relaciona-se com o planejamento e controle das atividades da operação para atingir o objetivo da transformação. O desenvolvimento, por fim, refere-se além da produção propriamente dita ao melhoramento de todas as atividades de operação, buscando sempre aprimoramento de desempenho do processo (SLACK, *et al.*, 2018).

A saída do processo de produção na forma de um produto ou serviço é resultado da transformação ocorrida na etapa anterior. Contudo, segundo Slack *et al* (2018), o processo como um todo é gerenciado de acordo com os critérios da saída no tocante ao volume, variedade, variação e visibilidade, que podem ser classificados em baixos ou altos de acordo com a operação em questão. Assim, essas quatro dimensões articulam-se diretamente com o custo do processo de produção e são determinadas pelo mercado ou meio que a organização deseja operar. A tipologia das operações, portanto, podem ser representadas pela **Figura 14** logo abaixo:

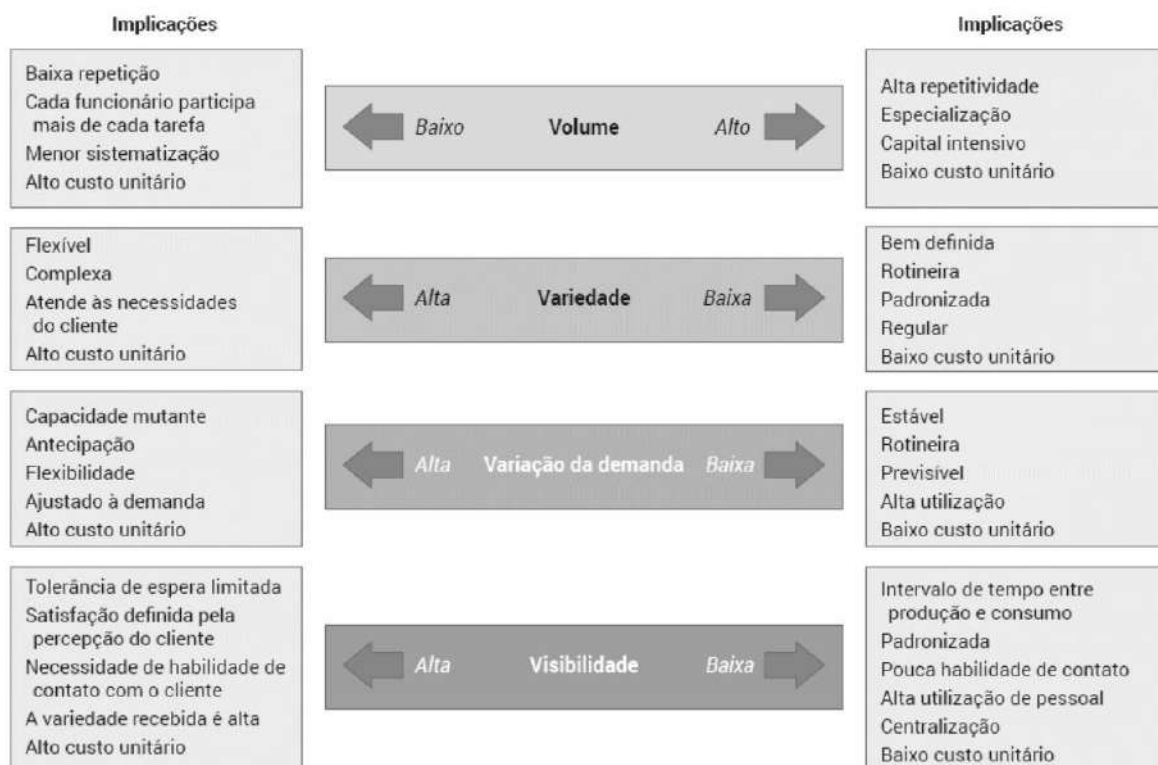


Figura 14 – Implicações da tipologia de operações

Fonte: (SLACK, *et al.*, 2018)

A administração da produção, pelo exposto, reflete então um sistema que interage continuamente com diversas partes interessadas, gerando valor através de processos que possuem alto ou baixo impacto de volume, variedade, variação da demanda e visibilidade do cliente. A **Figura 15** representa toda a cadeia de relações entre os objetivos, funções e exigências da administração da produção:

A administração da produção utiliza...

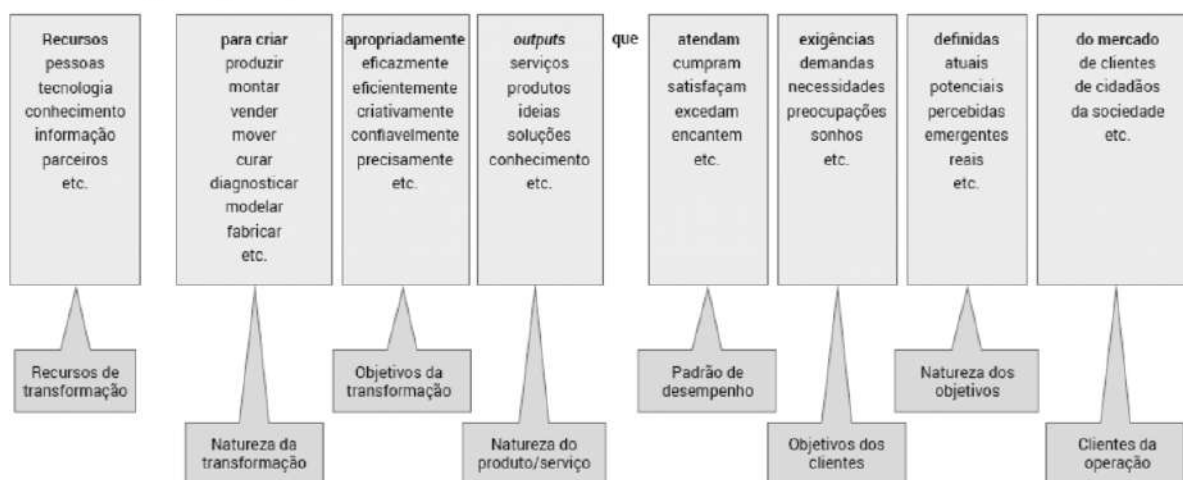


Figura 15 – Cadeia de relacionamento da Administração da Produção

Fonte: (SLACK, *et al.*, 2018)

Embora esse arranjo represente uma leitura contemporânea do tema de administração da produção, a razão em última instância do aperfeiçoamento contínuo desse conceito de gestão da produção diz respeito à competitividade das organizações para salvaguardarem-se no cenário efervescente da economia. Essa nova agenda das operações empresariais é ilustrada pela **Figura 16** onde é possível observar as interações da globalização através das redes de suprimentos, a conectividade *online* dos processos, a flexibilização dos produtos e serviços e uma preocupação ambiental.

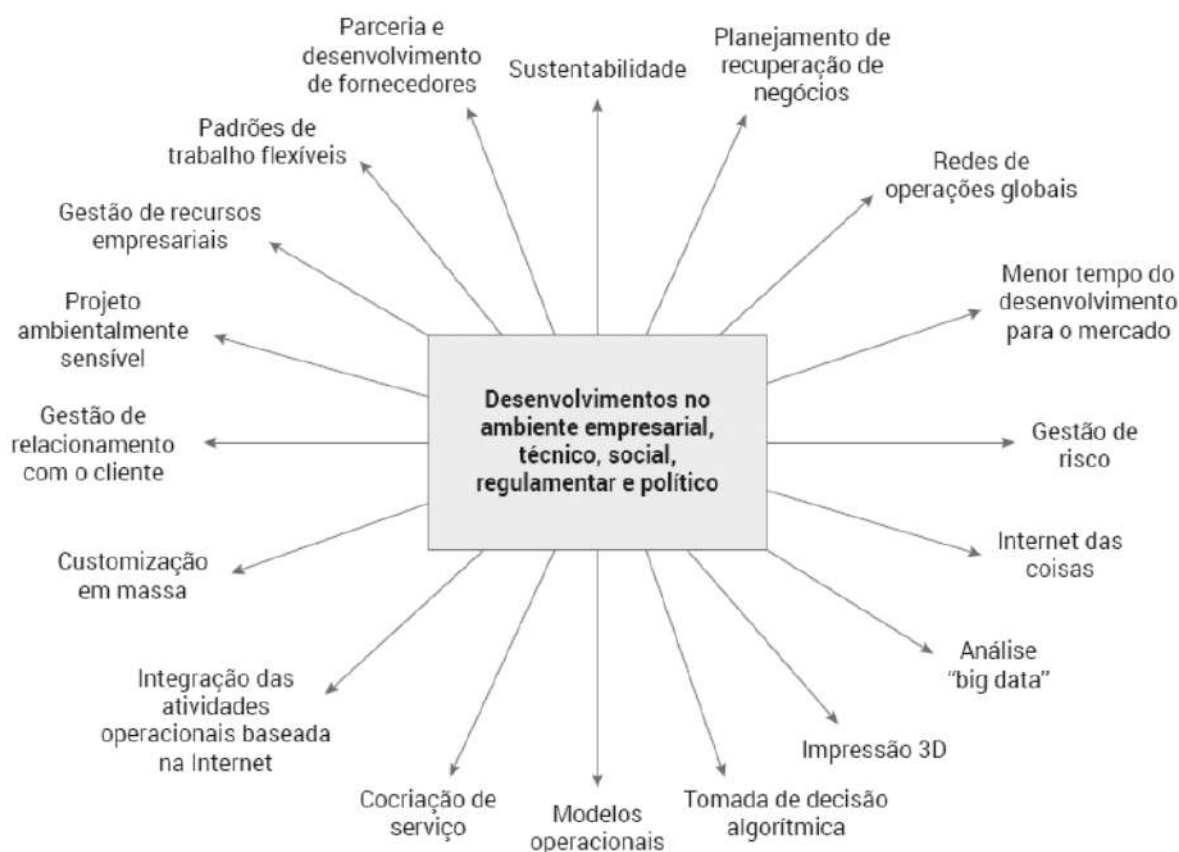


Figura 16 – Nova agenda das operações empresariais

Fonte: (SLACK, *et al.*, 2018)

Portanto, uma organização para ser bem-sucedida precisa dominar o setor produtivo composto pelo processo de entradas, transformação e saídas, entregando produtos e/ou serviços conforme as exigências de seu público alvo, ou seja, com a qualidade requerida, dentro do prazo e do custo planejado. Todo esse esforço, entretanto, para ser validado, precisa ser medido.

A avaliação do desempenho de uma organização analisa os indicadores financeiros, o atendimento das metas estabelecidas e o impacto que suas operações provocam na sociedade e no meio ambiente. De modo geral, tem-se o resultado triplo de desempenho (*triple bottom line*), que se relaciona aos interesses sociais, ambientais e econômicos, ou seja, de sustentabilidade.

Em outras palavras, é um resultado que maximiza positivamente a experiência e o relacionamento das pessoas que interagem de algum modo com a organização, sejam funcionários, parceiros, acionistas ou a sociedade civil como um todo, reduz o impacto de suas operações ao meio ambiente, e que garanta dividendos adequados para a própria organização ou atinja os objetivos quando não tiver fins lucrativos (SLACK, *et al.*, 2018).

Dessa avaliação de desempenho desdobram-se também as iniciativas da política de responsabilidade social corporativa (RSC), a qual tem por objetivo traçar o papel central da organização, conciliando a rentabilidade para os acionistas, as operações com ações de caráter socioambiental para o cenário que está inserida e a imagem da própria empresa à sociedade.

O equilíbrio entre esses fatores é fundamental para a perpetuidade da organização, sendo necessário, assim, o desenvolvimento de eficiência e eficácia da produção para entregar um produto ou serviço que gere valor ao consumidor ao passo que retorne lucro (HAMMER e STANTON, 1999).

Por conta disso, ou seja, em função de sua produtividade, eficiência, racionalização, qualidade, desempenho e rentabilidade, o sistema *Lean Production* tem sido cada vez mais usado no meio industrial de manufatura. Seu sucesso motivou sua adaptação para outras indústrias como é o caso da construção civil a partir de 1990, cujos princípios foram chamados de construção enxuta (*Lean Construction*). A indústria da construção possui, contudo, particularidades significativas, o que dificulta a adoção desses princípios em larga escala.

A **Figura 17** a seguir representa uma linha do tempo com os períodos chave dos principais sistemas de produção de modo a contextualizá-los no cenário da indústria:

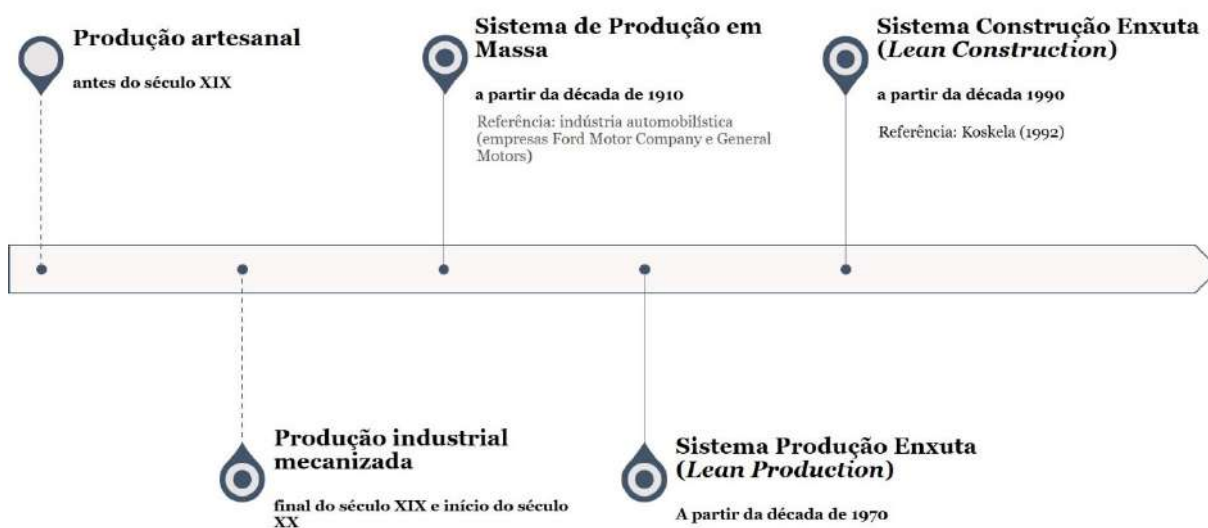


Figura 17 – Linha do tempo sintética dos sistemas de produção e construção

Fonte: Autor (2020)

A seguir serão abordados os principais conceitos do sistema de produção em massa e da produção enxuta (*Lean Production*) de modo a conceber um entendimento homogêneo sobre o tema que embasou a sua adaptação ao sistema de construção enxuta (*Lean Construction*).

2.2.2. SISTEMA DE PRODUÇÃO EM MASSA

O início do século XX foi marcado pela transformação da indústria que, embora já fizesse uso de máquinas, deixava os métodos artesanais de lado para iniciar uma nova era com o aumento da produção para atender ao crescente mercado consumidor (WOMACK, *et al.*, 1990). Nessa época nos EUA, o engenheiro mecânico Taylor (1911) estipulou princípios de racionalização e estruturação da indústria com o intuito de alcançar maior eficiência na produção.

Taylor propôs um gerenciamento sistêmico da produção com foco na padronização de produtos e treinamento contínuo da mão de obra. Isso resultaria em aumento da receita ao empresário, mas também benefícios ao trabalhador que poderia ter sua renda maior com incentivos de cumprimento de metas (TAYLOR, 1911). Dessa forma, foi proposto uma redução do antagonismo entre as classes, que, em tese, poderia vir a convergir em sinergia com intuito de prosperidade mútua.

Tais preceitos foram influenciadores de Henry Ford que os alçou a novos patamares quando instituiu a produção em massa por meio de linha de montagem em

suas unidades fabris de automóveis nos EUA. Através de medidas como a padronização de peças, da fabricação exclusiva de um produto como é o caso de um automóvel que tinha apenas um modelo disponível, do aumento do salário e de gratificações dos funcionários, o que garantia maior desempenho desse colaborador, houve aumento exponencial da produção de veículos no início do século XX, particularmente aqueles montados pela empresa Ford Motor Company (WOMACK, *et al.*, 1990).

Contudo, segundo Womack et al (1990), a grande inovação de Ford ao sistema de produção em massa foi a intercambialidade de componentes e a facilidade de montá-los. O sucesso desse sistema nas fábricas também era observado pelo consumidor final que não precisava ser um mecânico experiente para conseguir, eventualmente, consertar o veículo em caso de pane. Assim, foi criado os primeiros carros no conceito contemporâneo de *user-friendly* – *amigável* ao usuário final (WOMACK, *et al.*, 1990).

Esse processo resultou em menores custos de fabricação e, conseqüentemente, redução do preço final dos produtos. Dessa forma, os automóveis se tornaram acessíveis para o mercado consumidor e rapidamente se proliferaram com a criação de redes de concessionárias e cadeia logística para atendimento nas diversas regiões do mundo.

Esses princípios de Taylor e Ford foram exportados para a França na década de 1910, onde o engenheiro de minas Fayol os expandiu com novos conceitos administrativos. Para uma administração efetiva da estrutura organizacional a direção deve ter habilidades de planejar, organizar, comandar, coordenar e controlar (FAYOL, 1990). Ainda segundo Fayol (1990), para o sucesso da produção, os executivos devem adotar 14 princípios gerais: (1) divisão do trabalho; (2) autoridade e Responsabilidade; (3) Disciplina; (4) Unidade de Comando; (5) Unidade de Direção; (6) Subordinação; (7) Remuneração do pessoal; (8) Centralização; (9) Hierarquia; (10) Ordem; (11) Equidade; (12) Estabilidade do Pessoal; (13) Iniciativa; (14) Espírito de Equipe.

Em sintonia com esses novos princípios de produção em massa nas primeiras décadas do século XX, Alfred Sloan, diretor da empresa General Motors Corporation (GM) nos EUA, também os colocou em prática em sua companhia. A diferença, entretanto, residiu no fato de ele ter analisado a administração de Ford previamente e

a partir de então propôs alterações como aquelas que dizem respeito à estrutura organizacional e ao melhoramento de produtos (WOMACK, *et al.*, 1990).

Assim, com esses ajustes, que consistiam na prática em mudanças no sistema de produção em massa com a criação de produtos que atendessem diversos públicos, controle dos estoques, contratos de trabalho da mão de obra e dos fornecedores, Sloan conseguiu que a General Motors ultrapasse nos anos seguintes o faturamento da Ford Motor Company (SLOAN, 1965).

Na década de 1940, Peter Drucker (1946) analisou todos os setores da General Motors, compilando esse conhecimento em uma publicação com o intuito de demonstrar um diagnóstico da empresa e proposições para novas medidas para torná-la mais competitiva e manter a liderança no setor. Suas ideias, a princípio, não foram bem recebidas pela diretoria da General Motors, uma vez que esta tinha aversão a mudanças em suas políticas, sistemas produtivos e governança.

Apesar disso, as proposições de Drucker foram incluídas na estrutura organizacional da General Motors anos mais tarde. Portanto, medidas como descentralização da produção, marketing e pesquisas de inteligência de mercado para determinar a demanda dos produtos (DRUCKER, 1946), além de diversificação de produtos oferecidos aos consumidores se tornaram práticas da empresa (WOMACK, *et al.*, 1990).

Verifica-se, então, que a produção em massa focada na manufatura de um produto padronizado em linha de montagem a partir do intercâmbio de peças e componentes, com uma mão de obra treinada para tarefas específicas, possibilitou o aumento sistemático da indústria, refletido diretamente no faturamento das empresas e na popularização de diversos produtos. Essa larga escala de produção, entretanto, na segunda metade do século XX recebeu ajustes de modo que o sistema de produção se adequasse à nova demanda de consumo que exigia mais personalização de produtos.

Portanto, o sistema de produção em massa teve significativo sucesso durante o século XX, sendo adotado por diversas indústrias de transformação, tendo seu expoente máximo no setor automobilístico.

2.2.3. SISTEMA DE PRODUÇÃO ENXUTA (*LEAN PRODUCTION*)

O sistema *Lean Production* teve sua origem no Japão pós Segunda Guerra Mundial quando dirigentes da empresa Toyota Motor Company decidiram colocar em prática novas técnicas da administração da produção em suas fábricas de automóveis para ganhar competitividade.

Um dos principais expoentes desse sistema de produção foi Taiichi Ohno, cujo objetivo era de aumentar a eficiência e a produtividade de sua montadora de veículos. Os princípios desse sistema eram evitar o desperdício, empreender um fluxo contínuo na produção, não dispor de estoque, reduzir os prazos de entrega, realizar melhorias contínuas ao longo do processo e gerar valor a cada etapa. (OHNO, 1997)

2.2.4. SISTEMA DE CONSTRUÇÃO ENXUTA (*LEAN CONSTRUCTION*)

Construção enxuta é o termo traduzido de *Lean Construction* (LC) que diz respeito à filosofia do sistema de gestão da produção enxuta (*Lean Production*) aplicada à construção civil, na qual tem o propósito de atender as necessidades das partes interessadas pelo empreendimento com o menor uso de recursos, através da redução de desperdícios, minimização de atividades que não agregam valor e adequação de fluxos contínuos de produção (HOWELL, 1999).

Devido a consolidação do termo no idioma inglês, neste texto será usado essa denominação nativa, isto é, *Lean Construction*, ou sua sigla correspondente LC.

Esse conceito foi originalmente introduzido na construção civil pelo finlandês Koskela (1992), quando este cursava a Universidade de Stanford, nos EUA, e estudava o sistema de produção enxuto ou *Lean Production* (LP). A motivação de Koskela para essa pesquisa pioneira foi a de verificar se o conjunto de metodologias, técnicas e ferramentas usadas principalmente na indústria automobilística para aprimorar a competitividade do setor, através do aumento da produtividade e da qualidade dos produtos gerados, poderiam também ser aplicadas na gestão, planejamento e execução das atividades da construção civil. Sua conclusão confirmou sua proposição inicial, de que a construção civil deve adotar no que couber a nova filosofia de produção enxuta, praticada principalmente pela indústria automobilística (KOSKELA, 1992).

A filosofia de produção referenciada por Koskela passou a ser denominada *Lean Production* no final da década de 1980 a partir de um artigo publicado no programa *International Motor Vehicle* do MIT, nos EUA, pelo engenheiro Krafcik (1988). Apesar disso, esse sistema de produção remonta, na verdade, ao Japão após a Segunda Guerra Mundial, através dos esforços empreendidos pelos dirigentes da montadora de veículos Toyota, conforme já mencionado.

Com esse embasamento, Koskela (1992) estabeleceu um novo processo de produção para a construção com o conceito de fluxos e de geração de valor a cada etapa. Para isso, ele utilizou o conceito da técnica *Just in Time* (JIT) que modifica o ambiente produtivo, preconizando que os recursos devem ser alocados no momento certo; bem como o conceito do processo de qualidade, que atribui critérios para atendimento dos requisitos do cliente/consumidor.

Dessa forma, esse processo proposto por Koskela (1992) difere do processo de conversão convencional onde materiais e mão de obra são entradas para o processo de produção que possui vários subprocessos até alcançar a saída com o produto construído, tal qual a **Figura 18** abaixo:

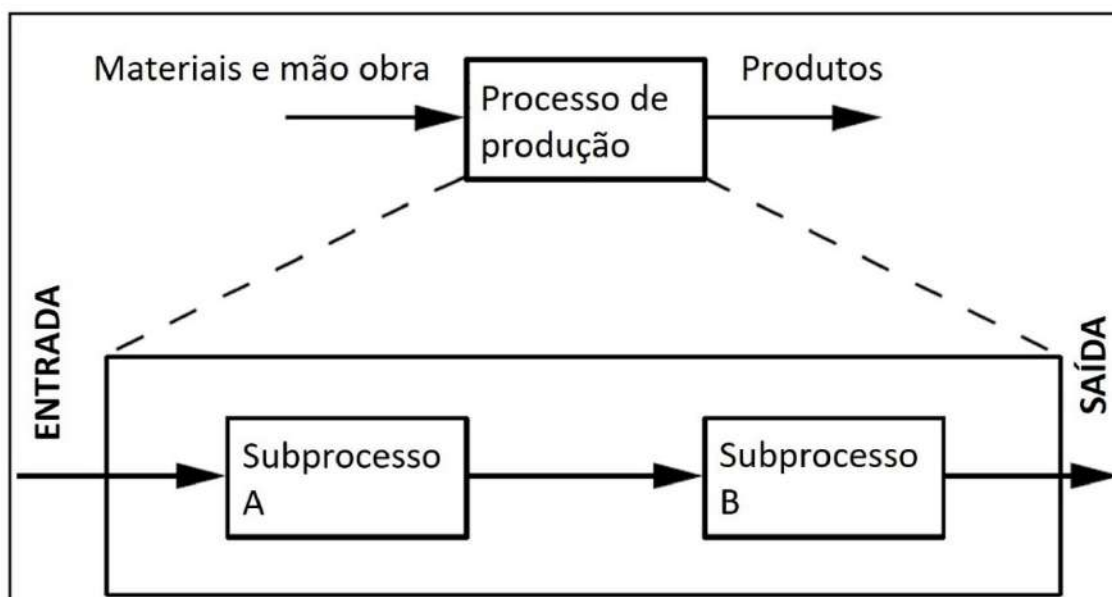


Figura 18 – Processo de produção do tipo conversão convencional

Fonte: (KOSKELA, 1992)

Este novo processo, portanto, consiste na integração de fluxos e conversões constantes, que interagem entre si a partir de 4 atividades principais: (1) espera, (2) transporte, (3) processamento e (4) inspeção. A **Figura 19** exemplifica o processo de Koskela (1992):



Figura 19 – Processo de produção do tipo fluxo e conversão contínuo

Fonte: (KOSKELA, 1992)

As atividades de movimentação, espera e inspeção representam o aspecto de fluxo da produção e não agregam valor por si só, embora sejam necessárias para realizar o processamento, que é o aspecto da conversão da produção, de maneira eficiente, a fim de gerar valor adequado no processo como um todo. Logo, durante a produção de determinado produto, insumos e mão de obra se movimentam e esperam até que seja realizado o processamento, isto é, a conversão dos recursos em um produto, o qual será verificado, atestando o atendimento aos requisitos impostos tanto de qualidade, quanto técnicos, normativos e de desempenho. Aqueles que não atinjam a performance esperada, são descartados.

Para a gestão desses processos no âmbito da filosofia *Lean Construction* foram ainda instituídos 11 princípios heurísticos por Koskela (1992). Esses princípios foram frutos de processos cognitivos de observações e experiências do autor de modo a embasar a tomada de decisão para o desenvolvimento e a formalização da filosofia enxuta aplicada à indústria da construção civil, razão pela qual são considerados heurísticos. A seguir eles apresentados:

1. Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor;
2. Aprimorar o valor do produto final por meio de considerações sistemáticas dos requisitos dados pelos clientes/consumidores;
3. Reduzir a variabilidade;
4. Reduzir o tempo de ciclo;
5. Simplificar ao minimizar o número de etapas, partes e ligações das atividades e processos;
6. Aumentar a flexibilidade do produto;
7. Aumentar a transparência do processo;
8. Focar no controle do processo completo;
9. Realizar aprimoramentos contínuos ao processo;

10. Equilibrar as melhorias tanto no fluxo quanto nas conversões;
11. Realizar *Benchmarking*, isto é, avaliando o processo, incorporando as melhores práticas do setor, comparando os resultados com o setor.

Fundamentalmente, o princípio 1 prega que se devem diminuir os desperdícios provocados principalmente por atividades de projeto em organizações hierarquizadas que conduzem para criação de muitas subtarefas; pela ignorância que deixa as atividades acontecerem sem controle, medição e planejamento; pela natureza intrínseca da produção, a qual gera eventualmente produtos defeituosos que precisam ser reparados ou ainda acidentes de trabalho.

O princípio 2 implica no atendimento aos requisitos do consumidor, seja o cliente final, seja a próxima atividade no processo de produção. Essa abordagem conduz a transparência e ao aprimoramento contínuo, uma vez que a cada etapa são analisadas as exigências de consumo em um fluxo de projeto sistêmico.

A variabilidade é uma condição usual do sistema de produção, porém o princípio 3 tem por objetivo de reduzi-la, já que ela induz a mais tempo para sua produção. Assim, tenciona-se ter produtos mais uniformes, ou seja, menos personalizados, bem como evitar grande duração da produção, o que leva invariavelmente ao aumento de outras atividades que não agregam valor.

O tempo de ciclo é caracterizado pela soma da duração do processamento, da inspeção, da espera e do movimento. Assim, a base do princípio 4 é comprimir esse tempo de ciclo, o que proporciona menos desperdício. Além disso, a dimensão tempo é mais fácil de medir do que o custo e a qualidade, sendo que pode influenciar ainda esses dois últimos (KRUPKA, 1992).

A simplificação do processo de produção identificada no princípio 5 objetiva a redução de custos, do tempo e, principalmente, a confiabilidade do sistema, uma vez que atividades muito complexas tendem a ter mais desperdícios e menos valor agregado gerado.

O princípio 6 agrega a característica de flexibilidade ao processo de produção. Embora possa parecer contraditório com o princípio anterior de simplificação, Koskela (1992) apresenta elementos chaves para atingir objetivos nos dois quesitos como o desenvolvimento de projeto de produtos modulares, juntamente com o uso de outros princípios como a compressão do tempo de ciclo e a transparência. Além disso, treinamento de mão de obra em várias atividades, redução do tempo e da dificuldade

na configuração de equipamentos para realizar tarefas diferentes permitem atingir a flexibilidade do processo de produção.

Quanto mais transparente o processo de produção, mais visível são os erros e maior a motivação da equipe para aprimoramentos. Esse é o objetivo do princípio 7.

Paralelamente a isso, o princípio 8 demanda controle do início ao fim do processo de produção com métricas bem definidas para comparar o previsto e o realizado, além de ter uma autoridade responsável pela finalização do processo com eficiência e eficácia.

Já o princípio 9, estabelece que para alcançar o aumento do valor agregado da produção e reduzir os desperdícios é necessário praticar melhorias contínuas ao longo do processo de produção.

O equilíbrio entre os aspectos de fluxo e conversão dentro do processo de produção deve ser almejado, conforme indicado pelo princípio 10, uma vez que ambos estão interconectados e são cruciais para o desempenho satisfatório da produção.

Por fim, o princípio 11, recomenda a busca pelas melhores práticas do setor de produção, visualizando ainda as forças e fraquezas dos subprocessos do processo de produção vigente na organização de modo a incorporar aquelas técnicas, atividades e métodos que possam influenciar positivamente os resultados.

Dessa forma, é possível explorar os princípios originalmente estabelecidos por Ohno (1997) entre as décadas de 1950 e 1980 no âmbito da empresa Toyota Motor Company que culminaram na filosofia *Lean Production* para o setor da construção civil, mediante a adaptação realizada por Koskela e seus princípios heurísticos no início da década de 1990 (1992), ganhando eficiência e produtividade.

Expandindo essa temática enxuta de planejamento e gestão na construção civil, outras técnicas complementares foram desenvolvidas como o caso do sistema *Last Planner* (LPS) ao longo da década de 1990 por Ballard (1994) e Howell (1999). O objetivo principal do LPS é o de proporcionar uma ferramenta de controle do gerenciamento da produção para tornar confiável o planejamento e aprimorar o fluxo do processo de construção, seja na etapa de projeto técnico (*design*), seja na etapa obra (BALLARD, 1994).

A estabilidade e previsibilidade são características extremamente difíceis de serem alcançadas no ambiente volátil da construção civil, mas elas se tornam consequências da aplicação adequada do controle da produção (BALLARD e

HOWELL, 1998). Logo, apesar das incertezas, o gerenciamento adequado da construção permite estabelecer as atividades que devem ser realizadas; os métodos que serão utilizados para a realização dessas atividades; os recursos, sejam humanos, materiais ou equipamentos que serão empregados; e o momento que essas atividades serão executadas, através de um planejamento ao longo do tempo.

Para atingir essa meta de otimização da produção da construção, levando-se em consideração as muitas variáveis do processo de construção civil, o sistema *Last Planner* é dividido em métodos de planejamento que estabelecem o trabalho a ser realizado em três fases, os quais representam momentos e níveis de rigor no controle distintos. Apesar da hierarquização, essas fases se relacionam e se influenciam à medida que as especificações do empreendimento são mais detalhadas e novas informações são incorporadas ao projeto (BALLARD e HOWELL, 1998).

A fase de planejamento inicial estabelece o orçamento e o cronograma a nível macro, além de discriminar os entregáveis de modo geral. A fase de planejamento a médio prazo, conhecida pelo termo em inglês *lookahead*, indica ajustes no planejamento da fase anterior e puxando os recursos para o momento de ser utilizados na produção. Já a fase de planejamento de comprometimento avalia o que pode ser feito em detrimento do que deveria ser feito, a partir da análise das etapas cumpridas, dos recursos disponíveis e dos pré-requisitos atingidos (BALLARD e HOWELL, 1998). A **Figura 20** indica essa interação das fases de planejamento do LPS:

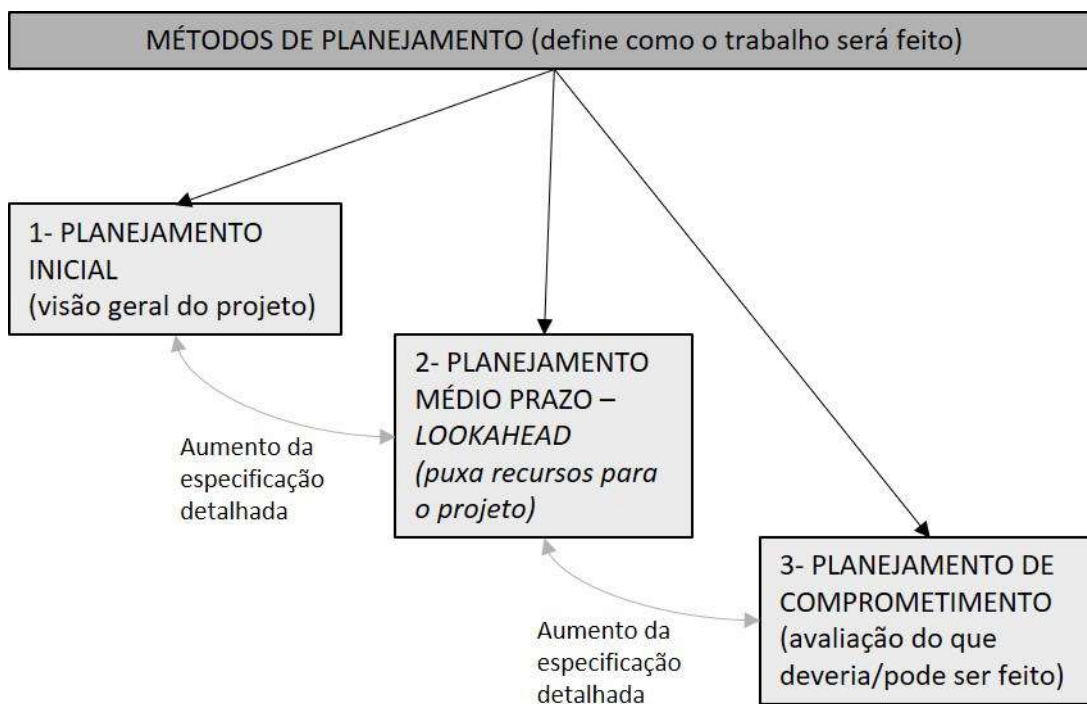


Figura 20 – Diagrama das fases dos métodos de planejamento do LPS
 Fonte: (BALLARD e HOWELL, 1998)

A partir das proposições anteriores de Ballard e Howell (1998), Koskela (1999) observou 5 princípios básicos que devem ser atendidos no sistema *Last Planner*: (1) o trabalho deve ser iniciado quando todos os requisitos estiverem disponíveis, evitando execução de tarefas em ambientes não ideais; (2) as atividades devem ser medidas e monitoradas para reduzir o risco de propagação de variabilidade para os próximos fluxos e tarefas, usando, para tanto, a métrica de Percentual do Plano Completado (PPC)¹; (3) a melhoria contínua deve ser realizada através da avaliação das causas para atividades não terem sido concluídas ou realizadas e essas causas devem ser removidas; (4) para cada equipe deve ser mantido um conjunto de atividades disponíveis para serem realizadas a qualquer momento, evitando que a produção seja interrompida se houver eventuais dificuldades para realizar determinada atividade, já que será possível migrar para outra atividade; (5) os pré-requisitos para realização de atividades devem ser cumpridos previamente através do uso do planejamento de médio prazo (*lookahead*) com um horizonte de 3 a 4 semanas antes do início daquela atividade.

¹ O Percentual do Plano Completado (PPC) é o índice expresso em percentagem que representada as atividades executadas dividido pelas atividades planejadas em determinado período. Ballard e Howell (1998) utilizam a “semana” como medida de tempo. Quanto maior o percentual mais produtividade foi alcançada naquele período de avaliação.

Dessa forma, para atingir os objetivos da filosofia *Lean Construction*, isto é, reduzir a variabilidade no processo construtivo, aprimorar o fluxo de trabalho, reduzir os desperdícios, realizar melhoria contínua das atividades, agregar valor ao produto, cumprir as metas, são utilizadas técnicas e métodos de planejamento, controle e gestão. Em consonância com essas práticas, o sistema *Last Planner* agrega esse conjunto de procedimentos que permitem maior desempenho produtivo no setor de construção civil.

2.3. A PRODUTIVIDADE DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A construção civil é um segmento econômico e produtivo extremamente heterogêneo, composto por três subsetores, segundo a Classificação Nacional de Atividades Econômicas - CNAE 2.0 do IBGE: (1) 41 - Construção de edifícios, (2) 42 – Obras de infraestrutura e (3) 43 – Serviços especializados para construção. A indústria da construção através desses subsetores realiza atividades, em níveis de desenvolvimento tecnológico diferentes, com processos, métodos e técnicas específicos (MELLO e AMORIM, 2009) que juntos representam 280 bilhões de reais no ano de 2017, conforme dados da Pesquisa Anual da Indústria da Construção (IBGE, 2019).

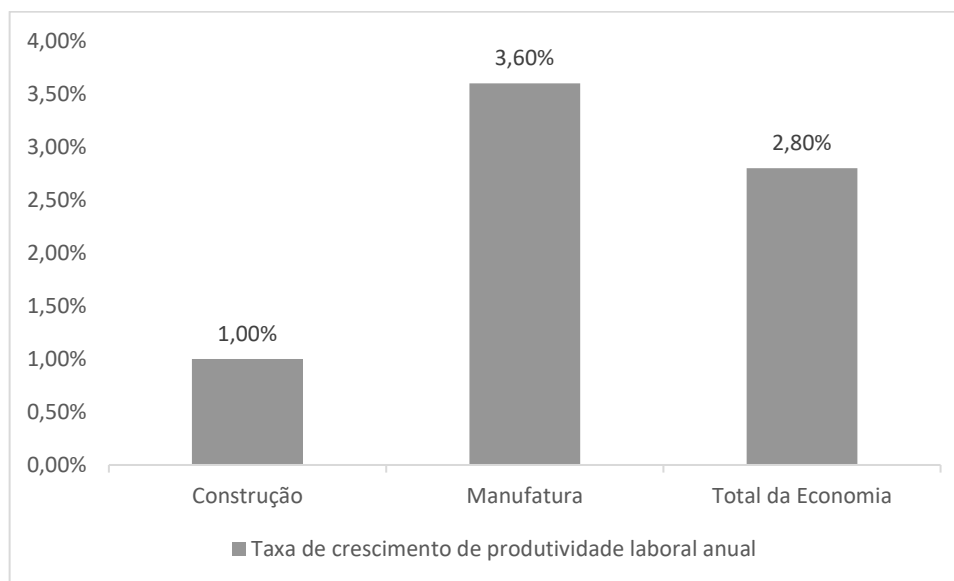
Desse montante, 45,8%, equivalente a 128 bilhões de reais, representaram a construção de edifícios no ano de 2017. Isso demonstra um crescimento de aproximadamente 19% deste subsetor frente ao ano de 2008 da série histórica desta pesquisa (IBGE, 2019). Tal crescimento foi favorecido pelos programas governamentais de habitação, como o Programa Minha Casa Minha Vida, criado no ano de 2009.

A nível mundial, a indústria da construção civil movimenta mais de 10 trilhões de dólares anualmente, o que representa cerca de 13% do PIB global (MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE, 2017). Apesar disso, mesmo sendo considerada essencial para o desenvolvimento econômico, a construção civil, segundo relatório da McKinsey (2017), pela demanda de vultosos recursos para sua execução, pela dependência governamental para obras de infraestrutura e pelo alto risco vinculado ao sucesso da execução de seus projetos, estagnou-se nas últimas décadas.

Ao passo que a produtividade do trabalho da economia mundial cresceu em torno de 2,8% anualmente no intervalo de 20 anos compreendido de 1995 a 2014, o

crescimento na indústria da construção foi de 1% ao ano. Já o setor de manufatura teve uma taxa de 3,6% ao ano de crescimento no mesmo período. Evidencia-se, assim, um descompasso significativo de competitividade entre os setores da construção, da manufatura e da economia como um todo. O **Gráfico 10** ilustra a taxa de crescimento desses setores ao longo de duas décadas:

Gráfico 10 – Crescimento da produtividade do trabalho anual de 1995 a 2014



Fonte: (MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE, 2017)

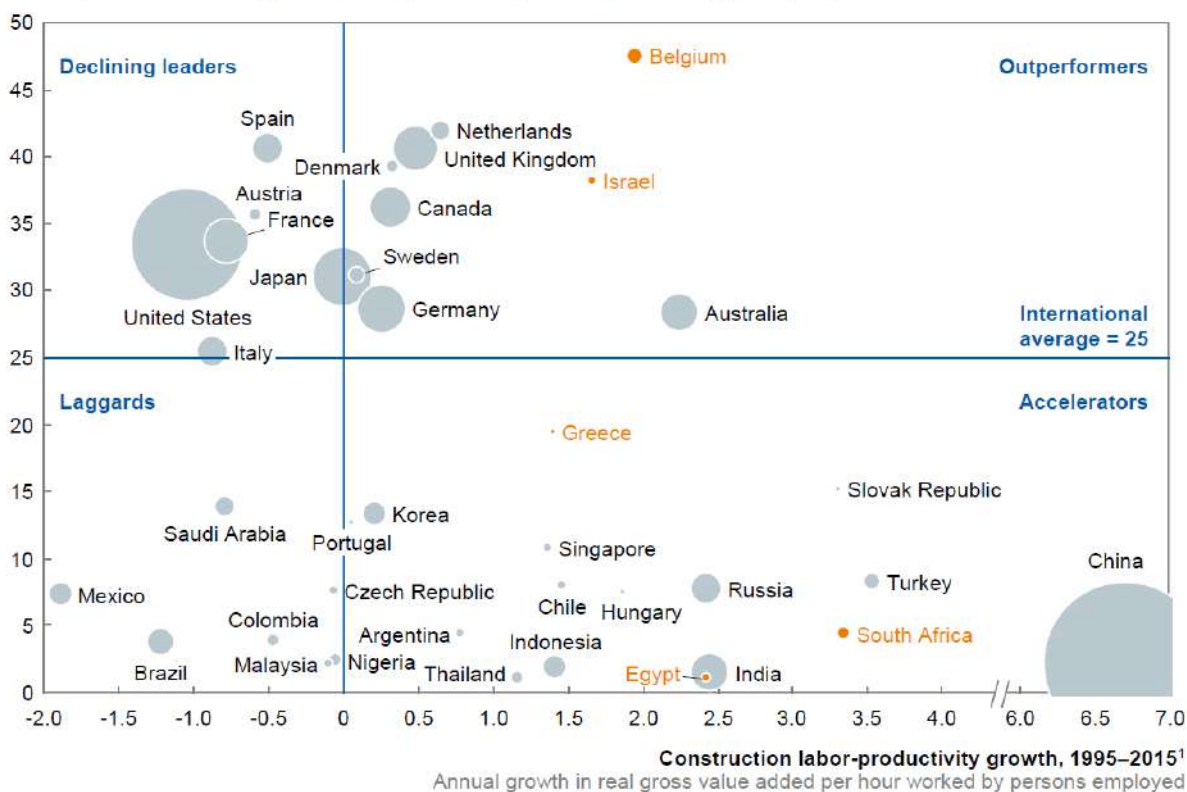
A produtividade pode ser definida como eficiência em transformar recursos em produtos (SOUZA, MORASCO e RIBEIRO, 2017). Entretanto, em modo mais específico a *produtividade do trabalho* relaciona o produto gerado pelo setor da construção e a quantidade de trabalhadores empregados em determinado ano.

O mesmo relatório da McKinsey (2017) indica que o Brasil figura no quadrante dos países retardatários com índice de -1,3% de crescimento da produtividade da construção no período de 1995 a 2015, conforme ilustrado pelo **Gráfico 11**. Isso quer dizer que para cada dólar empregado em mão de obra no país, é gerado crescimento deficitário do valor agregado correspondente.

Gráfico 11 – Produtividade de mão de obra da construção em 2015

Construction labor productivity, 2015¹

2005 \$ per hour worked by persons employed, not adjusted for purchasing power parity²



Fonte: (MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE, 2017)

Não obstante, a indústria da construção tem potencial de aumentar seu desempenho em 16% do PIB mundial no próximo período de 10 anos, caso consiga aprimorar os índices de produtividade acima de 50% do nível atual. A publicação da McKinsey (2017) cita 7 ações factíveis que, uma vez exercidas adequadamente, poderiam impactar nesse incremento almejado: (1) remodelar as normas, regulamentos e legislação aplicada à construção civil; (2) realizar contratos com cláusulas de recompensa por desempenho maior que aquele contratado; (3) repensar o projeto técnico (*design*); (4) aprimorar a execução de obras através de gestão mais eficiente; (5) infundir tecnologia e inovação nos processos de projeto e construção; (6) realizar capacitação para especialização trabalhadores; (7) aprimorar a cadeia de suprimentos e logística.

Todas as essas ações são viáveis para os três segmentos da construção civil brasileira (construção de edifícios, obras de infraestrutura e serviços especializados para construção) e podem ser colocadas em prática mediante a organização das partes interessadas.

A ação 1 é aquela que mais exige intercâmbio entre atores distintos, uma vez que se relaciona tanto com o Estado (representado pelos Três Poderes), responsável pela legislação, sua aplicação e cumprimento; organizações responsáveis pela elaboração de normas técnicas, ensaios e testes; entidades privadas como incorporadoras, construtoras, empreiteiras, projetistas e afins; além da sociedade civil como um todo.

A ação 2, que encoraja adoção de medidas de remuneração de performance, abrange interação entre partes interessadas e resvala na legislação brasileira quando existe contratação entre entidades públicas e privadas, já que os contratos devem ser regidos pela Lei de Licitações 8.666 (BRASIL, 1993) e pela Lei de Regime Diferenciado de Contratações Públicas 12.462 (BRASIL, 2011). Porém, em contratações entre particulares a implantação dessa medida não demanda muitos esforços, bastando regras claras devidamente documentadas para que façam seu efeito próprio.

Por outro lado, as demais ações dependem principalmente das entidades privadas. Dessa forma, não existem muitos obstáculos para sua implementação, exceto investimento inicial, que a médio e longo prazo se traduz em redução de custos, aumento da produtividade e elevação dos resultados, ou seja, competitividade e sustentabilidade empresarial.

Dessas ações, as seguintes serão abordadas nesse trabalho para o caso específico da construção de residências, que se insere no subsetor de construção de edifícios: (1) Repensar o projeto técnico (*design*), que no caso tem a implicação de racionalizar os empreendimentos residenciais através de técnicas de pré-fabricação e industrialização, inserindo ainda no seu desenvolvimento maior qualidade do nível de detalhamento e informações; (2) aprimorar a execução de obras, que se relaciona diretamente com a filosofia *Lean Construction* a partir da análise dos processos de construção de modo a otimizá-los; (3) infundir tecnologia e inovação, que diz respeito ao uso do BIM (*Building Information Modeling*) para o desenvolvimento de projetos técnicos (*design*), planejamento, gestão da construção e da operação, do uso de SIG (Sistema de Informação Geográfica ou na sigla inglês GIS – *Geographic Information System*) para logística, planejamento e operação, assim como de tecnologias de mapeamento aerofotogramétrico e acompanhamento de serviços e inspeções prediais com uso de VANT (veículo aéreo não tripulado) comumente conhecidos por

drones, escaneamento a laser, realidade aumentada e realidade virtual, entre outras técnicas e soluções.

De modo geral, as ações 2, 3, 4, 5 e 7 são facilitadas pelo uso do BIM.

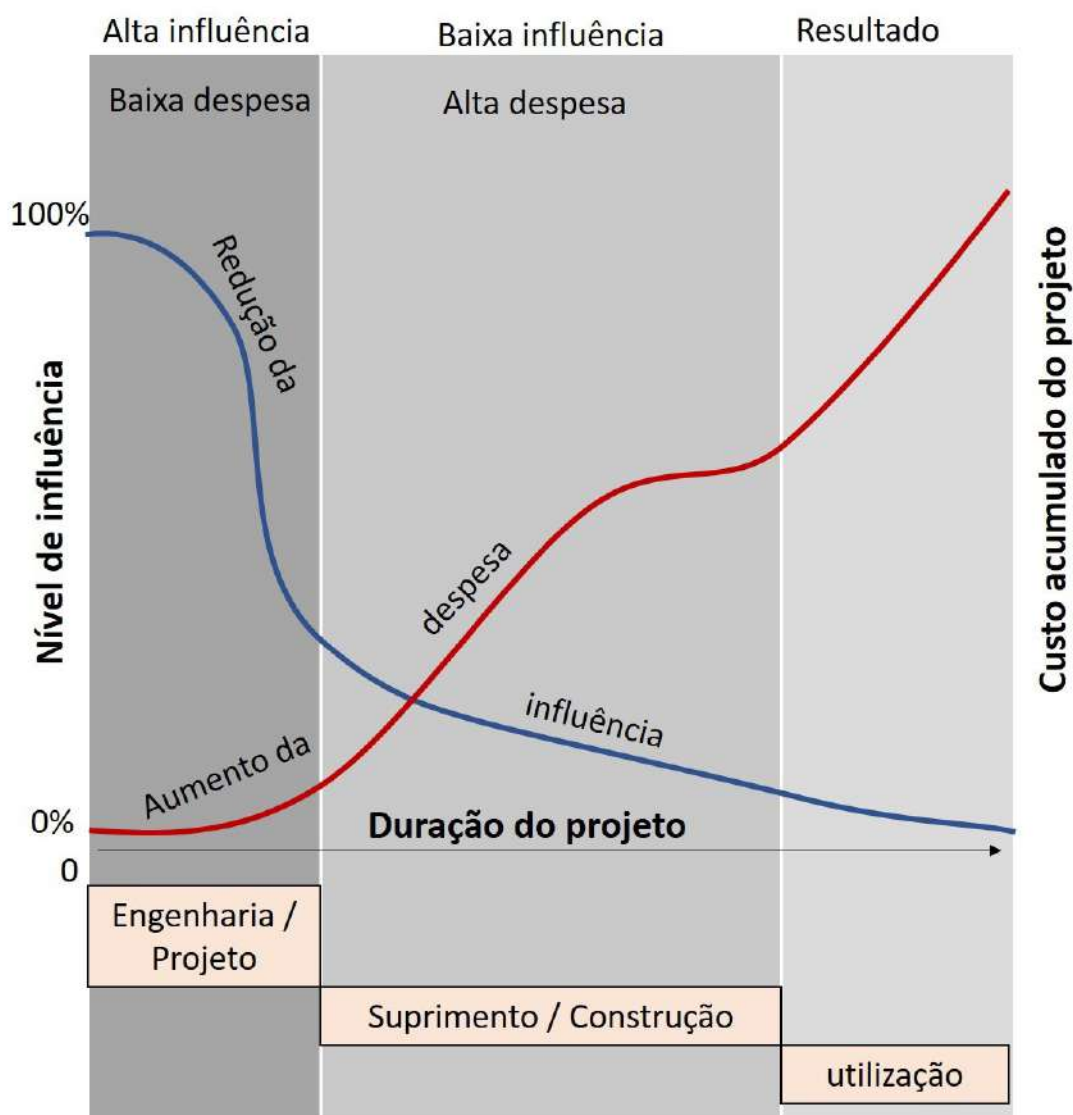
2.4. SISTEMAS PARA PROJETOS TÉCNICOS DE CONSTRUÇÃO (*DESIGN*)

A indústria da construção é movida principalmente por projetos, que tem como características um conjunto de atividades e esforços conduzidos por um determinado período com início e fim definidos para a construção de algo único, os quais para terem sucesso e atingirem o resultado esperado exigem a utilização de conhecimentos e técnicas específicas para gerenciá-los ao longo deste processo (PMBOK, 2018).

Essa definição mais abrangente do termo projeto se subdivide no setor de AEC em duas fases distintas: (i) a elaboração dos planos técnicos para construção, usualmente chamado de projeto (*design*, em inglês), que se relaciona com as disciplinas de arquitetura e engenharia; e (ii) a execução da construção propriamente. Dessa forma, existem praticamente dois projetos em curso, porém ambos são dependentes um do outro e se entrelaçam. No primeiro, são definidos através de técnicas de arquitetura e engenharia as funções, formas, soluções técnicas dos elementos que serão construídos, os quais tem suas informações representadas em desenhos, esquemas, memoriais e demais peças técnicas (NBR 16636, 2017). Já na segunda fase, através do emprego de mão de obra, equipamentos e materiais coordenados entre si, faz-se a construção do objeto definido nos planos da etapa anterior através de técnicas de gerenciamento de projeto e produção.

À medida que se desenvolve um empreendimento de construção, o custo das mudanças aumenta proporcionalmente ao avanço das fases de seu ciclo de vida. Por outro lado, quanto mais no início da fase de projeto de arquitetura e engenharia, maior é o nível de influência que as soluções técnicas podem gerar com menor impacto nos custos. O **Gráfico 12**, retratado em sua forma original por Paulson (1976), ilustra essa análise ao indicar uma curva da esquerda para a direita descendente que representa a redução da influência ao longo das três fases do desenvolvimento de um empreendimento, enquanto a curva ascendente da esquerda para a direita demonstra o crescimento dos gastos:

Gráfico 12 – Relação do nível de influência e custo no desenvolvimento do projeto técnico (*design*)



Fonte: (PAULSON, 1976)

Sob essa ótica, a fase projetual de um empreendimento de construção é de suma importância para garantir a adequação dos custos globais do negócio e as soluções técnicas. Por conseguinte, quanto mais informação for produzida durante as fases iniciais do processo de projeto técnico (*design*), maior será a qualidade e eficiência da fase de construção.

A representação gráfica da fase de projeto técnico de construção é realizada, no método tradicional, pelo uso de *softwares* baseados na tecnologia *Computer Aid Design* (CAD) – desenho assistido por computador – ou em alguns casos ainda por desenhos técnicos manuais com uso de gabaritos, régua, prancheta, lápis. Ao fim da elaboração da representação gráfica tanto manualmente quanto através do CAD,

esses desenhos são disponibilizados em pranchas de papel, ou digitalmente, para serem distribuídas aos executores da obra.

Os programas CAD são caracterizados por plataformas de trabalho composto por plano cartesiano vetorial onde são desenhadas formas geométricas bidimensionais ou tridimensionais de representação do objeto em escala, nas quais são colocadas indicações de dimensões e textos. Eles apresentam propriedades mais vantajosas frente aos métodos manuais de produção de projetos técnicos de construção como, por exemplo, a repetibilidade, a acuidade, a precisão e o compartilhamento da documentação técnica. Mais do que isso, essas ferramentas digitais permitem aumentar a produtividade e reduzir os custos de mão de obra para elaboração de projetos técnicos de construção em comparação à técnica manual.

Essas foram as principais razões motivadoras para a concepção de soluções CAD, a partir da década de 1950. Nesse período, com o advento do desenvolvimento de computadores, foi possível iniciar pesquisas em sistemas de informática capazes de reproduzir os desenhos técnicos manuais, sendo o termo CAD cunhado por pesquisadores do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT) e da Força Aérea dos Estados Unidos, através de publicação de memorial técnico por Ross (1960).

Na década de 1960, o desenvolvimento de gabinetes de processamento de computadores (*mainframes*) possibilitou que Sutherland em 1963 criasse também no MIT, nos EUA, o programa chamado Sketchpad. Na França, alguns anos depois foi concebido por Bézier (1968) o *software* Unisurf. Ambos usavam o processamento gráfico dos computadores para reproduzir objetos e desenhos técnicos que seriam usados na indústria da manufatura, aeroespacial, automobilística e construção.

Entretanto, ao passo que a indústria da informática na década de 1970 se expandia através do desenvolvimento tecnológico a partir de empresas como Applicon, Computervision, Auto-trol Technology, Calma e Intergraph, esses sistemas de informática não tinham apelo comercial significativo principalmente pelos altos custos inerentes à sua produção, manutenção e suporte técnico (WEISBERG, 2008).

Quando implementados, esses sistemas podiam aumentar a produtividade dos departamentos técnicos das empresas de engenharia, arquitetura, manufatura e afins. Isso possibilitava a redução de custos de produção de projetos técnicos (*design*), que eram revertidos em rentabilidade para a companhia e maior satisfação do cliente. Todavia, um sistema CAD desenvolvido por uma dessas empresas de *softwares* nos

EUA custava cerca de 150 mil dólares na década de 1970, o que era bastante proibitivo para os padrões convencionais. Dessa forma, apenas grandes empresas e algumas agências governamentais dispunham de recursos financeiros suficientes para aquisição dessas soluções tecnológicas (WEISBERG, 2008).

Os anos de 1980 foram particularmente efervescentes para a indústria da informática a partir da difusão de microcomputadores pessoais (PC) a preços mais acessíveis como o IBM PC lançado em 1981 (SACHS, 1986). A adoção cada vez maior das firmas de engenharia e arquitetura de equipamentos e programas de informática refletiu diretamente no surgimento de novas empresas desenvolvedoras de *softwares* CAD.

Em 1982 nos EUA, a desenvolvedora Autodesk lançou seu *software* mais célebre chamado AutoCAD, enquanto em 1985 foi disponibilizado a primeira versão do programa MicroStation da desenvolvedora Bentley. Já na Europa, a empresa francesa Dassault Systèmes que já desenvolvia o *software* CATIA desde 1977 percebeu essa nova fase de interesse da indústria de engenharia e arquitetura e lançou a partir de 1981 seu *software* com interface para microcomputadores pessoais, tendo sucesso comercial com essa estratégia (WEISBERG, 2008).

Com o desenvolvimento tecnológico nas décadas seguintes, muitos programas CAD vieram a apresentar capacidade de armazenamento de atributos de objetos e dados paramétricos que são classificados de diversas formas e oferecem mais informações do que apenas as representações geométricas bidimensionais ou tridimensionais de seus *softwares* primitivos CAD.

O próximo horizonte na arte de projetar, diz respeito ao conceito *Building Information Modeling* (BIM) – modelagem da informação da construção – e aos *softwares* que o expressam tecnologicamente. Embora também apresente interface para representação gráfica tal qual as soluções CAD, o BIM explora componentes para atender o ciclo de vida do empreendimento, tal qual ilustrado na **Figura 21**:



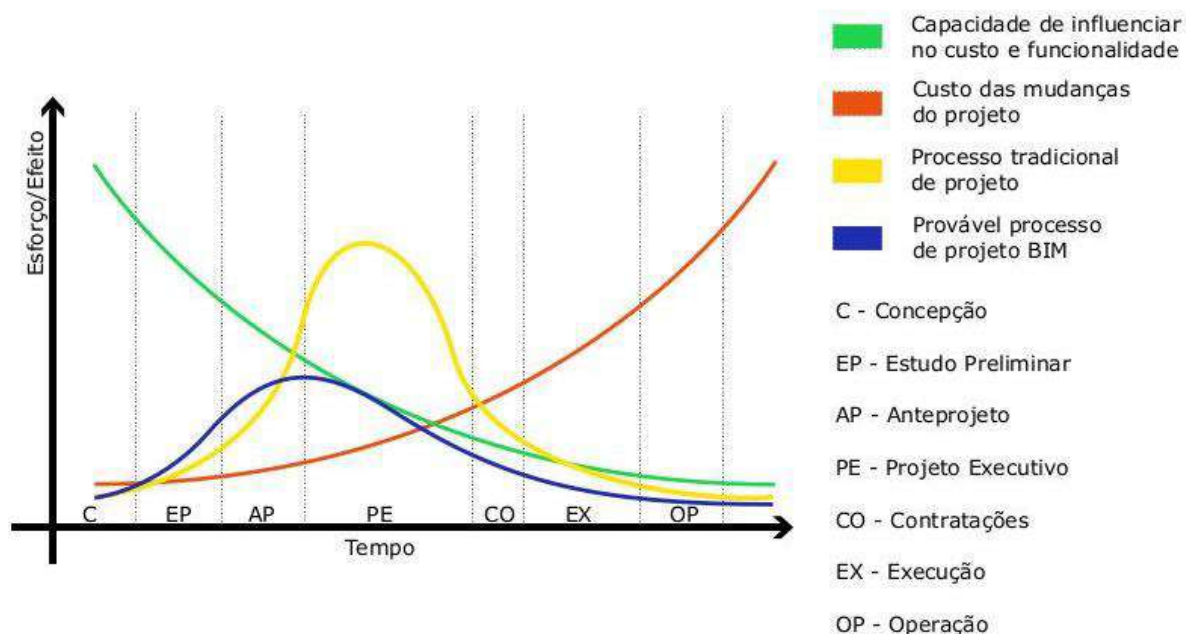
Figura 21 – Fases que permitem o uso BIM
 Fonte: (AUTODESK, 2017)

A tecnologia que dá suporte ao conceito BIM, isto é, a interface de programação de aplicação (API, na sigla em inglês) indica um banco de dados com classificação normatizada para os componentes construtivos, além das linguagens de programação para ativar as tarefas solicitadas pelos usuários.

Considerando ainda a Curva de Paulson (1976), MacLeamy (2010) a atualizou para retratar a diferença entre os processos de projeto técnico (*design*) baseado no conceito CAD e no BIM. Tal qual exposto no **Gráfico 13** abaixo, no processo BIM existe mais esforço nas fases iniciais, ou seja, na concepção, estudo preliminar e anteprojeto, o que proporciona maior capacidade de influenciar no custo e funcionalidade, sem que as mudanças onerem tanto. Contudo, no processo CAD, a depender do fluxo de trabalho de arquitetos, engenheiros e das organizações de modo geral, pode-se também investir nas fases preliminares do projeto maior esforço para minimizar o custo de mudança em etapas mais avançadas.

Ambos os conceitos, dessa forma, podem refletir empenho similar seja qual for a fase, sendo para isso uma questão de abordagem da empresa/profissional. Usualmente, no entanto, conceito BIM, prevalece a adoção de mais definições para validação do modelo BIM e uma postura de integração entre as diversas disciplinas que compõem a fase de projeto nas fases preliminares.

Gráfico 13 – Curva de influência e custo em CAD e BIM



Fonte: (MACLEAMY, 2010)

Assim, os conceitos CAD e BIM são usados na etapa de projeto técnico (*design*) para representar graficamente aquilo que será construído, extrair as quantidades como por exemplo áreas de construção, áreas privativas e demais parâmetros, sendo este último (BIM) impulsionado pela indústria da construção por oferecer novas formas de trabalho e produtos entregáveis como novo paradigma do setor.

2.5. MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO - BIM

2.5.1. O CONCEITO BIM

BIM é o acrônimo de *Building Information Modeling*, isto é, Modelagem da Informação da Construção. Esse conceito consiste em um processo desenvolvido para o setor de AEC com a finalidade de produção, comunicação e análise de informações da construção em formato digital proveniente da tecnologia da informação que interage em todo o ciclo de vida de um empreendimento (EASTMAN, *et al.*, 2008).

Embora no início da década de 1960 nos EUA, segundo Gaspar e Ruschel (2017), o engenheiro Douglas Engelbart tenha vislumbrado que não tardaria para que houvessem projetos de construção baseados em objetos, manipulação paramétrica e banco de dados inter-relacionados, a origem do BIM remonta à década de 1970 quando pesquisadores da Universidade da Califórnia, EUA, liderados por Charles

Eastman criaram o conceito de *Building Description System* (BDS) – Sistema de Descrição da Construção.

Esse sistema tinha por objetivo a transposição dos métodos de documentação dos projetos de construção elaborados à mão para formatos digitais dos desenhos técnicos a partir de taxonomias das partes constituintes da edificação em modelos abstratos tridimensionais. O programa inicial derivado desse conceito BDS apresentava uma interface de usuário gráfica que permitia visualização em perspectiva e obtenção de informações categorizadas dos elementos construtivos (EASTMAN, 1975).

Na descrição do BDS, Eastman (1975) indicou a essência do BIM: projeto paramétrico, com informação extraída de um modelo integrado à banco de dados. Ele ainda previu o uso do modelo para comunicar a solução técnica, levantar quantidades de materiais e elaborar cronogramas de execução.

Em meados de 1980, muitas iniciativas independentes tanto na Europa quanto nos EUA trabalharam com os fundamentos elementares do que viria a ser o conceito BIM (EASTMAN, *et al.*, 2008). Em 1984, o *software* VectorWorks, desenvolvido pela empresa estadunidense Diehl Graphsoft hoje subsidiária do grupo Nemetschek, já demonstrava capacidade de informação paramétrica para projetos arquitetônicos (NEMETSCHKE GROUP, 2019). Mais tarde se deu o surgimento do termo *Building Modeling* – Modelagem da Construção – que foi introduzido por Aish (1986) ao descrever o software britânico RUCAPS, sigla de *Riyadh University Computer Aided Production System*, que depois foi rebatizado para *Really Universal Computer Aided Production System*, desenvolvido inicialmente por John Davison e John Watts nos anos 1970. Esse software tinha muitas das características que viriam a ser consolidadas ao conceito BIM e exploradas anos depois em softwares com o Revit, da Autodesk.

De acordo ainda com a pesquisa de Gaspar e Ruschel (2017), Eastman foi novamente pioneiro ao descrever em 1980 um sistema capaz de interagir com informações de um banco de dados para realizar análises diversas como funcional, estrutural, térmica e orçamento. A isso Eastman (1980) denominou de *Integrated Building Model* – modelo de construção integrado.

Alguns anos depois, Nederveen e Tolman (1992) cunharam na Holanda a nomenclatura *Building Information Model* – Modelo da Informação da Construção –

para designar os aspectos de representação gráfica com componentes de construção observados pelos participantes do projeto. Cada participante, de acordo com seu papel no projeto, tem uma abordagem diferente do modelo. Para tanto, segundo esses autores é necessário estruturar essas informações durante o desenvolvimento da modelagem.

Desde então, a academia, as instituições governamentais, as organizações representantes de arquitetos e engenheiros, os desenvolvedores de *softwares* e a indústria da construção como um todo adotaram a nomenclatura *Building Information Modeling* – Modelagem da Informação da Construção (AUTODESK, 2017). Esse termo, passou a designar o processo pelo qual os *softwares* com funcionalidades para produção e manipulação de modelos de construção virtual tridimensionais influenciam o modo como as edificações e infraestrutura são planejadas, projetadas, construídas e gerenciadas (BERNSTEIN e DEAMER, 2010).

O próprio conceito do BIM se expandiu a ponto de se tornar sinônimo de novas práticas de trabalho para a indústria da construção civil e do planejamento urbano, uma vez que a partir dele se estabeleceu um conjunto de procedimentos, tecnologias, políticas e maneiras colaborativas das pessoas lidarem com a informação gerada no modelo de construção (SUCCAR, 2008).

Essas interrelações são demonstradas na **Figura 22**, seguir:

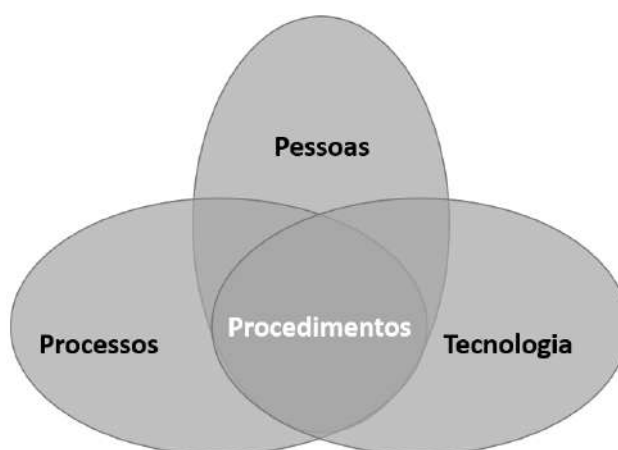


Figura 22 – Interrelação dos fundamentos BIM

Fonte: ABDI (2017) adaptado de Succar (2009)

No campo do fundamento *Pessoas* são estabelecidos os profissionais que interagem com o BIM, ou seja, arquitetos, engenheiros, projetistas, analistas, construtores, entre outros. Nessa área são também vinculadas etapas de treinamento,

denominação de cargos e funções e tudo que diz respeito aos recursos humanos necessários a operação. Já o fundamento *Processos* diz respeito aos fluxos de trabalho, a forma de produzir os modelos BIM, à sistemática de gerir o ciclo de vida do empreendimento desde sua concepção na etapa de projeto técnico (*design*) à sua operação pós-obra. A *tecnologia*, por outro lado, refere-se aos meios para expressar o BIM, isto é, aos *softwares* que geram a informação e permitem sua manipulação e interoperabilidade; aos equipamentos como computadores, servidores, *switches* e demais periféricos capazes de processar os programas e armazenar os arquivos; à infraestrutura de rede, aos serviços virtuais baseados no conceito de *nuvem online*; e a todo aparato digital capaz de estabelecer comunicação entre as partes envolvidas. Por fim, os relacionamentos entre esses fundamentos geram a base de procedimentos do BIM, entendido como o arcabouço de boas práticas, normas, códigos, linguagens, arquitetura de dados, taxonomias e afins, que possibilitam a operação do modelo BIM (SUCCAR, 2008).

O refinamento do conceito, dos processos e de ferramentas (*softwares*) BIM foi impulsionado sobremaneira pelo aprimoramento do processamento de dados e de desenvolvimento de gerações mais robustas de computadores com preço mais acessível aos usuários finais, além de soluções de tecnologia da informação *online* como locais de armazenamento de dados remota (EASTMAN, *et al.*, 2008). Sem essa inovação tecnológica dos componentes de informática, principalmente a partir da virada do século XXI, os pensamentos visionários de Engelbert quatro décadas antes ainda seriam sonhos.

Portanto, o BIM é mais que apenas *softwares* de modelagem das disciplinas de construção como Arquitetura, Estrutura, Instalações Prediais e de Infraestrutura presentes no mercado. Sem uma base sólida de processos, bem como profissionais capacitados, código de procedimentos adequado e uma reestruturação organizacional, não é possível obter os benefícios que esse conceito oferece através de um ambiente com trabalho colaborativo e integrado por dados (AMORIM, 2018).

É certo que o método tradicional de elaboração de projeto técnico (*design*) para construção com uso de plataformas vetoriais digitais de representação gráfica padrão CAD também exige para seu desenvolvimento interação de pessoas, tecnologia e processos, os quais culminam nos procedimentos para seu uso. Todavia, o conceito BIM demanda colaboração e integração como premissas essenciais. Essas

características, em última instância, favorecem a obtenção de mais produtividade e qualidade ao longo do processo de construção.

Através de ferramentas digitais imersas no conceito BIM é possível criar um modelo de construção tridimensional, que permite detectar conflitos entre as disciplinas de arquitetura e engenharia e corrigi-las antes de iniciar as obras, diminuindo, dessa forma, o custo e retrabalho do empreendimento (SUCCAR, 2008). Essa construção virtual possibilita também a quantificação de materiais e serviços de modo mais automatizado, gerando, dessa forma, informações para composições orçamentárias. Simulações do empreendimento ao longo do tempo com cronogramas visuais tornam o planejamento de execução de obras muito mais verossímil e coerente, o que garante benefícios diretos no canteiro de obras, seja na organização do trabalho, seja no entendimento das tarefas que precisam ser realizadas na frente de serviço, resultando em ganhos de produtividade. A construção virtual permite ainda o entendimento pleno do projeto técnico (*design*) a todas as partes interessadas, sejam projetistas, construtores, proprietários, agentes públicos ou sociedade civil, através de uma comunicação clara e eficiente.

Contudo, para obtenção de todos esses benefícios, o emprego do conceito BIM exige uma mudança organizacional disruptiva, com a criação de novos fluxos de trabalho, procedimentos, capacitação dos profissionais envolvidos, aquisição de equipamentos e *softwares*. Isso quer dizer que para a implantação eficaz do conceito BIM, é requerido um investimento financeiro e de tempo considerável para que o BIM se torne realidade nas empresas privadas e organizações governamentais (AMORIM, 2018).

2.5.2. O PROCESSO BIM

O processo BIM é caracterizado pelo desenvolvimento de um modelo virtual da construção, o qual expande o universo gráfico, acrescentando ainda parâmetros para simular e extrair dados para diversas aplicações, os quais são armazenados nos modelos gerados, ao longo do ciclo de vida do empreendimento.

À medida que se avançam pelas etapas da fase de projeto técnico (*design*), em ambos os processos há mais detalhamento das soluções técnicas, compatibilização e coordenação entre as disciplinas de arquitetura e engenharias, isto é, verificação de conflitos entre os componentes construtivos. Essa conformação do projeto é realizada

de forma semiautomatizada e varia no grau de qualidade conforme a experiência do projetista responsável pela coordenação.

Verifica-se, assim, por exemplo, se as soluções técnicas estão atendidas, se existe interferências de posicionamento dos elementos como, por exemplo, pilar estrutural interceptado por tubulação de esgoto, o qual, geralmente, não pode ser admitido, entre outras inconsistências que podem causar transtornos durante a execução da obra.

O conceito BIM não se limita apenas a fase de projeto da construção. Ele percorre a fase de viabilidade do empreendimento; de projeto de construção; de execução da obra através das atividades de planejamento, representação do escopo do que deve ser feito e do orçamento; do comissionamento e operação da edificação, até sua eventual perda de uso, levando a sua demolição, podendo recomeçar o ciclo, tal qual exposto no ciclo de vida do empreendimento pela **Figura 21**.

O fluxo do processo do conceito BIM demonstrado na **Figura 23** indica as iterações constantes entre as disciplinas de arquitetura e engenharias, por meio de subprocessos de otimização, os quais interagem com um modelo único que subsidia a integração, comunicação e simultaneidade. Esse processo BIM exige que esses ciclos de otimização a cada nova fase recebam validação para avançar adiante, garantindo integridade ao modelo e qualidade ao projeto (ABDI, 2017).



Figura 23 – Processo de projeto com uso método BIM
Fonte: (ABDI, 2017)

A coordenação da integração e comunicação entre as partes envolvidas é realizada de modo colaborativo e síncrono ao longo do processo do método BIM (ABDI, 2017). Incentiva-se, assim, a antecipação da interação entre os projetistas das disciplinas que constituirão a edificação, bem como da equipe de obra, fornecedores e de outras partes interessadas. Essa colaboração entre os atores desenvolvedores do empreendimento nas fases iniciais provoca um ciclo virtuoso entre todos de forma que é possível antever conflitos, mitigar problemas e propor soluções.

Além disso, o conceito BIM proporciona interfaces com diversas áreas de conhecimento do gerenciamento de projetos; análises de conforto ambiental como desempenho térmico, acústico e lumínico; análise estrutural, insolação para fins de eficiência energética; gerenciamento e planejamento de execução de obras; gestão de custos; gestão operacional do uso da edificação.

Embora não seja um consenso, para popularizar essas interfaces do modelo virtual com tópicos de arquitetura, engenharia, planejamento e gestão, a indústria da construção passou a adotar e a chamar cada uma dessas aplicações de *dimensão*, atribuindo a letra “D” a uma sequência numérica para distingui-las entre si. Em materiais publicitários de empresas de *software*, de projeto e construção, assim como em alguns trabalhos de produção acadêmica, já são encontradas a seguinte relação de aplicações do BIM: 3D – modelagem da informação da construção; 4D – planejamento e cronograma; 5D – custos e orçamentos; 6D – análises de sustentabilidade; 7D – operação e manutenção do edifício ou infraestrutura; 8D – segurança do trabalho ao longo da execução do edifício ou infraestrutura; 9D – relacionamento do BIM com o *Lean Construction*.

Dessa forma, a primeira representação do BIM está atrelada a modelagem propriamente, com visualização bidimensional e tridimensional dos objetos projetados, com suas especificações, atributos, parâmetros, dimensões, características construtivas e afins, o que lhe conferiu a denominação de dimensão 3D.

Através de uma organização estruturada do modelo BIM, durante a etapa de gerenciamento de projeto da área de conhecimento tempo, realiza-se a extração de informações para estabelecer um cronograma integrado da execução da obra (PMI, 2018). A essa interação e produto gerado se denominou dimensão 4D.

De modo semelhante, tem-se a dimensão 5D, a qual se refere à área de conhecimento Custo (PMI, 2018), uma vez que dos parâmetros dos componentes construtivos do modelo BIM são extraídas as quantidades de serviços, materiais e até preços unitários que podem estar vinculados com alguma base de dados de sistemas de composição de custos tanto públicas como SINAP², EMOP/RJ³, SCO/PCRJ⁴ ou privadas como TCPO/PINI⁵ e SBC⁶. Assim, é possível desenvolver orçamentos sintéticos e analíticos da construção vinculados aos modelos BIM com informações de bancos de dados de composições de serviços técnicos.

Quando o tema diz respeito a sustentabilidade da construção, denomina-se dimensão 6D. Assim, o BIM afeta componentes relacionados à eficiência energética, à acústica, à luminotécnica, ao reuso de águas servidas, à elementos construídos que permitam aprimorar o conforto ambiental, bem como análises de terraplenagem derivados da implantação do empreendimento, entre outros fatores.

A operação e manutenção do empreendimento se relaciona com a dimensão 7D, a qual através de armazenamento de informações no modelo BIM auxiliam na gestão da construção pós-ocupação. Por outro lado, a segurança do trabalho durante a execução das obras e ao longo do uso do empreendimento veicula-se com a dimensão 8D.

Todas essas interfaces relacionam-se com parâmetros incluídos no modelo BIM durante as fases de projeto e planejamento.

² SINAPI é sigla de Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil que é um conjunto de regras e critérios para elaboração do orçamento de referência de obras e serviços de engenharia e arquitetura, contratados e executados com recursos da União, conforme Decreto Federal 7.983 (BRASIL, 2013). A Caixa Econômica Federal - CEF é responsável por manter o sistema, enquanto o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE realiza a pesquisa de preços dos insumos.

³ Os boletins EMOP/RJ dizem respeito aos documentos técnicos emitidos pela Empresa de Obras Públicas do Estado do Rio de Janeiro que estabelecem preços unitários e composições de serviços para elaboração de orçamentos de obras e serviços públicos de engenharia e arquitetura no âmbito do Estado do Rio de Janeiro, conforme Decreto Estadual 15.122 (ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 1990)

⁴ SCO é a sigla para Sistema de Custos para Obras e Serviços de Engenharia, o qual é mantido pela Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro - PCRJ e tem a pesquisa de preços unitários dos insumos realizado pela Fundação Getúlio Vargas – FGV. Esse sistema fornece composições de custo para elaboração de orçamentos de obras e serviços de engenharia e arquitetura, que são usados no SISCOB - Sistema de Acompanhamento de Obras e Serviços.

⁵ TCPO é a sigla de Tabela de Composições e Preços para Orçamentos mantida pelo grupo editorial PINI. Esse sistema privado é utilizado desde 1955 para elaboração de orçamentos de engenharia e arquitetura de obras particulares, mas também de obras públicas na ausência de sistemas públicos oficiais.

⁶ SBC é uma base de dados privada para orçamentação mantida pela empresa STABILE criada em 1963. Esse sistema auxiliou a criação e estruturação de muitas bases de dados de composições para diversos órgãos em várias esferas de poder.

Portanto, a metodologia BIM tem por objetivo representar virtualmente o empreendimento de construção civil, porém, além disso, a geração de informação pode ser expandida para outros usos. Esses dados auxiliam no planejamento de execução, com cronogramas interligado ao modelo BIM, no embasamento de orçamentos de custos com quantitativos vinculados novamente com o modelo BIM, na visualização de códigos, classificações de componentes, inter-relação com indicação de manuais de produtos e componentes, potencializando análises de diversas áreas ao longo do ciclo de vida de uma edificação.

2.5.3. ARQUITETURA DE DADOS E A INTEROPERABILIDADE BIM

Diante dessa necessidade intrínseca da metodologia BIM no que diz respeito a integração e comunicação das partes envolvidas, os arquivos gerados pelos *softwares* possuem extensão com capacidade de interoperabilidade, significando, dessa forma, a habilidade de trocar informações entre as plataformas de aplicações sem perda de dados (EASTMAN, *et al.*, 2008).

Para o sistema BIM funcionar adequadamente ao longo do intercâmbio de dados, os elementos construtivos devem ter representação de ontologias semânticas bem definidas com determinação dos indivíduos de objetos, classificação dos objetos, indicação de atributos como parâmetros e características desses objetos e a forma que esses objetos se relacionam entre si (GRUBER, 1993). Sem esse sistema ontológico de modelo de dados com as descrições conceituais formalizadas, a consistência das informações é comprometida.

Em função dessa exigência para garantir a confiabilidade e correto intercâmbio de informações foi padronizado o método de classificação dos objetos através da ISO 12006-2 (ISO, 2015), a qual foi traduzida pela ABNT através da NBR ISO 12006-2 (ABNT, 2018). As normas técnicas NBR 15965 partes 1, (ABNT, 2011), parte 2 (ABNT, 2012), parte 3 (ABNT, 2014) e parte 7 (ABNT, 2015) também dizem respeito ao sistema de classificação das informações da construção.

Além disso, faz-se necessário ter um sistema de arquivo que permita a interoperabilidade entre os diversos aplicativos que fazem uso do conceito BIM. Assim, foi criada a extensão *Industry Foundation Classes* – IFC pela organização BuildingSmart que reúne pesquisadores, empresas desenvolvedoras de *softwares* e

outros membros das indústrias de informática e construção (ANDRADE e RUSCHEL, 2009). A norma técnica ISO 16739 (ISO, 2018) rege o formato IFC.

2.6. A RELAÇÃO ENTRE OS CONCEITOS BIM E LEAN CONSTRUCTION

O setor de construção imobiliária residencial responde diretamente pela demanda crescente de moradias para todas as faixas de renda, seja econômica, classe média ou alta renda. Embora os produtos imobiliários variem de acordo com o público a que se destinam, todas essas construções se beneficiam de práticas que aumentam a produtividade, já que a partir disso se tem redução do prazo, diminuição dos custos diretos, aumento do lucro dos incorporadores e até, em determinados casos, redução do preço de venda das unidades habitacionais, impactando o consumidor final.

O mercado imobiliário econômico, que engloba o PMCMV, é particularmente sensível aos impactos dessas medidas que influenciam a produtividade, sendo, inclusive um fator chave para o sucesso de sua operação. Isso se dá pelo fato de que os empreendimentos da faixa 1 do PMCMV, como visto no **Quadro 6**, possuem teto máximo do valor da unidade habitacional que será repassado ao agente construtor. Além disso, os reajustes desses valores praticados no âmbito do PMCMV não acompanham a inflação, sendo necessária legislação específica para tal. As outras faixas do PMCMV, apesar de terem os valores de venda das unidades habitacionais determinados pelas incorporadoras/construtoras, também ficam condicionadas a um teto específico definido em legislação.

Assim, a inflação do país afeta os preços dos materiais, os valores de locações de equipamentos e salários dos funcionários através de dissídios, criando um descompasso em relação aos valores máximos determinados para o repasse na faixa 1 e para a comercialização de imóveis nas demais faixas do PMCMV. Métodos e processos, como os conceitos *Lean Construction* e BIM, que contribuam para o aumento do desempenho da produção são essenciais, portanto, para esse segmento, como forma de reduzir os custos e manter a viabilidade dos empreendimentos.

A filosofia *Lean Construction* possibilita a leitura do sistema de produção em todo ciclo de vida do empreendimento imobiliário, isto é, da concepção do projeto e de suas soluções técnicas, passando pela execução no canteiro de obras até a operação do empreendimento. Assim, através da utilização dos princípios de LC

aprimoram-se processos, reduzem-se desperdícios, criam-se mecanismos mais eficientes para a produção da construção civil e agrega-se valor ao final do processo.

O conceito BIM também interage em todo o ciclo de vida do empreendimento. Assim, o conceito BIM é influenciado pela filosofia *Lean*, já que além de imbuído de tecnologia ele se constitui de pessoas e processos, os quais para seu desenvolvimento adequado exigem a realização de plano de execução, tanto para evitar desperdícios, quanto para atingir os objetivos do projeto. Contudo, através dos usos do modelo BIM, este conceito também se torna um influenciador da filosofia *Lean Construction*, uma vez que se não existir um projeto que atinja os requisitos de qualidade e detenha soluções técnicas concretas e viáveis, os princípios do *Lean Construction* não podem ser colocados em prática durante a execução das obras, alcançando sua plenitude.

Embora ambos sejam independentes e possam ser implementados em estratégias distintas para cada empreendimento, existe uma interrelação contínua de sinergia entre os conceitos BIM e *Lean Construction* (SACKS e KOSKELA, 2009). Enquanto o BIM diz respeito a gestão da informação, o *Lean Construction* usufrui desses dados. Por outro lado, para a própria modelagem da informação, pode-se ter elementos enxutos para realizar as tarefas. Essa relação é demonstrada na **Figura 24** a seguir:

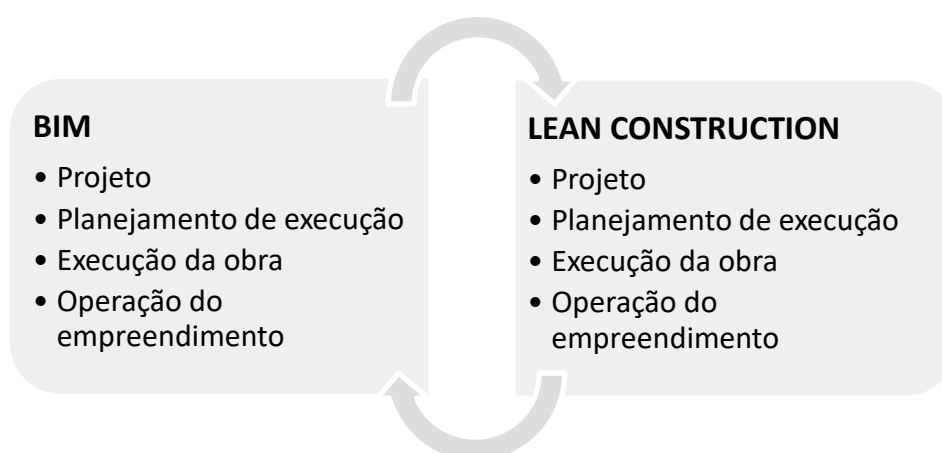


Figura 24 – Interrelação de sinergia entre BIM e LEAN

Fonte autor (2019)

Em canteiros de obras, a adoção de princípios LC demanda cuidadoso trabalho de coordenação entre os envolvidos pela construção, como a construtora, subempreiteiros e fornecedores, tendo em vista a necessidade de não gerar

desperdícios, de alcançar fluxos contínuos, de evitar estoque de recursos de mão de obra, materiais e equipamentos, e criar valor a cada etapa concluída. Os modelos BIM oferecem, então, subsídios para o desenvolvimento desse planejamento de execução da obra, ao explorar o projeto a partir da demonstração do trabalho que deve ser realizado, quantificar os materiais e onde eles serão usados e possibilitar estratégias de “ataque” em diversas frentes de serviço (EASTMAN, *et al.*, 2008).

De modo a explorar essa sinergia entre esses dois conceitos, Sacks, Koskela et al (2009) elaboraram quadro matricial de interações que justapõe as funcionalidades do conceito BIM com os princípios da filosofia *Lean Construction*, obtendo 56 interações entre ambos.

Para desenvolver esse quadro de interações, as 4 áreas principais dos princípios *Lean Construction*, isto é, fluxo de processo, processo com geração de valor, solução de problemas e desenvolvimento de parcerias, foram detalhadas em 16 princípios tangíveis, conforme lista a seguir: (1) redução da variabilidade, (2) redução do tempo de ciclo, (3) redução do tamanho dos lotes (pacotes de trabalho), (4) aumento da flexibilidade, (5) seleção da abordagem do sistema de controle da produção, (6) padronização, (7) instituição de melhorias contínuas, (8) uso de gerenciamento visual, (9) projeto do sistema de produção para fluxo e valor, (10) garantia da captura de requisitos compreensíveis, (11) foco na conceituação do projeto, (12) garantia de atendimento dos requisitos em fluxo de cima para baixo, (13) verificação e validação, (14) observação pessoal no campo, (15) decisão por consenso a partir de todas as opções e (16) cultivo e extensão da rede de parceiros. O **Quadro 11** a seguir agrupa esses princípios com as áreas principais da filosofia *Lean Construction*, além de indicar a classificação chave para interagir com as funcionalidades BIM:

Quadro 11 – Princípios *Lean Construction*

ÁREAS PRINCIPAIS	PRINCÍPIOS	COLUNA CHAVE
Processo de fluxo	Reduzir a variabilidade	
	Obter a qualidade certa pela primeira vez (reduzir a variabilidade do produto)	A
	Foco na melhoria da variabilidade do fluxo (reduzir a variabilidade da produção)	B
	Reduzir os tempos de ciclo	
	Reduzir as durações do ciclo de produção	C
	Reduzir o estoque	D
	Reduzir o tamanho do lote (fluxo de peça única)	E

	Aumentar a flexibilidade	
	Reduzir os tempos de transição	F
	Usar equipes multi-qualificadas	G
	Selecionar uma abordagem adequada de controle de produção	
	Usar sistemas que puxem a produção	H
	Nivelar a produção	I
	Padronizar	J
	Instituir de melhoria contínua	K
	Usar o gerenciamento visual	
	Visualizar os métodos de produção	L
	Visualizar o processo de produção	M
	Projetar o sistema de produção para o fluxo e o valor	
	Simplificar	N
	Usar processamento paralelo	O
	Usar apenas tecnologia confiável	P
	Garantir a capacidade do sistema de produção	Q
Processo de geração de valor	Garantir a captura de requisitos abrangentes	R
	Foco na seleção de conceitos	S
	Garantir o fluxo de requisitos	T
	Verificar e validar	U
Resolução de problemas	Ver por si mesmo	V
	Decidir por consenso, considerando todas as opções	W
Desenvolvimento de parceiros	Cultivar uma rede ampla de parceiros	X

Fonte: (SACKS e KOSKELA, 2009)

As funcionalidades BIM identificadas para a composição desse quadro matricial de interações dos dois conceitos foram definidas a partir dos 3 estágios de desenvolvimento dos empreendimentos, ou seja, (1) projeto, (2) detalhamento do projeto, (3) pré-construção e construção. Essas funcionalidade são as seguintes: (1) visualização da forma, (2) geração rápida de múltiplas alternativas de projeto, (3) uso de informações do modelo BIM para análise do desempenho da edificação, (4) manutenção da integridade das informações do modelo do projeto, (5) geração automática de documentação e desenhos, (6) colaboração no projeto e na construção, (7) avaliação das alternativas do plano de construção, (8) comunicação digital e (9) transferência de informação direta para fabricação computadorizada.

O **Quadro 12** ilustra essa composição de fases e funcionalidades BIM adotadas, além das chaves de interação com os princípios BIM:

Quadro 12 – Funcionalidades BIM

FASE	ÁREA FUNCIONAL E FUNÇÃO	LINHA CHAVE
Projeto	Visualização da forma	
	Avaliação estética e funcional	1
	Geração rápida de múltiplas alternativas de projeto	2
	Reutilização de dados do modelo para análises preditivas	
	Análise preditiva do desempenho	3
	Estimativa de custos automatizado	4
	Avaliação da conformidade dos requisitos do cliente	5
	Manutenção da integridade do modelo de informação e projeto	
	Fonte única de informação	6
	Verificação automatizada de conflitos de projeto	7
	Geração automatizada de desenhos e documentação do projeto	8
Projeto e detalhamento de fabricação	Colaboração em projeto e construção	
	Edição multi-usuário em um único modelo de disciplina	9
	Visualização multi-usuário de modelos multidisciplinares ou separados	10
Pré-construção e Construção	Geração rápida para avaliação de alternativas de planos de construção	
	Geração automatizada de tarefas de construção	11
	Simulação do processo de construção	12
	Visualização 4D dos cronogramas de construção	13
	Comunicação online/eletrônica	
	Visualização do <i>status</i> do processo	14
	Comunicação <i>online</i> de informações sobre produtos e processos	15
	Fabricação computadorizada	16
	Integração com bancos de dados de fornecedores parceiros (cadeia de suprimentos)	17
Fornecimento de contexto para coleta de dados de status dento e fora do campo	18	

Fonte: (SACKS e KOSKELA, 2009)

Nota-se, entretanto, que algumas funcionalidades descritas por Sacks e Koskela (2009) como a “Verificação automatizada de conflitos de projeto”, “Geração automatizada de tarefas de construção” e “Fabricação computadorizada” não são totalmente automatizadas, exigindo interação com o projetista para sua adequação. De tal forma, a funcionalidade “Integração com bancos de dados de fornecedores parceiros (cadeia de suprimentos)” somente é possível com a cooperação entre as partes envolvidas e de apenas uma pequena parcela do escopo.

Para finalizar a composição desse quadro matricial, além de realizar o cruzamento desses princípios *Lean Construction* com as funcionalidades BIM, Sacks, Koskela et al (2009) conduziram mapeamento das interações entre ambos os

conceitos na literatura e em caso concretos de sua aplicação, as quais são explicitadas no **Quadro 13**:

Quadro 13 – Benefícios da interação Lean Construction e BIM

Índice	Benefícios da interação <i>Lean Construction</i> e BIM	Evidências de prática e/ou pesquisa
1	Devido à melhor apreciação do projeto em um estágio inicial e também em função da avaliação funcional do projeto contra requisitos de desempenho (como energia, acústica, vento, térmica, etc) a qualidade do produto final é maior e mais consistente. Isso reduz a variabilidade comumente introduzida por mudanças solicitadas tardiamente pelo cliente durante a fase de construção.	(Eastman et al. 2008 p.390; Manning e Messner 2008)
2	Modelos BIM impõe maior austeridade no trabalho desenvolvido pelos projetistas, pois soluções falhas ou elementos não detalhados por completo são facilmente observados nas vistas tridimensionais ou encontrados em detecção de conflitos automatizados. Isso melhora a qualidade do projeto, impedindo soluções inapropriadas e o trabalho durante as obras em função de projetos incompletos.	(Dehlin e Olofsson 2008; Eastman et al. 2008 p.422)
3	Os sistemas de construção estão se tornando cada vez mais complexos. Mesmo profissionais treinados tem dificuldade em conceber modelos mentais precisos apenas com desenhos. O BIM simplifica a tarefa de entender projetos, o que ajuda os planejadores de construção a lidar com produtos complexos.	(Eastman et al. 2008 p.382)
4	Como todos os aspectos do projeto são capturados em um modelo 3D, o cliente pode facilmente entender, os requisitos podem ser capturados e comunicados de forma completa já durante a fase de desenvolvimento do conceito. Isso também pode capacitar mais partes interessadas do projeto para participar da tomada de decisão de projeto.	(Eastman et al. 2008 p.378; Manning e Messner 2008)
5	Prototipagem e simulação virtuais permitem verificação automatizada contra regulamentos de projeto e construção, o que, por sua vez, torna a verificação e validação do projeto mais eficientes.	(Eastman et al. 2008 p.390; Khanzode et al. 2008)
6	Com o BIM, o conceito da filosofia <i>Lean</i> “de ir ao local e resolver” (<i>gemba</i> , em japonês) pode ser realizada na fase de projeto através da Realidade Aumentada. Com objetos que contêm inteligência e informações paramétricas, a resolução de problemas também é mais eficiente.	(Whyte 2002)
7	Modelos BIM fornecem a capacidade de avaliar o impacto das mudanças de projeto de maneira que não é possível com desenhos 2D tradicionais. A manipulação rápida é um facilitador fundamental para a repetição desse tipo de análise para várias alternativas de projeto.	(Eastman et al. 2008 p.378)
8	Equipes multi-funcionais podem trabalhar simultaneamente em modelos BIM para gerar alternativas de projeto em um estágio inicial usando plataformas de integração como os softwares Navisworks ou Solibri, entre outros. Além disso, em um estágio mais avançado, qualquer alteração do projeto irá atualizar automaticamente as informações do modelo BIM, como estimativa de custos, planejamento de projetos, desenhos de produção, etc.	(Eastman et al. 2008 p.329; Khemlani, 2009)
9	Testar o projeto em relação aos critérios de desempenho garante que ele seja apropriado para função definida, reduzindo a variabilidade e melhorando o desempenho do produto final.	(Eastman et al. 2008 p.390)
10	A quantificação automatizada extraída de modelo de BIM é mais precisa devido a menos chances de erro humano, o que melhora o fluxo, reduzindo a variabilidade. Além disso, alterar o projeto em um estágio posterior também altera os arquivos de quantidade vinculados ao modelo BIM, garantindo a manutenção da precisão.	(Eastman et al. 2008 p.425)
11	Em conjuntos de desenhos e especificações 2D, os mesmos objetos são representados em várias peças técnicas. À medida que o projeto progride e as alterações são feitas, os projetistas devem manter a consistência entre as múltiplas representações/informações. O BIM remove esse problema, usando uma única representação de informações das quais todas as peças técnicas são derivadas automaticamente.	(Eastman et al. 2008 p.422)
12	Uso de <i>software</i> capaz de integração de modelos (como <i>Solibri</i> , <i>Navisworks</i> , <i>Tekla</i> , entre outros) para identificar conflitos e resolvê-los através de refinamentos iterativos dos modelos das diferentes disciplinas, o que resulta em execução de obras no local quase livre de erros.	(Eastman et al. 2008 p.431)
13	Revisão multidisciplinar do projeto e do detalhamento de fabricação, incluindo a verificação de conflitos, permite a identificação precoce de problemas de projeto.	(Eastman et al. 2008 p.362; Khanzode e outros. 2008)

14	Geração de tarefas automatizada para planejamento ajuda a evitar erros humanos, como omissão de tarefas ou pacotes de trabalho.	(Eastman et al. 2008 p.409)
15	Sessão de simulação virtual de evento pode ser usada para testar e melhorar os processos de produção que muitas vezes são impossíveis ou impraticáveis de se realizar previamente.	(Eastman et al. 2008 p.429)
16	Na fase de concepção conceitual, é possível preparar estimativas de custos e avaliações de desempenho que permitem analisar várias opções de projeto, incluindo o uso de procedimentos de otimização de vários objetos (como algoritmos generativos).	(Eastman et al. 2008 p.445)
17	Animações de sequências de produção ou instalação podem ser preparadas. Isso guia trabalhadores na forma de realizar atividades em contextos específicos, além de habilitar um modo de garantir que os procedimentos padronizados são seguidos, especialmente quando a rotatividade de trabalhadores é alta, como é comum na construção civil.	(Eastman et al. 2008 p.429)
18	Quando as informações atualizadas sobre os produtos são disponibilizadas <i>online</i> , as oportunidades de identificação de conflitos e erros dentro de períodos curtos são aprimoradas.	(Eastman et al. 2008 p.422)
19	Transferência direta de instruções de fabricação para máquinas controladas numericamente, como na produção de corte e dobra de barras de aço, elimina situações de erro humano na transcrição de informações.	(Khanzode et al. 2008. Tekla 2009b)
20	A entrega direta de informações remove o tempo de espera, melhorando assim o fluxo.	(Khemlani 2009)
21	Fornecimento do histórico de um modelo BIM através da leitura de códigos de barras ou etiquetas de radiofrequência tipo RFID, permite relatórios precisos e resposta rápida aos problemas de fluxo de trabalho.	(Vela 2009) (Vela 2009)
22	Rápidas análises estruturais, térmicas e acústicas; de estimativa de custos; e de avaliação da conformidade com os requisitos do cliente, permitem o projeto colaborativo, reduzindo o tempo de ciclo para a concepção e detalhamento de edificações.	(Eastman et al. 2008 p.386)
23	Processamento paralelo em várias estações de trabalho de forma coordenada, quebra o tempo de ciclos de atividades de projeto em série. Em comparação com o método CAD, o tempo necessário para a integração e coordenação é removido.	(Khemlani 2009)
24	A coordenação de modelos BIM entre disciplinas distintas com a verificação de conflitos é automatizada e, portanto, requer uma fração do tempo necessário para a coordenação usando sobreposição de camadas no método CAD.	(Eastman et al. 2008 p.422)
25	As três funções servem para reduzir o tempo de ciclo durante a própria construção já que resultam em otimizado de cronogramas com menos conflitos	(Eastman et al. 2008 p.422)
26	Quando o <i>status</i> do processo é visualizado através de um modelo BIM, como no sistema KanBIM, uma série de atividades consecutivas necessárias para completar a construção pode ser realizada uma após a outra, com pouco atraso entre elas. Isto encurta o tempo do ciclo para todo o espaço ou conjunto de montagem.	(Sacks et al. 2009a)
27	Equipamentos computadorizados que recebem informações diretamente de um modelo BIM podem ajudar a encurtar os tempos de ciclo, eliminando a entrada de dados manualmente ou até mesmo a necessidade de realizar o trabalho com mão de obra própria, reduzindo assim os tempos de ciclo. Isso não garante tempos de ciclo encurtados se o tempo ganho for desperdiçado através de estoque ou espera para realizar novas atividades.	(Eastman et al. 2008 p.333)
28	Remoção de etapas de processamento de dados para encomendar ou programar entregas de material, melhoraram os tempos de ciclo.	(Vela 2009) (Vela 2009)
29	Neste caso, a funcionalidade pode ser caracterizada pelo aumento do repertório de alternativas de projeto. Isso pode ser considerado benéfico em termos de fazer seleções mais amplas, adiando a opção de uma única alternativa que não necessariamente é a melhor.	(Khemlani 2009) (Khemlani 2009)
30	Visualização <i>online</i> e gestão do processo podem ajudar a implementar estratégias de produção para reduzir o tempo de apontamento dos locais com intervenção de trabalho e o tamanho dos pacotes de trabalho (principalmente de compartimentos em desenvolvimento com serviços semelhantes), como exposto pela abordagem KanBIM.	(Sacks et al. 2009b)
31	Geração automatizada de tarefas para um determinado cenário e obtenção do <i>status</i> da evolução do empreendimento reduz o tempo de configuração necessária para avaliação de cronogramas do tipo projetado e realizado.	(Eastman et al. 2008 p.345)
32	Para máquinas computadorizadas, a entrada de dados representa tempo de configuração. Comunicação digital com o modelo BIM essencialmente elimina este tempo de configuração, tornando viável a manufatura de peças exclusivas.	(Tekla 2009b) (Tekla 2009b)

33	Coordenação de projetos em vários modelos BIM através de um visualizador de modelo integrado em um ambiente de trabalho colaborativo, como os descritos em Liston et al. (2001) e Khanzode et al. (2006), permite que as equipes de projeto tragam conhecimentos e habilidades multidisciplinares para atender a um processo paralelo.	(Khanzode et al. 2006; Liston et al. 2001)
34	Visualização de processos e comunicação <i>online</i> do status do processo são elementos-chave para permitir que equipes de produção priorizem seus subseqüentes locais de trabalho no que diz respeito a sua potencial contribuição para garantir um fluxo contínuo de trabalho que finalize tarefas em espaços, implementando assim um fluxo que empurram a produção. Isso é fundamental para a abordagem KanBIM, que estende o Sistema <i>Last Planner</i> .	(Sacks et al. 2009b)
35	Quando os sistemas BIM são integrados com bancos de dados de parceiros da cadeia de suprimentos, eles fornecem um poderoso mecanismo para a comunicação de sinais para puxar a produção, realizar as entregas de materiais e informações do projeto. Isso também ajuda a tornar a cadeia de suprimentos transparente.	(Vela 2009)
36	Vários usuários que trabalham no mesmo modelo simultaneamente permitem o compartilhamento da carga de trabalho uniformemente entre os projetistas.	Ainda não está disponível
37	Simulação de evento de execução em BIM 4D pode revelar alocações de trabalho irregulares e avaliação da demanda de trabalho para nivelar a produção.	(Li et al. 2009)
38	O acesso <i>online</i> aos padrões de produção, dados de produtos e protocolos da empresa ajudam a institucionalizar as práticas de trabalho padrão, tornando-as prontamente disponíveis a todas as equipes. No entanto, isto depende de formas adequadas para acesso a essas informações.	(Hewage e Ruwanpura 2009; Sacks et al. 2009a; Sriprasert e Dawood 2003)
39	Onde as interfaces BIM fornecem um contexto para relatórios de status em tempo real, medir o desempenho torna-se preciso e viável. A medição do desempenho dentro de um sistema onde o trabalho é padronizado e documentado é fundamental para a melhoria do processo.	Ainda não está disponível
40	BIM fornece um ambiente de visualização ideal para o projeto ao longo das fases de desenvolvimento do projeto e construção, permitindo a simulação de métodos de produção, equipamentos temporários e processos. Modelagem e animação de seqüências de construção em ferramentas '4D' oferece uma oportunidade única para visualizar processos de construção, para identificar conflitos de recursos no tempo e no espaço e resolver problemas de construção. Isso permite a otimização de processos que melhorem a eficiência e a segurança e podem ajudar a identificar gargalos e melhorar o fluxo.	(Eastman et al. 2008 p.429; Li et al. 2009)
41	Planejamento detalhado e geração de múltiplas alternativas refinadas podem aumentar a complexidade em vez de simplificar a gestão do processo.	Ainda não está disponível
42	Essas aplicações não podem ser consideradas tecnologia madura.	(Manning e Messner 2008)
43	Quando os clientes ou usuários finais estão envolvidos em revisões simultâneas de diferentes tipos de sistemas e versões projetuais alternativas, eles podem identificar mais facilmente conflitos entre suas necessidades e a funcionalidade que os sistemas propostos terão.	(Eastman et al. 2008 p.349)
44	A geração rápida de alternativas do plano de produção pode permitir que algumas atividades sejam postergadas (até o último momento). Isso pode ser considerado uma abordagem baseada no conceito de testar e validar, tanto para o projeto do sistema de produção quanto para o planejamento de produção.	(Kong e Li 2009)
45	O acesso <i>online</i> ajuda a trazer as informações de projeto mais atualizadas para a frente de serviço (embora não possa garantir que as informações de projeto reflitam os requisitos do usuário).	(Hewage e Ruwanpura 2009)
46	A verificação de conflitos e a resolução de problemas de integração averigua e valida as informações dos produtos.	(Li et al. 2009)
47	Visualização de cronogramas propostos e visualização de processos em andamento verifica e valida informações de processo.	(Dehlin e Olofsson 2008)
48	Quando os gestores podem "ver" o status do processo em um formato digital quase em tempo real, isso pode substituir a necessidade de ver os processos diretamente no local. No entanto, não pode substituir o conceito de ver um processo com os próprios olhos.	(Sacks et al. 2009b)
49	Essas funções podem apoiar e facilitar a tomada de decisões participativas, fornecendo mais e melhores informações para todos os envolvidos e expandindo a gama de opções que podem ser consideradas. É claro que não podem, por si só, garantir que a alta administração adotará uma abordagem consensual de construção.	(Dehlin e Olofsson 2008)
50	Integração de diferentes sistemas logísticos e de outras empresas de informação faz funcionar relacionamentos que vão além de projetos individuais que valem a pena e são desejáveis.	Ainda não está disponível

51	Uso e reutilização de modelos BIM para criar análise como energia, acústica, vento, térmica, etc, reduz o tempo de configuração e torna possível executar análises mais variadas e mais detalhadas.	Ainda não está disponível
52	Abusar da facilidade com que os desenhos podem ser gerados pode levar a mais versões de desenhos e informações técnicas do que realmente são necessárias nas pranchas, aumentando desnecessariamente o estoque de desenho.	Ainda não está disponível
53	Geração automatizada de desenhos, especialmente desenhos para fabricação (de aço, por exemplo) permite, em parte, a revisão e a produção a serem realizadas em lotes menores, pois as informações podem ser fornecidas sob demanda. Ao contrário do item 52 acima, este e o item a seguir são interações positivas da produção automatizada de desenho.	Ainda não está disponível
54	Geração de desenho automatizado melhora a capacidade de engenharia quando comparada com a elaboração de plantas 2D, além de ser uma tecnologia mais confiável, já que produz desenhos coordenados entre si.	(Sacks e Barak 2008; Tekla 2009a)
55	Animações de sequências de produção ou instalação podem ser preparadas. Estes itens de planejamento auxiliam trabalhadores ao demonstrar a maneira de realizar o trabalho em contextos específicos, e são um excelente meio para garantir que os procedimentos padronizados sejam seguidos, especialmente quando a rotatividade de trabalhadores é alta, como é comum na construção.	(Dehlin e Olofsson 2008)
56	Compartilhar modelos entre todos os participantes de uma equipe de projeto melhora a comunicação na fase de projeto, mesmo sem produzir plantas, ajudando a garantir que os requisitos sejam compreendidos e transmitidos por toda a equipe, além da equipe de construção e fornecedores.	Ainda não está disponível

Fonte: (SACKS e KOSKELA, 2009)

As 56 interações entre o *Lean Construction* e o BIM descritas por Sacks e Koskela (2009) foram estabelecidas na primeira década do século XXI e desde então alguns itens não se tornaram consenso na academia e na prática do mercado ou já foram aprimoradas, se tornando realidade.

O item 22, muitas vezes não se concretiza com redução do ciclo da concepção do projeto (*design*), já que a maior quantidade de informações oferece mais necessidade de avaliações e também pelo fato de redução de tempo pode resultar em perda da qualidade da proposta.

No caso da interação 23, a depender do tipo de projeto, nível de detalhamento usado, nível de maturação dos escritórios de projetos e construtoras, a afirmação de que o BIM é mais ágil para coordenação e integração pode simplesmente ser o oposto, já que a complexidade do empreendimento e o nível operacional da equipe pode acarretar mais tempo para desenvolver essas atividades. Contudo, o BIM é mais eficaz quando se tem empreendimentos complexos, haja vista a oportunidade de coordenar e avaliar mais elementos.

O item 52 demonstra uma visão equivocada, tendo em vista que desenhos não precisam ficar “em estoque”, mas sim serem usados para determinado fim de representar o objeto projetado.

O item 56 que indica compartilhamento de modelos entre as partes envolvidas já se tornou viável através do aprimoramento de serviços em nuvem, isto é, plataformas de distribuição e hospedagem *web-based*.

Finalmente, a partir dos princípios *Lean Construction* demonstrados no **Quadro 11** e funcionalidades BIM indicadas no **Quadro 12**, e da relação de definições das interações entre esses dois conceitos, tem-se o **Quadro 14** que representa uma matriz de interação entre esses dois conceitos.

Os cruzamentos na matriz do **Quadro 14** identificados com a cor verde demonstram benefícios da interação, enquanto aqueles marcados em vermelho não tiveram êxito na sua interação. Logo, das 56 interações realizadas por Sacks e Koskela (2009), 46 tiveram desempenho positivo.

Essas interações indicam, portanto, o potencial do uso de ambos os conceitos em empreendimentos de construção civil com o intuito de aumentar a competitividade do setor.

CAPÍTULO 3

3. CONTRIBUIÇÃO DOS CONCEITOS BIM E *LEAN CONSTRUCTION* PARA O SETOR DE CONSTRUÇÃO HABITACIONAL

3.1. A ESTRUTURAÇÃO DE EMPREENDIMENTOS RESIDENCIAIS NO ÂMBITO DO PMCMV

Para a implantação de empreendimentos do segmento econômico residencial invariavelmente existem três fases que precisam ser desenvolvidas: (1) estudo de viabilidade técnico-econômico, (2) incorporação e análise de crédito e (3) implantação do empreendimento.

Na primeira fase se verificam todas as condicionantes para o negócio imobiliário e se elabora a concepção inicial do empreendimento, seja este fruto de chamamento público promovido por órgão público para desenvolvimento de empreendimento na faixa 1, seja para incorporação própria nas faixas 1,5, 2 e 3 do PMCMV. Dessa forma, tem-se as etapas de coleta de informações junto à instituição financeira (CEF) como diretrizes para o desenvolvimento do empreendimento e crédito imobiliário, análise dos fatores ambientais que se aplicam ao empreendimento (objetivos da construtora, cultura empresarial, governança, missão, valores, missão, entre outros), referências e fatores externos (macroeconomia e desenvolvimento setorial) e plano estratégico. Uma vez que essas questões estejam alinhadas, parte-se para a etapa de prospecção do terreno propriamente, analisando suas características e condicionantes, a elaboração de projetos preliminares e o orçamento preliminar. De posse então dessas informações desenvolvidas e coletadas, analisa-se a viabilidade do empreendimento tanto tecnicamente, quanto financeiramente (GOLDMAN, 2014).

A segunda fase se caracteriza pelo processo de análise de crédito da construtora e a viabilidade do empreendimento junto à CEF, onde é avaliado a proponente e o empreendimento em questão quanto aos critérios de risco, técnicos e jurídicos. Nessa fase, em paralelo, se realizam as etapas de estudo da gestão de vendas dos imóveis para o caso de incorporação própria e elabora-se o orçamento pleno do empreendimento mediante estimativas de custo mais precisas.

A partir do estabelecimento favorável da fase anterior, tem-se a compra ou negociação definitiva do terreno para o caso de incorporação com lançamento do

empreendimento e início das vendas. Na hipótese de empreendimento faixa 1, essa etapa é caracterizada pela cessão de uso do terreno para iniciar as obras. Faz-se necessário também a aprovação dos projetos junto aos órgãos públicos e a elaboração dos projetos executivos que subsidiarão tanto o orçamento definitivo do empreendimento, quanto o planejamento e execução das obras. Em seguida, realiza-se a construção do empreendimento e após sua conclusão se entregam as unidades habitacionais e se inicia a etapa de garantia técnica do empreendimento, conforme determinado por legislação específica.

A **Figura 25** demonstra a Estrutura Analítica do Projeto (EAP), compreendendo todo o ciclo do desenvolvimento imobiliário no âmbito do PMCMV. Ao longo desse processo, tanto o conceito BIM quanto a filosofia *Lean Construction* podem interagir, possibilitando resultados mais satisfatórios e viabilizando o negócio.

Esse cruzamento das funções BIM com os princípios *Lean Construction* maximizam a utilização de ambos os conceitos no desenvolvimento de empreendimentos habitacionais. À medida que se torna necessário estabelecer um custo mais otimizado de construção para garantir a sustentabilidade econômica do negócio, sem, contudo, reduzir a qualidade ou aumentar o prazo, a inter-relação do binômio BIM-LEAN se consolida como ponto nevrálgico do processo.

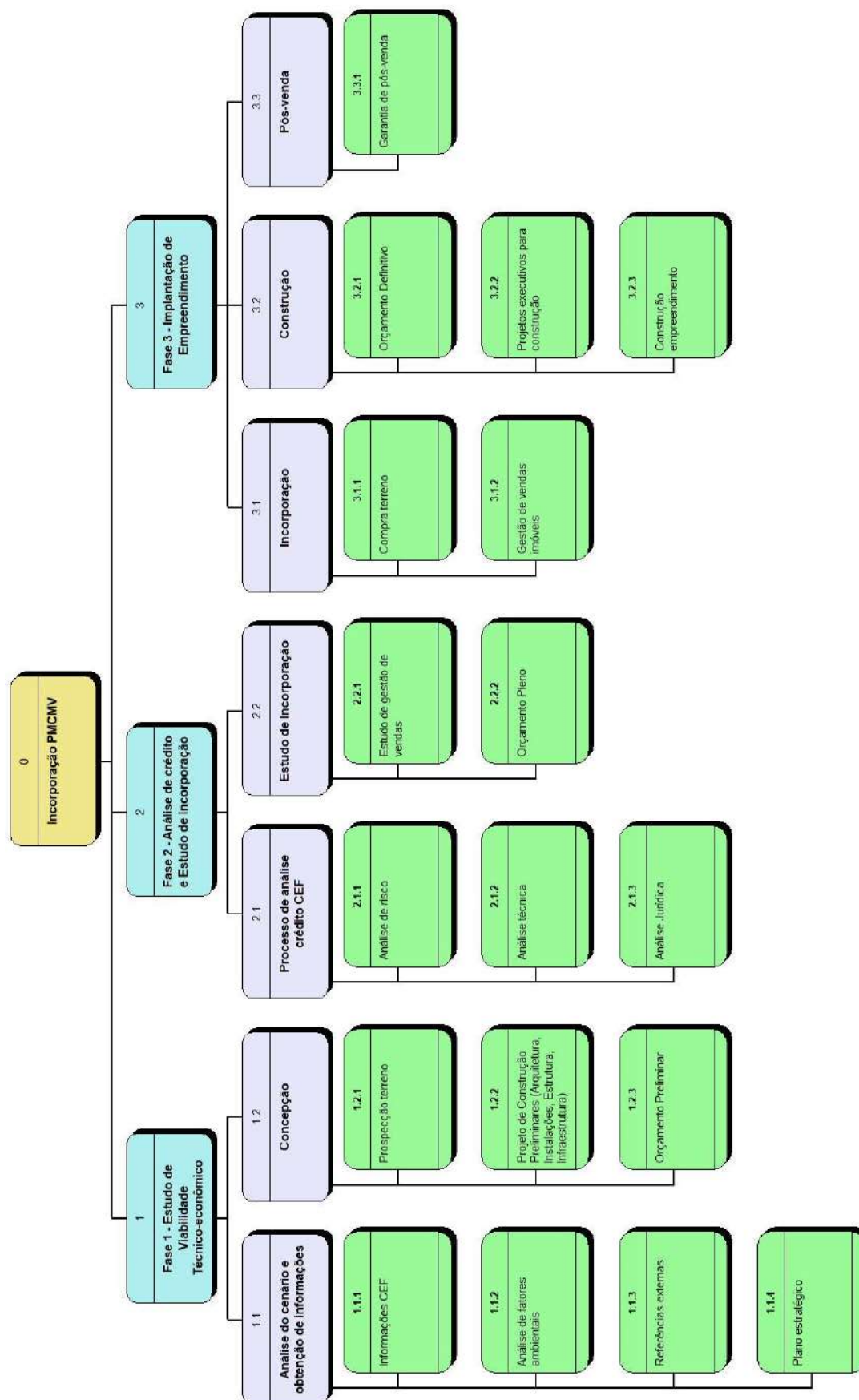


Figura 25 – Estrutura analítica de incorporação no PMCMV
Fonte: Autor (2020)

3.2. A RELAÇÃO DA FILOSOFIA *LEAN CONSTRUCTION* COM SISTEMAS CONSTRUTIVOS

Em qualquer empreendimento de construção civil, seja qual for o segmento, existe a busca por alcançar o equilíbrio entre o trinômio Custo, Prazo e Qualidade (PMI, 2018). Esses três critérios para serem atingidos exigem uma gestão eficiente, com planejamento adequado e controle rigoroso de todo o processo. No setor habitacional tais premissas são ainda mais fundamentais, haja vista que as margens são bastante apertadas e qualquer desvio tem potencial de inviabilizar o empreendimento, causando prejuízos a todas as partes interessadas.

Por esse pressuposto, a filosofia *Lean Construction* se adapta ao processo de construção de empreendimentos habitacionais desde a escolha do terreno, passando pela fase de projeto (*design*), inclusive com a definição do sistema construtivo, planejamento, execução, até a finalização da obra.

A matéria prima primordial de qualquer empreendimento imobiliário é o terreno (GOLDMAN, 2014). Nos empreendimentos no âmbito do PMCMV os terrenos podem ser disponibilizados da seguinte forma: (1) doação de terreno do ente público, ou até mesmo de particulares, de sua propriedade ao FAR para que este em contrapartida financie o empreendimento na faixa 1; (2) aquisição pela incorporadora/construtora que deseja incorporar nas faixas 1,5, 2 e 3, que colocará o seu valor como parte do negócio imobiliário.

Para sua seleção, contudo, o terreno precisa ser avaliado conforme critérios de (1) localização, (2) legislação edilícia e urbanística, (3) condições comerciais de preço e forma de pagamento, (4) documentação, (5) atendimento de infraestrutura, (6) estoque na região, (7) topografia, (8) características geomorfológicas e de solo, (9) condições ambientais e de recursos hídricos nas proximidades, (10) vias de acesso, (11) proximidade com transportes públicos, (12) solução pretendida para o sistema construtivo, (13) logística do canteiro de obras, entre outros fatores.

Os quatro últimos critérios citados são influenciados pela filosofia *Lean Construction*, uma vez que vias de acesso adequadas favorecem a entrega de materiais para o empreendimento durante a execução das obras, evitando necessidade de caminhos alternativos, desvios, ou problemas com o fluxo de fornecimento; assim como o fato de existir transporte público nas imediações favorecer o fluxo dos funcionários que irão trabalhar no canteiro de obras. De tal forma,

o sistema construtivo exige algumas áreas específicas para armazenamento, produção, eventual pré-montagem e distribuição que devem ser devidamente estudados para a otimização dos procedimentos, bem como toda a logística do canteiro de obras que deve ser arranjada de acordo com as condições do terreno e do projeto que se construirá no local.

Na fase de concepção do projeto, deve-se decidir qual será a tipologia adotada no empreendimento: (1) casa, (2) sobrado e/ou (3) edifício com pavimentos, se heterogêneos ou pavimentos-tipo. Uma vez definida a tipologia ou tipologias, tem-se a seleção do sistema construtivo que norteará as características da edificação, podendo eventualmente ser misto.

Esses sistemas construtivos devem ser homologados pelo SINAT no âmbito do PBQP-H, que, em suma, tem a proposta de avaliar os procedimentos e técnicas de determinada solução tecnológica quando esta carece de normatização específica, a fim de que possa ser usada na construção civil habitacional, conferindo inovação ao setor, sem, contudo, menosprezar os riscos de segurança, estabilidade, desempenho e qualidade (BRASIL, MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2016).

Os sistemas construtivos mais usuais e que possuem normas técnicas emitidas pela ABNT são os seguintes: (1) alvenaria estrutural de blocos cerâmicos; (2) alvenaria estrutural de blocos de concreto; (3) estrutura de concreto armado e vedação de alvenaria de blocos sem função estrutural; (4) pré-moldados de concreto armado; (5) parede de concreto armado moldada *in loco*; e (6) painéis metálicos leves com fechamento de chapas (*light steel framing*).

Outros sistemas construtivos considerados inovadores foram homologados pelo SINAT, conforme lista abaixo: (7) sistema construtivo a seco Saint-Gobain *Light Steel Frame* com chapas cimentícias (PBQP-H, SINAT, 2018a); (8) sistema estruturado em peças leves de madeira maciça serrada Tecverde *Light Wood Framing* (PBQP-H, SINAT, 2018b); (9) Painéis estruturais pré-moldados ITC - Casa Express, mistos de concreto armado e lajotas cerâmicas – Tipo A (PBQP-H, SINAT, 2019); (10) Sistema de paredes DPB de painéis nervurados pré-fabricados de concreto armado (PBQP-H, SINAT, 2018c); (11) Paredes estruturais Tecnometa de concreto leve armado moldadas no local com adição de fibras de polipropileno e armadura galvanizada (PBQP-H, SINAT, 2018d); (12) Paredes moldadas no local de concreto reforçado com fibra de vidro (CRFV) MRV (PBQP-H, SINAT, 2018e); (13) Sistema

construtivo Bazze PVC de paredes constituídas de painéis de PVC rígido preenchidos com concreto (PBQP-H, SINAT, 2019).

A avaliação técnica do SINAT consiste em caracterizar o produto e suas partes constituintes, além de determinar os resultados dos requisitos de desempenho estrutural, segurança contra incêndio, segurança no uso e operação, estanqueidade, desempenho higrotérmico, desempenho acústico, durabilidade e manutenibilidade (PBQP-H, SINAT, 2017).

Além dos critérios do SINAT, para a seleção do sistema construtivo que será empregado no empreendimento residencial que terá agrupamentos de edifícios semelhantes, é desejável que ele atenda ao conceito da coordenação modular. Essa intenção corrobora para a industrialização do setor de construção civil através do uso de dimensões que podem se relacionar com diversos componentes construtivos.

Dessa forma, os elementos da construção permitem otimizar a produção de produtos, como exemplo, a própria forma de alumínio usada na execução de paredes de concreto que são usualmente confeccionadas com módulo básico de 10cm. Janelas, portas, telhas, barras de aço, telas de aço, elementos de instalações prediais entre outros tantos se beneficiam da adoção de projeto com coordenação modular. De modo a subsidiar essa disciplina, promover sua disseminação a nível nacional, padronizar os conceitos e características, foi publicado a NBR 15873 (ABNT, 2010).

Em todos os sistemas construtivos citados, a filosofia *Lean Construction* pode ser adotada. Alguns, entretanto, possuem mais aderência aos princípios enxutos. O **Quadro 15**, a seguir, classifica de forma sintética em *Alta*, *Média* e *Baixa* a aderência desses sistemas construtivos à filosofia *Lean Construction*, conforme metodologia demonstra a partir do **Quadro 16**:

Quadro 15 – Aderência dos sistemas construtivos à filosofia *Lean Construction*

Item	Tipo	Sistema construtivo	Aderência aos princípios <i>Lean Construction</i>
1	Convencional	alvenaria estrutural de blocos cerâmicos	MÉDIA
2	Convencional	alvenaria estrutural de blocos de concreto	MÉDIA
3	Convencional	estrutura de concreto armado e vedação de alvenaria de blocos sem função estrutural	BAIXA
4	Convencional	pré-moldados de concreto armado	ALTA
5	Convencional	parede de concreto armado moldada in loco	ALTA
6	Convencional	painéis metálicos leves com fechamento de chapas	ALTA
7	Inovador	sistema construtivo a seco Saint-Gobain Light Steel Frame com chapas cimentícias	ALTA
8	Inovador	sistema estruturado em peças leves de madeira maciça serrada Tecverde Light Wood Framing	ALTA
9	Inovador	Painéis estruturais pré-moldados ITC - Casa Express, mistos de concreto armado e lajotas cerâmicas – Tipo A	ALTA
10	Inovador	Sistema de paredes DPB de painéis nervurados pré-fabricados de concreto armado	ALTA
11	Inovador	Paredes estruturais Tecnometa de concreto leve armado moldadas no local com adição de fibras de polipropileno e armadura galvanizada	ALTA
12	Inovador	Paredes moldadas no local de concreto reforçado com fibra de vidro	ALTA
13	Inovador	Sistema construtivo Bazze PVC de paredes constituídas de painéis de PVC rígido preenchidos com concreto	MÉDIA

Fonte: Autor (2020)

Essa classificação foi estabelecida a partir do resultado de matriz de interrelação de indicadores, conforme **Quadro 16**, que reflete a multiplicação de critérios entre si. A pontuação desses critérios por sua vez é relação ao atendimento aos princípios *Lean Construction* conforme suas áreas. Assim, se determinado sistema construtivo atende até 33% de determinado princípio LC, ele recebe 1 ponto. Esse ponto será multiplicado pelas outras 3 área dos princípios LC. O resultado indicará o nível de aderência do sistema construtivo ao princípio LC, através de 3 critérios: 1- Baixo, indicado para sistemas construtivos que atingiram até 20 pontos; 2- Médio, para sistemas construtivos que estão no intervalo de 21 a 50 pontos; 2- Alto, para os sistemas que receberam pontuação acima de 50 pontos.

Quadro 16 – Matriz de interrelação de sistemas construtivos à princípios *Lean Construction*

Sistema construtivo	Áreas dos Princípios <i>Lean Construction</i>				
	Processo de fluxo	Processo de geração de valor	Resolução de problemas	Desenvolvimento de parceiros	Pontuação
1	2	2	2	3	24
2	2	2	2	3	24
3	2	1	2	3	12
4	3	3	2	3	54
5	3	3	3	3	81
6	3	3	3	2	54
7	3	3	3	2	54
8	3	3	3	2	54
9	3	3	3	2	54
10	3	3	3	2	54
11	3	3	3	3	81
12	3	3	3	3	81
13	2	3	3	2	36

Legenda

*Classificação da aderência aos princípios *Lean Construction**

ALTA	51	a	100
MÉDIA	21	a	50
BAIXA	0	a	20

*Pontuação da aderência aos princípios *Lean Construction**

3	Atende acima de 67% dos princípios LC
2	Atende de 34 a 66% dos princípios LC
1	Atende até 33% dos princípios LC

Fonte: Autor (2020)

Diante do intenso uso por parte de construtoras do sistema construtivo de parede de concreto com forma de alumínio, cuja aderência aos princípios enxutos é bastante significativa através da industrialização em larga escala, ciclos curtos, aumento do valor agregado, produção eficiente que “empurra” as etapas e redução dos desperdícios, apresenta-se a seguir uma panorama geral desse método.

Tal iniciativa de mudança dos métodos construtivos parte de construtoras líderes do mercado de incorporação imobiliária econômica como MRV Engenharia, Direcional Engenharia, Construtora Tenda, entre outras, o que proporciona um efeito

casata no setor, além de atender aos requisitos impostos de custo, prazo e qualidade em um mercado cada vez mais competitivo.

As **Figura 26** e **Figura 27**, a seguir, ilustram o sistema construtivo de parede de concreto:



Figura 26 – Construção de edifício com sistema construtivo em parede de concreto com forma de alumínio de obra da MRV Engenharia Park Real Resort, Campo Grande / RJ
Fonte: Acervo do Autor (2018)

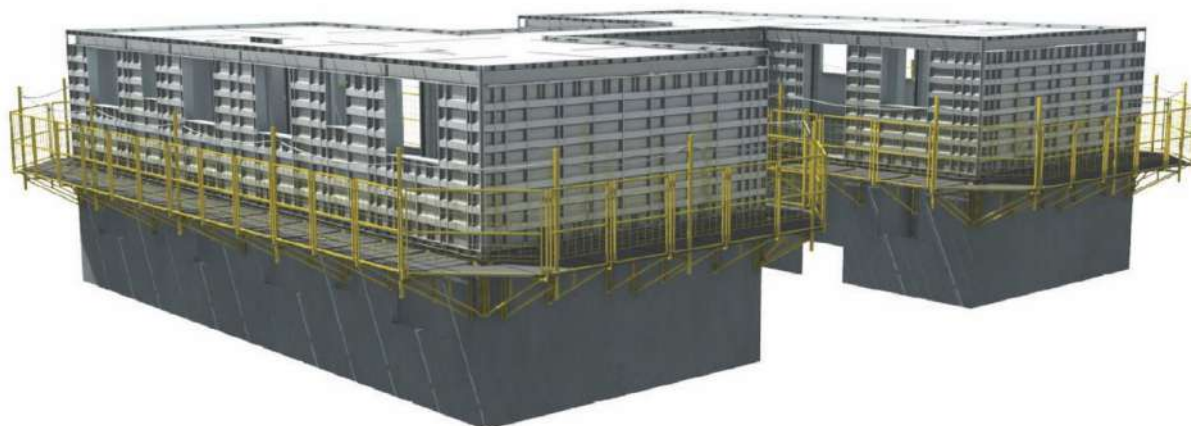


Figura 27 – Sistema de forma de alumínio para parede de concreto
Fonte: SH Indústria de Metalurgia e serviços Ltda. (2018)

A análise de qualidades favoráveis e desfavoráveis do sistema construtivo de parede de concreto é apresentado no **Quadro 17**:

Quadro 17 – Análise de vantagens e desvantagens do sistema de parede de concreto

Critérios positivos	Critérios negativos
<ul style="list-style-type: none"> • Velocidade de execução • Racionalização • Qualidade • Menor desperdício • Otimização de Mão de obra • Escalabilidade • Aderência a sistemas construtivos complementares como kits de instalações prediais 	<ul style="list-style-type: none"> • Investimento inicial elevado (aquisição formas) • Treinamento de equipe (que pode ser revertido em benefício após a capacitação) • Maior controle do concreto • Necessidade de alinhamento com toda cadeia de suprimentos • Avaliação de desempenho, conforme NBR 15575

Fonte: Autor (2020)

A despeito da avaliação positiva do método de parede de concreto como aqueles aderentes a filosofia *Lean Construction*, da coordenação modular e produtividade, o principal quesito desfavorável diz respeito a conforto ambiental termoacústico que precisa atender as critérios de desempenho da NBR 15575 (ABNT, 2013).

Algumas soluções projetuais tradicionais e técnicas construtivas tendo sido usadas no que diz respeito aos impactos térmicos como o estudo da insolação para a implantação de empreendimentos residenciais, previsão de brises du soleil, definição de cores claras para aplicação em pinturas das fachadas, inserção de beiras prolongados de telhados, projeção de platibandas em balanço para sombreamento, especificação de janelas com venezianas, previsão de vãos para instalação de aparelhos de ar condicionado entre outros.

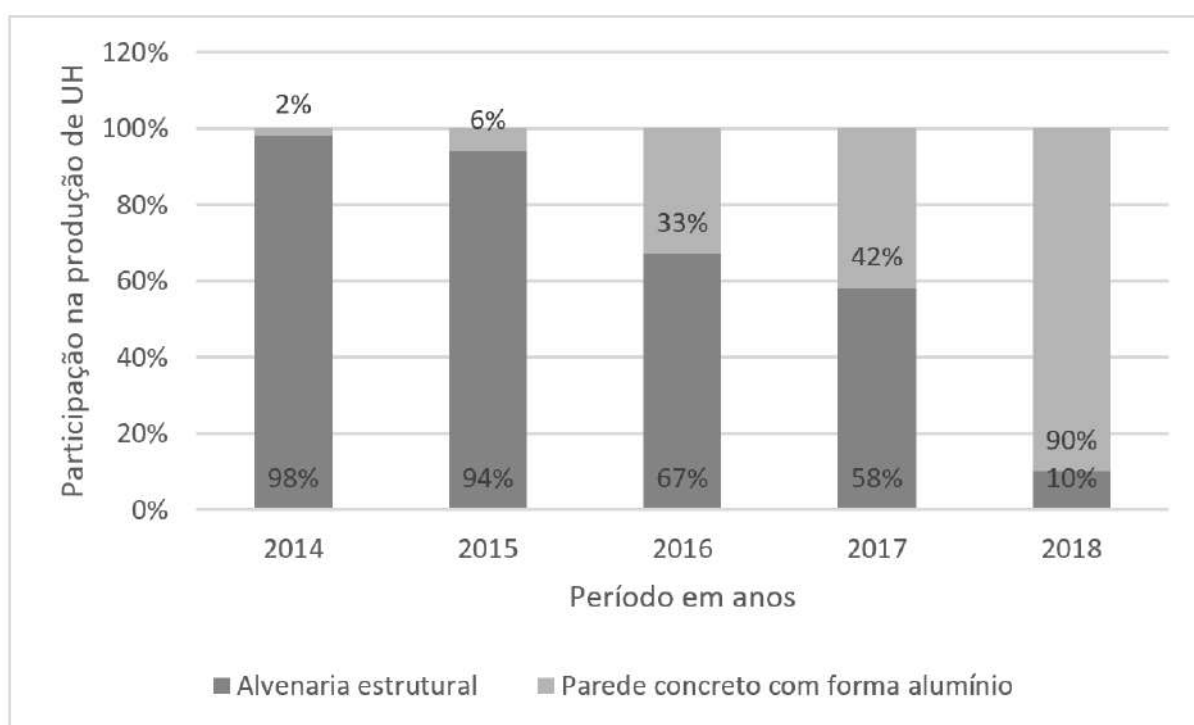
Já quanto a acústica, em paredes divisórias de unidades habitacionais distintas, tem sido previsto o aumento da espessura da parede ou até mesmo a construção de

parede dupla com colchão de ar entre si, assim como o aumento da espessura de lajes, ou colocação de contrapisos mais espessos. Fechamento de vão horizontais entre pavimentos de instalações prediais (*shafts*) também tem sido realizados. Outra medida usada diz respeito a instalação de portas e janelas com sistema de vedação das frestas.

Essas soluções, contudo, variam em cada caso, da localização geográfica do empreendimento, da avaliação da NBR 15575 (ABNT, 2013) pela equipe responsável pelo projeto e posteriormente pela medição dos níveis de ruído e térmicos da construção.

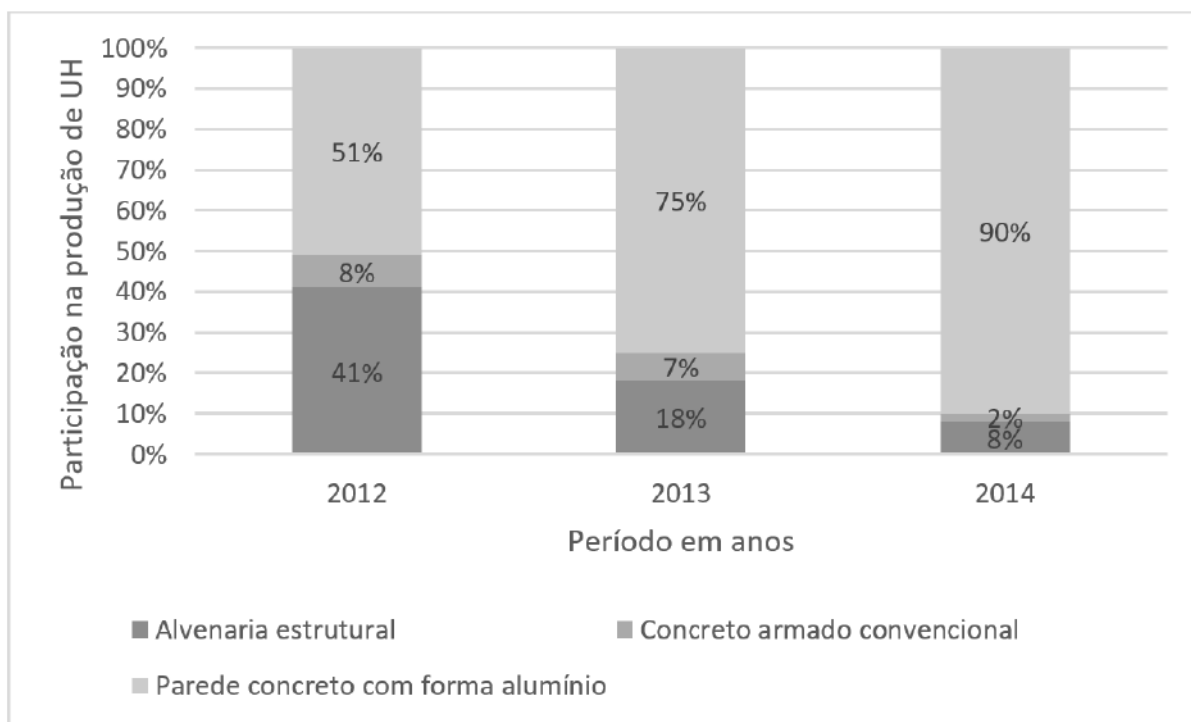
A medida que os benefícios do sistema de parede de concreto são confirmadas, sua adoção tem se intensificado, conforme **Gráfico 14** e **Gráfico 15** que demonstram a evolução da migração dos sistemas construtivos adotados nas obras da MRV Engenharia e Direcional Engenharia nos últimos anos, respectivamente:

Gráfico 14 – Evolução da participação dos sistemas construtivos na produção de Unidades Habitacionais na construtora MRV Engenharia



Fonte: Autor (2020) adaptado de (MRV ENGENHARIA, 2018)

Gráfico 15 – Evolução da participação dos sistemas construtivos na produção de Unidades Habitacionais na construtora Direcional Engenharia



Fonte: Autor (2020) adaptado de (MONGE, 2019)

O sistema de parede de concreto com forma de alumínio possui outras partes constituintes do que esses dois elementos que o nomeiam. Todos esses componentes interagem com os princípios enxutos, uma vez que é necessário ter a quantidade necessária, no momento planejado, em um fluxo contínuo que “empurra” a produção.

A parte estrutural desse sistema construtivo então é formado pelos seguintes elementos, os quais são ilustrados na **Figura 28**: forma de alumínio, escoramento, armadura, concreto, instalação elétrica, gabaritos e desmoldantes.



Figura 28 – Elementos constituintes do sistema construtivo de parede de concreto
 Fonte: (MONGE, 2019)

A forma de alumínio por ser manufaturada industrialmente possui controle rigoroso de qualidade, atingindo características de prumo, esquadro, planicidade da superfície quando do acabamento final das paredes e lajes de concreto armado. Por ser leve e com travamentos pré-determinados, facilita a montagem e manuseio pelos operários. O escoramento é projetado conforme as exigências do cálculo estrutural e fica disponível na quantidade necessária por setor concretado. A armadura, uma vez dimensionada pelo projetista estrutural, pode ser adquirida no tamanho necessário ou pré-cortada para se adequar aos vãos das paredes e lajes de concreto. O concreto, por sua vez, exige controle rigoroso no seu traço para atingir a resistência definida em projeto, com características de trabalhabilidade, durabilidade, estabilidade, fluidez, além de requerer, devido a quantidade de volume significativo por ciclo de concretagem, um fluxo contínuo que pode ser atendido por comprometimento de fornecedor parceiro ou com instalação no próprio canteiro de obras de central dosadora de concreto. Já a instalação elétrica se refere a infraestrutura seca do sistema, constituída por caixas de distribuição, caixas de tomadas e eletrodutos que são colocados no interior das paredes. Esses elementos elétricos podem ser quantificados mediante análise prévia de projeto e disponibilizados conforme o ciclo de concretagem.

Isso atende aos princípios LC de redução da variabilidade, dos tempos de ciclo, com aumento da flexibilidade, através de uma abordagem de controle da produção

que é padronizada, além de ter um sistema focado no fluxo e valor. A interação com a cadeia de fornecedores como os fabricantes de materiais e elementos beneficiados favorece também ao princípio LC de cultivo de uma rede ampla de parceiros.

Portanto, o sistema construtivo de parede de concreto moldado *in loco* possibilita a adoção das quatro áreas principais do Lean Construction: processo de fluxo, processo de geração de valor, resolução de problemas e desenvolvimento de parceiros.

Esses princípios ainda propiciam a redução dos custos de construção, aumento da qualidade do produto e diminuição do prazo de construção, o que são fatores fundamentais para o desenvolvimento do setor habitacional.

3.3. O CONCEITO BIM APLICADO AO PROJETO DE EMPREENDIMENTO RESIDENCIAL ECONÔMICO

Para o desenvolvimento de empreendimentos habitacionais no âmbito do PMCMV são necessários elaborar projetos técnicos, os quais devem ser aprovados e licenciados juntos à órgãos públicos e concessionárias de serviços, e também subsidiarão a construção (BRASIL, 2009).

Essa fase pode ser dividida em dois grupos que interagem entre si: a edificação propriamente dita onde está inserida a unidade habitacional e a área externa, também chamada de condomínio quando o empreendimento estiver enquadrado no regime condominial, onde existem elementos de serviços, infraestrutura e lazer. Em cada grupo são empreendidas etapas de acordo com as disciplinas técnicas de arquitetura, estrutura, instalações prediais. Eventualmente pode ser necessário mais algum serviço especializado como pavimentação e geotecnia para contenção de encosta.

Na etapa da disciplina de arquitetura do projeto do edifício se define a tipologia ou tipologias das edificações, bem como o programa de necessidades, além de se analisar os condicionantes construtivos e a legislação pertinente. Em seguida, elabora-se o projeto de arquitetura, levando-se em conta a setorização dos espaços, suas dimensões, características técnicas e sociais, de desempenho e eficiência.

Ainda no projeto do edifício, na etapa da disciplina de estrutura, estabelecem-se o tipo do sistema estrutural e a fundação, a qual é amparada por investigação do solo por meio de sondagem à percussão, e realiza-se detalhamento das soluções técnicas, enquanto que na etapa das instalações prediais se elabora o dimensionamento dos sistemas hidrossanitário, elétrica, lógica, (telefonia, tv e

internet) canalização de gás, sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) e sistema de proteção contra incêndio.

No grupo do projeto do condomínio, na etapa de arquitetura, são estabelecidos a implantação dos edifícios no terreno, os fluxos com os acessos e circulações internas, o arruamento interno, a locação das edificações de apoio e lazer amparadas por programa de necessidades específico, o paisagismo e demais características do empreendimento, todos assistidos pelos parâmetros urbanísticos da legislação local.

Subsidiando esses elementos arquitetônicos, tem-se a etapa do projeto de instalações de infraestrutura externa ou condominial, compreendendo as soluções técnicas e detalhamento dos sistemas de esgotamento sanitário, abastecimento de água, sistema de combate ao incêndio, fornecimento de energia elétrica, iluminação pública, instalação de lógica, drenagem pluvial, eventual estação de tratamento de esgoto (ETE) quando o local não dispôr de rede coletora pública, reservatórios de água potável como castelo d'água e cisterna, sistema de reaproveitamento de água pluvial, eventual sistema de geração de energia fotovoltaica quando for viável sua inserção técnica e econômica no empreendimento.

A estrutura analítica do projeto de empreendimento habitacional no âmbito do PMCMV apresenta graficamente esses grupos, etapas e atividades, tal qual a **Figura 29**.

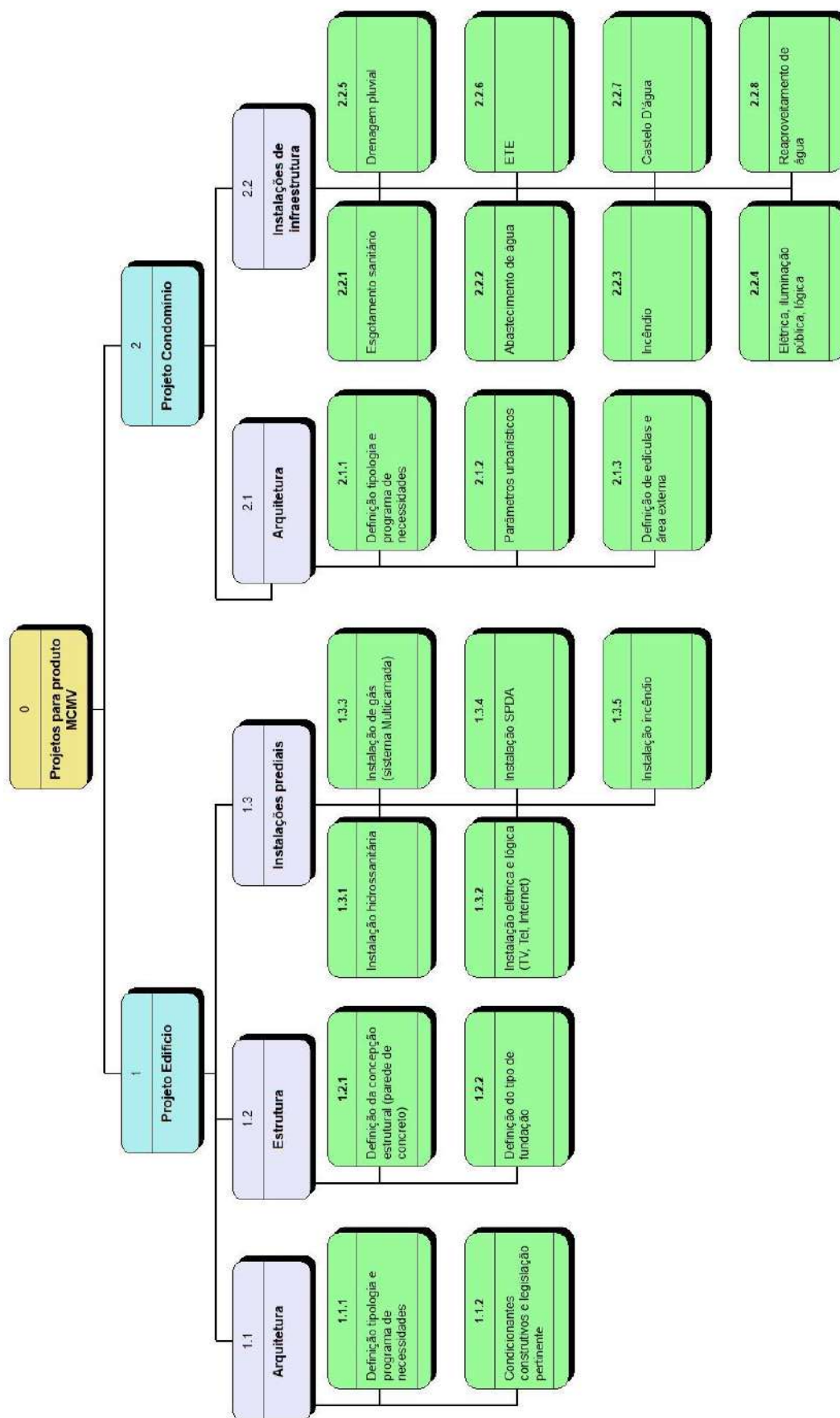


Figura 29 – Estrutura analítica de projetos para empreendimentos no PMCMV
Fonte: Autor (2020)

Essas atividades técnicas podem ser desenvolvidas por meio do conceito BIM, o qual favorece todas as fases do projeto, isto é, estudo preliminar, anteprojeto, projeto para legalização e projeto executivo. Usando-se da metodologia de ciclos de otimização do projeto ao longo do processo com a entrada de projetistas das disciplinas de estrutura, instalações prediais e demais especialistas mais cedo no processo é possível diminuir a variabilidade e aumentar a qualidade do produto final, além de reduzir custos por erros ou falta de definição adequada de determinadas configurações do empreendimento.

Considerando as especificações técnicas nesta sessão logo acima e aquelas indicadas no item 2.1.2 para desenvolvimento de empreendimento imobiliário no âmbito do PMCMV, foi produzido, com uso de ferramenta BIM, mais precisamente o *software* da Autodesk Revit, projeto arquitetônico de modo a exemplificar os benefícios práticos da modelagem com uso do conceito BIM.

O sistema estrutural proposto com tecnologia em **paredes de concreto** moldada in loco, conforme diretrizes da NBR 16055 (ABNT, 2012), maximizam ainda a adoção dos princípios *Lean Construction*.

A **Figura 30** demonstra vista aérea em perspectiva do empreendimento conceitual, enquanto a **Figura 31** apresenta sua planta baixa:



Figura 30 – Perspectiva externa de projeto arquitetônico conceitual de empreendimento PMCMV

Fonte: Autor (2020)



Figura 31 – Planta baixa de implantação de projeto arquitetônico conceitual de empreendimento PMCMV

Fonte: Autor (2020)

O empreendimento em tela foi concebido em um terreno de 9.557,00m² para atender 300 unidades habitacionais (UH) no âmbito do PMCMV – faixa 1, espacializadas em 15 blocos de cinco pavimentos e 4 apartamentos por andar.

O programa de necessidades da unidade habitacional consiste em 2 Quartos, 1 sala, 1 banheiro, 1 Cozinha e 1 Área de Serviço distribuídos em 47,44m² de área privativa e 42,98m² de área útil, considerando ainda dimensões para adaptabilidade à PNE em todos os ambientes. A **Tabela 10** abaixo indica essas informações e o somatório dessas áreas para todo o empreendimento:

Tabela 10 – Quadro de áreas de unidade habitacional acessível à PNE

Tipo	Área privativa	Área útil
Apartamento Padrão	47,44 m ²	42,98 m ²
Quantidade de UH	300	
Total do empreendimento	14.232,00 m²	12.894,00m²

Fonte: Autor (2020)

A planta baixa representada na **Figura 32** a seguir demonstra as quatro colunas com os apartamentos e seus ambientes internos com *layout* do mobiliário padrão mínimo exigido pela Portaria 660 (BRASIL, MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2018), além da circulação central social com a escada de transposição de nível entre os pavimentos.

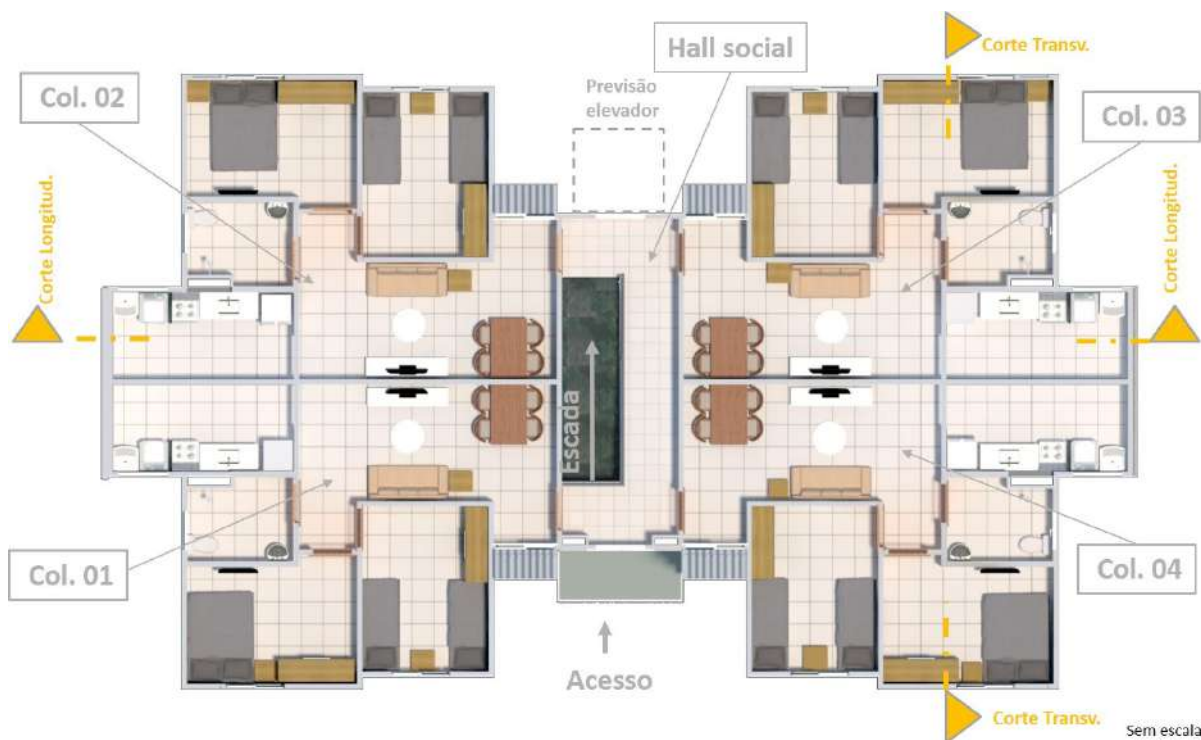


Figura 32 – Planta baixa do pavimento tipo
Fonte: Autor (2020)

Devido ao potencial do modelo BIM, é possível ter uma visão perspectivada da planta baixa, conforme **Figura 33**, conferindo mais clareza da solução arquitetônica pretendida e sanando qualquer dúvida de representação gráfica:



Figura 33 – Vista perspectivada com corte do pavimento tipo com ênfase nos ambientes internos

Fonte: Autor (2020)

Os cortes longitudinais e transversais da edificação indicados pelas setas amarelas na planta baixa podem ser vistos nas **Figura 34** e **Figura 35**, a seguir:



Figura 34 – Corte transversal perspectivado do edifício

Fonte: Autor (2020)



Figura 35 – Corte longitudinal perspectivado do edifício
Fonte: Autor (2020)

A fachada em perspectiva tridimensional do edifício-tipo é representada pela **Figura 36:**



Figura 36 – Vista tridimensional da fachada da edificação
Fonte: Autor (2020)

Outra vantagem do uso da modelagem da edificação diz respeito à análise de conforto ambiental na edificação. Através do modelo BIM, realizam-se simulações de insolação ao longo do ano, tal qual **Figura 37**, de ventilação, de acordo com a **Figura 38**, entre outros relacionados aos impactos higrotérmicos.

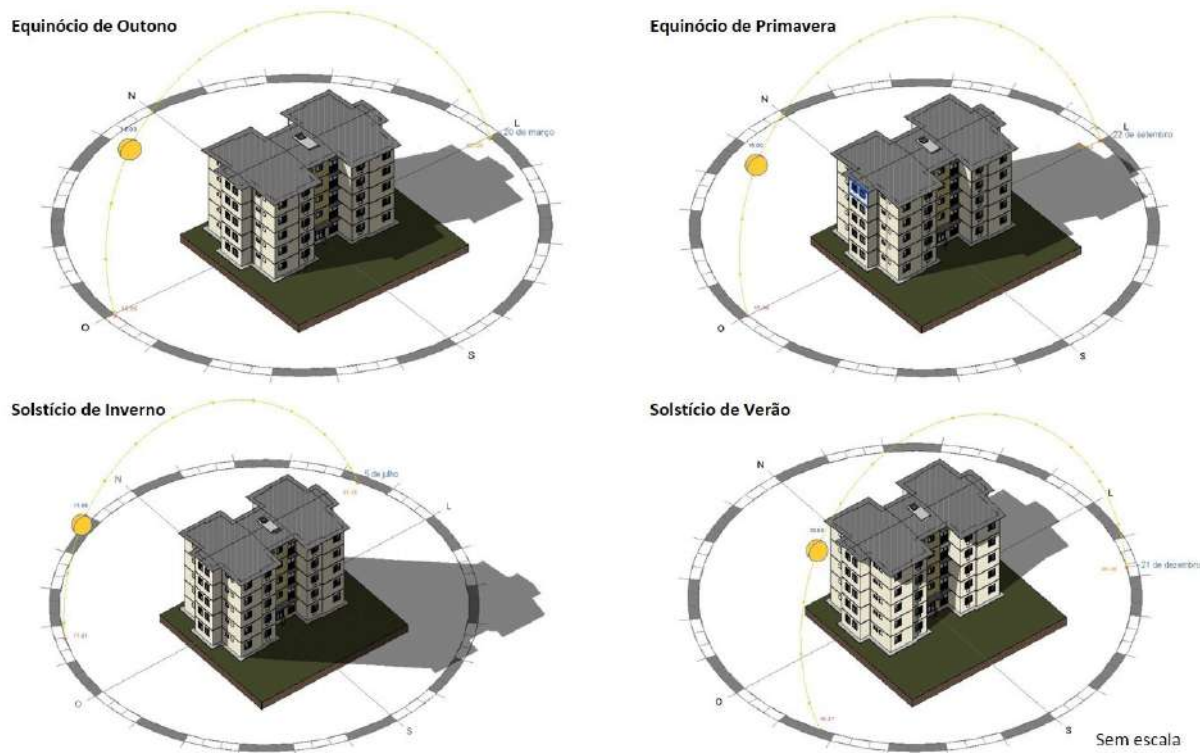


Figura 37 – Estudo de insolação para avaliar o conforto ambiental
Fonte: Autor (2020)

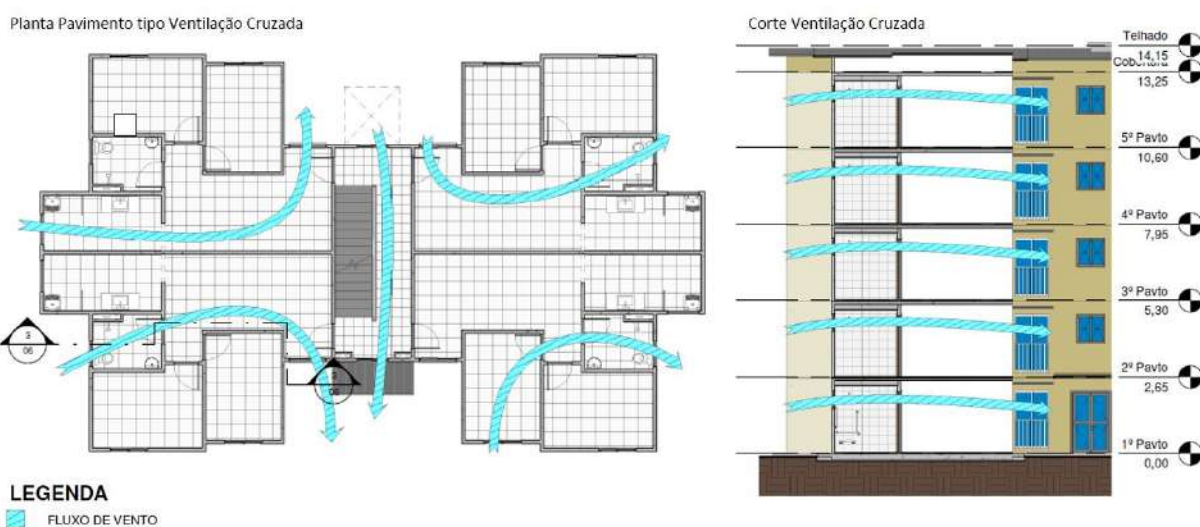


Figura 38 – Estudo de ventilação
Fonte: Autor (2020)

A partir do modelo BIM da edificação foi elaborado projeto de forma de alumínio para parede de concreto, de modo a otimizar a solução e realizar a quantificação das peças para esse serviço. Assim, definiu-se que um jogo de forma que consiste em 2 apartamentos mais o hall de circulação e escadas é o suficiente para o empreendimento. Para tanto, será necessário 1.144,92 m² de forma de alumínio, tal exemplificado na **Figura 39**:

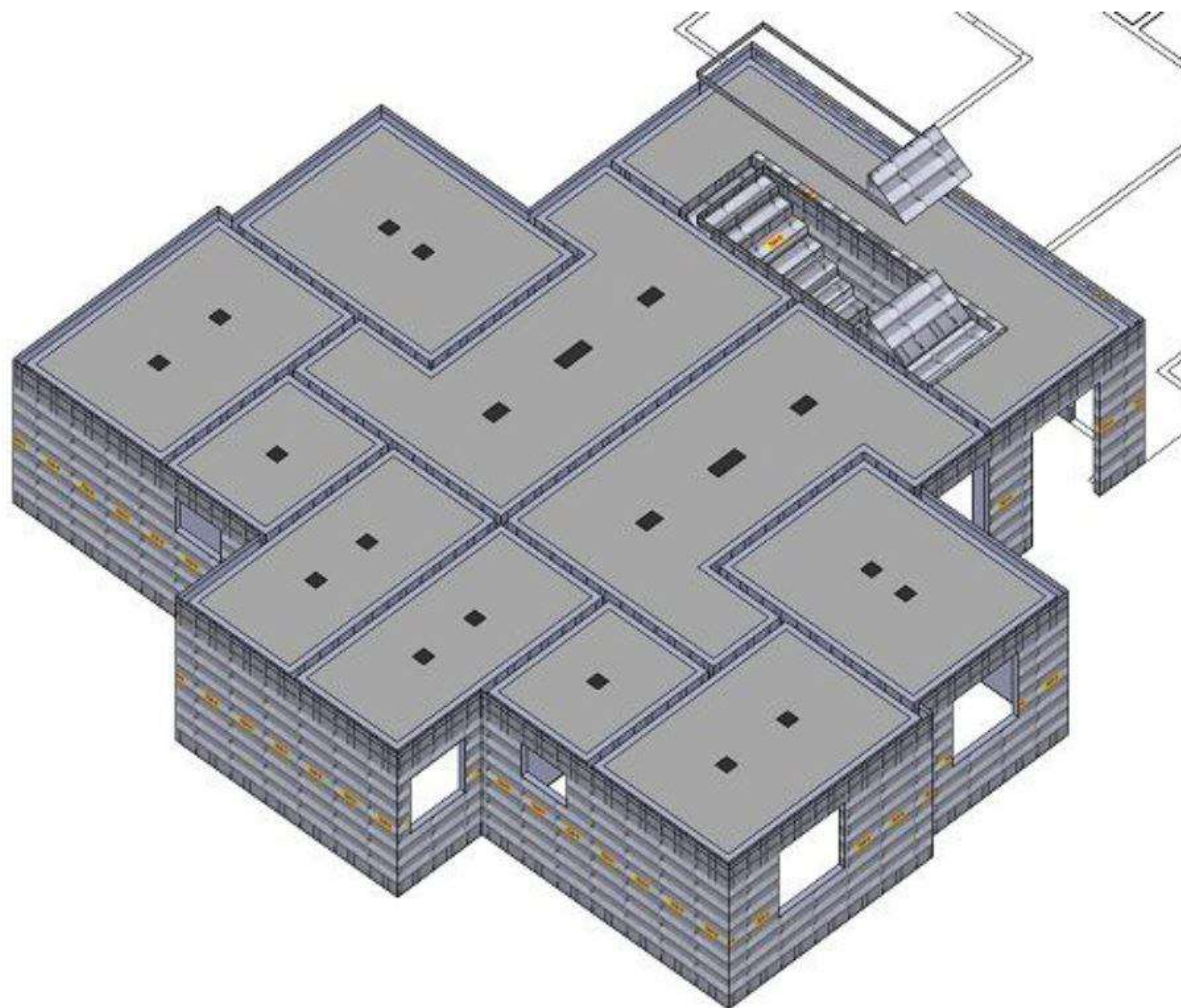
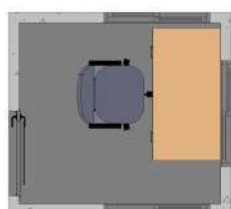


Figura 39 – Sistema de forma de alumínio para parede de concreto do bloco conceitual
Fonte: SH Indústria de Metalurgia e serviços Ltda. (2018)

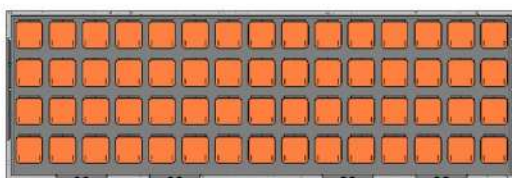
A modelagem das outras edificações de apoio e lazer do empreendimento como guarita, depósito temporário de lixo, administração, centro de convivência, academia ao ar livre, academia terceira idade (ATI) ao ar livre, bicicletário, quadra poliesportiva, churrasqueira com área externa de convivência, são apresentadas pelas **Figura 40**, **Figura 41** e **Figura 42**, a seguir:



Vista Perspectiva



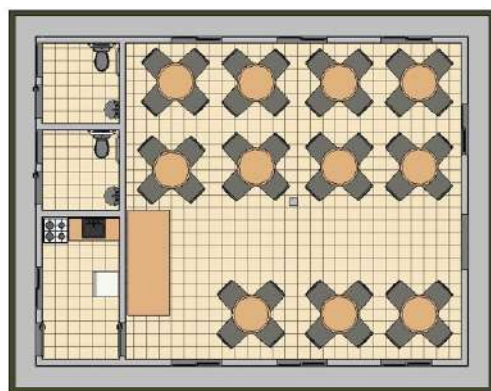
Planta baixa

Guarita**Depósito temporário de lixo****Administração (sala do
síndico, vestiário
funcionários e copa)****Figura 40 – Edifícios de apoio: guarita, depósito de lixo e administração**

Fonte: Autor (2020)



Vista Perspectiva



Planta baixa

Figura 41 – Edifícios de apoio: centro de convivência

Fonte: Autor (2020)

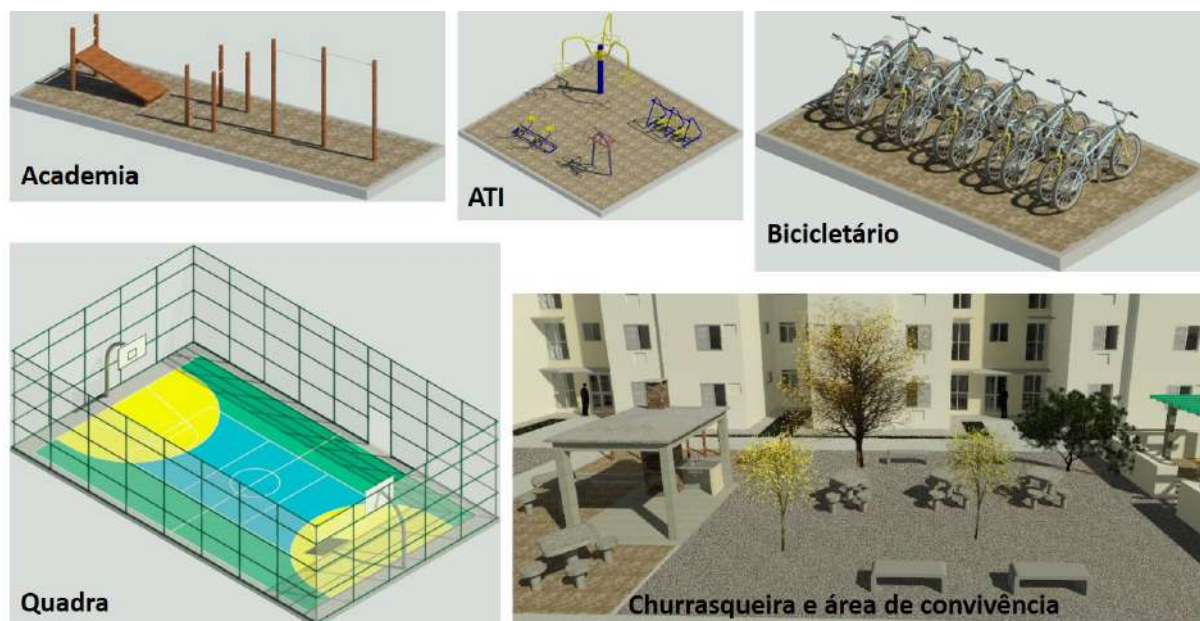


Figura 42 – Áreas externas de lazer e convivência

Fonte: Autor (2020)

A partir da elaboração dos modelos BIM de todos esses espaços construídos ou ao ar livre, é possível extrair as quantidades de área construída de cada edifício. A **Tabela 11**, a seguir, indica esses dados, obtendo o somatório de área construída do empreendimento:

Tabela 11 – Relação de edificações e áreas construídas

Edificação	Quant.	Área Construída Unit. (m ²)	Área Total Construída (m ²)
Bloco Padrão (sem telhado)	15	1.031,65	15.474,75
Guarita	1	4,00	4,00
Dep. Temporário de lixo (coberto)	1	48,00	48,00
Administração (Sala do Síndico/Copa/Vestiário)	1	17,89	17,89
Centro comunitário	1	80,78	80,78
Churrasqueira	1	10,85	10,85
Projeção do reservatório superior de água	1	9,62	9,62
Casa de máquina de bombas	1	6,85	6,85
Casa de máquina de incêndio (CMI)	1	3,24	3,24
Total			15.655,98

Fonte: Autor (2020)

Seguindo a EAP das fases de desenvolvimento de projeto, uma vez elaborado o conceito arquitetônico do empreendimento, deve-se iniciar as etapas de projeto de

estrutura e instalações prediais, as quais serão beneficiadas por sua vez pelo modelo BIM desenvolvido na etapa anterior, o que permitirá usá-lo como base para as próximas soluções técnicas dessas disciplinas. Desse ponto em diante, tem-se os ciclos de otimização de coordenação entre as disciplinas tal qual abordado pela ABDI (ABDI, 2017) que possibilitarão maior qualidade e assertividade às fases de desenvolvimento do empreendimento.

Tendo em vista a densidade do terreno do empreendimento de 31,85 m²/UH, bastante inferior ao estabelecido na **Tabela 8**, que indica 106,37m²/domicílio em favela, verifica-se que realizar empreendimento dessa natureza tem potencial de agregar maior qualidade de vida à população mais carente em uma área de ocupação cerca de 3 vezes menor.

3.4. VIABILIDADE DE EMPREENDIMENTO HABITACIONAL

O desenvolvimento de projeto preliminar arquitetônico através de modelo BIM permite, além da representação da solução construtiva, a obtenção do quadro de áreas do empreendimento, conforme apresentado na **Tabela 11**. A partir disso, usando a metodologia de avaliação de custos para incorporação imobiliária apresentada pela NBR 12721 (ABNT, 2007) se estabelece o custo do empreendimento.

Essa metodologia consiste em calcular a área equivalente (AEQ) através da multiplicação de coeficiente médio pela área de construção do compartimento ou espaço externo e em seguida utilizar o Custo Unitário Básico de Construção (CUB/m²) para determinar o custo total da construção. A área equivalente, em suma, é uma área virtual que representa a proporcionalidade da área real em relação ao custo de construção (ABNT, 2007).

Para tanto, calculou-se as áreas do empreendimento conceitual, conforme a **Tabela 12**, onde é verificado que a área total construída (ATC) que considera todos os compartimentos construídos, inclusive telhados, é de 25.689,36 m², enquanto a área equivalente (AEQ) é de 18.129,26 m², representando uma redução de cerca de 30%, uma vez que nem todos os espaços do condomínio possuem o mesmo custo de construção.

Tabela 12 – Cálculo de áreas

Compartimento / espaço externo	Quantidade	Nº pavtos	Área Construída Unit.	Área total construída (ATC)	Área equivalente (AEQ)	Coefficiente
Bloco padrão (térreo + 4 tipos + telhado)				19.019,70 m²	16.360,99 m²	
Pavto tipo	15	5	206,33 m ²	15.474,75 m ²	15.474,75 m ²	1,00
Telhado	15	1	236,33 m ²	3.544,95 m ²	886,24 m ²	0,25
Churrasqueira				23,70 m²	14,06 m²	
Pavto Térreo	1	1	10,85 m ²	10,85 m ²	10,85 m ²	1,00
Telhado	1	1	12,85 m ²	12,85 m ²	3,21 m ²	0,25
Centro Comunitário				173,56 m²	103,98 m²	
Pavto Térreo	1	1	80,78 m ²	80,78 m ²	80,78 m ²	1,00
Telhado	1	1	92,78 m ²	92,78 m ²	23,20 m ²	0,25
Depósito temporário de lixo				106,00 m²	62,50 m²	
Pavto Térreo	1	1	48,00 m ²	48,00 m ²	48,00 m ²	1,00
Telhado	1	1	58,00 m ²	58,00 m ²	14,50 m ²	0,25
Guarita				9,00 m²	5,25 m²	
Pavto Térreo	1	1	4,00 m ²	4,00 m ²	4,00 m ²	1,00
Telhado	1	1	5,00 m ²	5,00 m ²	1,25 m ²	0,25
Administração				44,78 m²	24,61 m²	
Pavto Térreo	1	1	17,89 m ²	17,89 m ²	17,89 m ²	1,00
Telhado	1	1	26,89 m ²	26,89 m ²	6,72 m ²	0,25
Casa de Máquinas Incêndio (CMI)				22,18 m²	13,11 m²	
Pavto Térreo	1	1	3,24 m ²	3,24 m ²	3,24 m ²	1,00
Telhado	1	1	4,24 m ²	4,24 m ²	1,06 m ²	0,25
Casa de Bombas Recalque (CBR)				14,70 m²	8,81 m²	
Pavto Térreo	1	1	6,85 m ²	6,85 m ²	6,85 m ²	1,00
Telhado	1	1	7,85 m ²	7,85 m ²	1,96 m ²	0,25
Projeção do reservatório superior de água				9,62 m²	288,60 m²	
Pavto Térreo	1	1	9,62 m ²	9,62 m ²	288,60 m ²	30,00
Área externa				6.280,82 m²	1.256,16 m²	
Jardim, estacionamento, via interna, calçada, lazer ao ar livre	1	1	6.280,82 m ²	6.280,82 m ²	1.256,16 m ²	0,20

Total área construída + área externa (ATC)	25.689,36 m ²
Total área equivalente (AEQ)	18.129,26 m ²
Total área privativa dos Aptos (AP)	14.232,00 m ²
Eficiência do projeto (AP/AEQ)	79%

Fonte: Autor (2020)

Nota-se também que a eficiência do projeto estabelecida pela equação (1) representa 79%, correspondendo a um indicador de desempenho elevado para esse tipo de empreendimento habitacional, pois quanto mais próximo de 100%, mais econômico é a construção (MASCARÓ, 2010).

(1)

$$Iep = \frac{AP}{AEQ}$$

Sendo:

Iep = índice de eficiência do projeto

AP = área privativa em m²

AEQ = área equivalente de construção em m²

Diante desse projeto arquitetônico preliminar, do quadro de áreas e do indicador de desempenho de projeto, pode-se avaliar a viabilidade do empreendimento residencial na faixa 1 do PMCMV através de análise estática, isto é, sem considerar a variável tempo. Essa avaliação é determinada a partir de um fluxo de caixa simples, onde se apontam as entradas, isto é, as receitas do negócio, e as saídas, ou seja, todas as despesas necessárias para realizar o empreendimento.

O empreendimento conceitual, como dito, foi planejado para ser implantado na cidade do Rio de Janeiro, o que confere o maior valor praticado pelo programa para remunerar as unidades habitacionais, isto é, R\$96.000,00 / UH, de acordo com a portaria 114 (BRASIL, MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2018). Desse modo, obtém-se o valor geral de vendas em R\$28.800.000,00, que representa o valor final que será desembolsado pelo FAR para custear a implantação do empreendimento.

As demais saídas foram computadas conforme suas contas e tipo de despesas, ou seja, custo da construção (obra rasa somada a fundação), taxas bancárias, impostos, serviço social e a remuneração (BDI) da construtora, que é responsável pela realização do empreendimento do início ao fim do processo.

Uma vez que o empreendimento conceitual se enquadra na faixa 1 do PMCMV, não incorre custo ao terreno, pois ele será doado da municipalidade para o FAR, como contrapartida para a construção do condomínio e posterior recebimento das unidades habitacionais para a distribuição a moradores da cidade que atendam aos critérios de seleção estabelecidos pelo programa.

Para a composição do orçamento preliminar da obra se utilizou o Custo Unitário Básico (CUB) que é mantido, conforme Lei 4591 - Lei das Incorporações (BRASIL, 1964), pelo sindicato da indústria da construção estadual. Seu cálculo utiliza projetos de construção modelos para diversas tipologias prediais que estão contidos na NBR 12721 (ABNT, 2007). Na composição destes custos são excluídos serviços específicos como execução de fundação, desenvolvimento de projeto, assistência técnica pós-obra, seguro de engenharia, forma de alumínio, licenças de execução de obra, serviços assistenciais, impostos, entre outros.

Assim, utilizou-se o CUB para o projeto este conceitual na classificação de projeto padrão residencial PIS (Projeto de interesse social), que corresponde a R\$1.062,66 m² referente a outubro de 2019 (SINDUSCON-RJ, 2019). Estimou-se para a fundação, a qual foi considerada 50% do tipo radier e 50% do tipo profunda com estaca de 8,0m de profundidade, o valor de R\$1.000,00 / m² de área de projeção da edificação. Além disso, verificou-se junto a fornecedor de forma de alumínio o valor de R\$1.425,00 / m² de forma. Para a elaboração dos projetos de arquitetura, estrutura, sistemas prediais e demais disciplinas de engenharia foi estimado o valor de R\$720.000,00, correspondente a 2,5% do VGV do empreendimento. No que diz respeito ao seguro de riscos de engenharia, estimou-se o valor de R\$45.000,00. Para a manutenção pós-obra, durante o período de garantia do edifício, estimou-se o valor de R\$144.000,00. Para a construção do empreendimento deve-se realizar licenciamento em órgãos públicos e concessionárias de serviços, os quais geram custo estimado de R\$86.600,00. Logo, para se chegar ao custo unitário de construção (CUC), somou-se todos esses custos e dividiu-se pela área equivalente de construção, resultando, assim, em R\$1.378,18 / m².

A **Tabela 13** demonstra esse fluxo de caixa da análise imobiliária estática, com o orçamento sintético do empreendimento conceitual:

Tabela 13 – Análise estática de viabilidade de empreendimento residencial faixa 1 do PMCMV

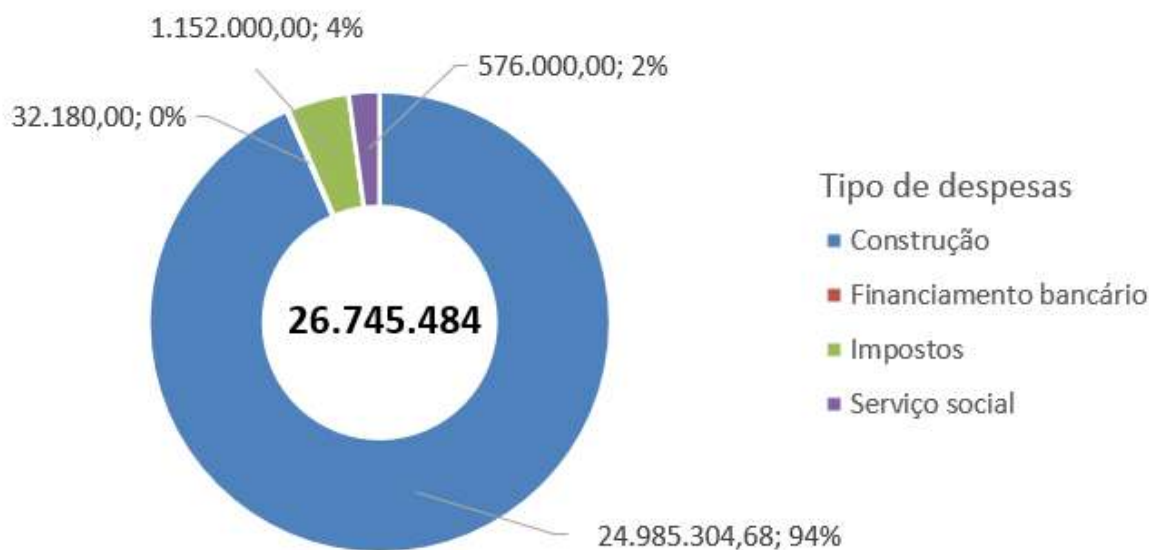
Conta	Tipo	Quant.	Unid.	Valor Unitário	Observação	Valor Total	Índice participação
RECEITA							
Valor Geral de Vendas (VGV)	Unidades habitacionais	300	UH	96.000,00	Faixa 1 PMCMV Capital RJ	28.800.000,00	
TOTAL DA RECEITA						28.800.000,00	100,00%
DESPESA							
Construção	Área equivalente de construção	18.129,26	m ²	1062,66	CUB/RJ Out/2019 - PIS	19.265.243,68	66,89%
	Fundação (50% radier e 50% profunda com estaca de 8m de profundidade)	3.094,95	m ²	1.000,00	Estimativa. Não contemplado no CUB	3.094.950,00	10,75%
	Forma de alumínio parede de concreto (2 conjuntos equivalente a 2 aptos)	1.144,92	m ²	1.425,00	Estimativa. Não contemplado no CUB (possibilidade de 600 repetições de uso cada conjunto. Ativo da empresa)	1.631.511,00	5,66%
	Projeto	2,50%		28.800.000,00	Estimativa. Não contemplado no CUB	720.000,00	2,50%
	Seguro	0,15%		28.800.000,00	Estimativa. Não contemplado no CUB	43.200,00	0,15%
	Manutenção (pós-ocupação)	0,50%		28.800.000,00	Estimativa. Não contemplado no CUB	144.000,00	0,50%
	Licenças	0,30%		28.800.000,00	Estimativa. Não contemplado no CUB	86.400,00	0,30%
Financiamento bancário	Taxa acompanhamento obra	19,00	mês	1.200,00	Referência CEF	22.800,00	0,08%
	Análise de crédito	1,00	evento	6.880,00	Referência CEF	6.880,00	0,02%
	Análise viabilidade técnica (engenharia)	1,00	evento	2.500,00	Referência CEF	2.500,00	0,01%
Impostos	RET	4,00%		28.800.000,00	Lei federal	1.152.000,00	4,00%
	ISS	0,00%		28.800.000,00	Isento pela PCRJ	0,00	0,00%

Serviço social	cadastro de famílias e implantação condomínio	2,00%	28.800.000,00	Referência CEF	576.000,00	2,00%
TOTAL DAS DESPESAS					26.745.484,68	100,00%
RESULTADO						
Remuneração Construtora	Resultado				2.054.515,32	7,13%

Fonte: Autor (2020)

Portanto, o resultado da análise estática indica que o empreendimento é viável sob o ponto de vista econômico por apresentar remuneração de aproximadamente milhões de reais. Não obstante, a margem de remuneração à construtora de 7,3% sugere elevado risco ao negócio, posto que qualquer variação das despesas afetarão a rentabilidade. Essas despesas são agrupadas no **Gráfico 16**, onde se verifica que o custo da construção, que representa 94% das despesas, é o principal fator de risco:

Gráfico 16 – Relação de despesas



Fonte: Autor (2020)

Dessa forma, para avaliar o empreendimento com mais profundidade sob os critérios técnicos, econômicos e financeiros, faz-se necessário desenvolver estudo de viabilidade imobiliário dinâmico. Esse estudo possibilita verificar o comportamento das despesas e receitas ao longo do ciclo de vida do empreendimento, ou seja, o fluxo de caixa do negócio, com aplicação de índices e taxas financeiras.

A **Figura 43**, a seguir, ilustra graficamente um fluxo de caixa típico com notação em dias, cuja linha horizontal representa o tempo, em dias, da esquerda para a direita a partir do período 0, enquanto a seta para cima indica previsão de recebimentos, em unidades genéricas, e a seta para baixo indica previsão de pagamento de despesas, em unidades genéricas (VIEIRA SOBRINHO, 2018):

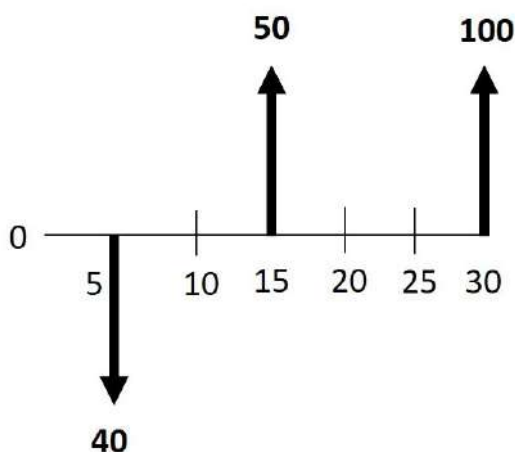


Figura 43 – Representação de fluxo de caixa típico
Fonte: Autor (2020)

Neste exemplo, entende-se que no dia 5 é previsto pagamento de despesa de 40 unidades, no dia 15 recebimento de 50 unidades e no dia 30 recebimento de mais 100 unidades, o que resulta no saldo de 110 unidades ao final do período de apuração de 30 dias ($-40+50+100 = 110$). Entretanto, do dia 5 ao dia 15 o saldo foi negativo, já que apenas no 15º dia do período houve receita suficiente para cobrir as despesas ($-40+50 = 10$). Dessa forma, do ponto de vista de uma construtora, nesse intervalo de 10 dias com saldo negativo haveria necessidade de ter capital de giro para cobrir essas despesas, seja recurso próprio da empresa ou dinheiro emprestado de uma instituição financeira, mediante financiamento da produção, ou de investidores. Seja qual for o cenário, seria aplicado juros no período, de modo a remunerar o capital do credor para cobrir o saldo deficitário da construtora.

Portanto, a avaliação de cenário dinâmico de um estudo de viabilidade é fundamental para o entendimento do risco ao negócio e para determinar o resultado financeiro a valor presente (VPL), a margem de lucratividade, o *payback*, ou seja, o momento em que o saldo acumulado do fluxo de caixa deixará de ser negativo definitivamente, a taxa interna de retorno (TIR), o retorno do investimento (ROI), retorno do esforço (ROE) e a exposição máxima do fluxo de caixa, isto é, o período

onde haverá maior déficit de despesas, entre outros indicadores, conforme critérios de cada empresa (GOLDMAN, 2014).

A avaliação do cenário dinâmico deste empreendimento conceitual da faixa 1 do PMCMV exige o desenvolvimento de cronograma executivo da obra. Dessa forma, estimou-se que os 15 blocos de 5 pavimentos, que totalizam 300 UH, serão construídos em 18 meses, a partir de preceitos da análise de escopo e tempo, conforme diretrizes do PMBOK (PMI, 2018).

Na elaboração desse cronograma foi utilizado o método de decomposição do trabalho, dividindo o escopo geral, isto é, o empreendimento residencial, em partes menores gerenciáveis. A estrutura analítica do projeto (EAP), **Figura 44**, demonstra graficamente a subdivisão desses pacotes de trabalho:

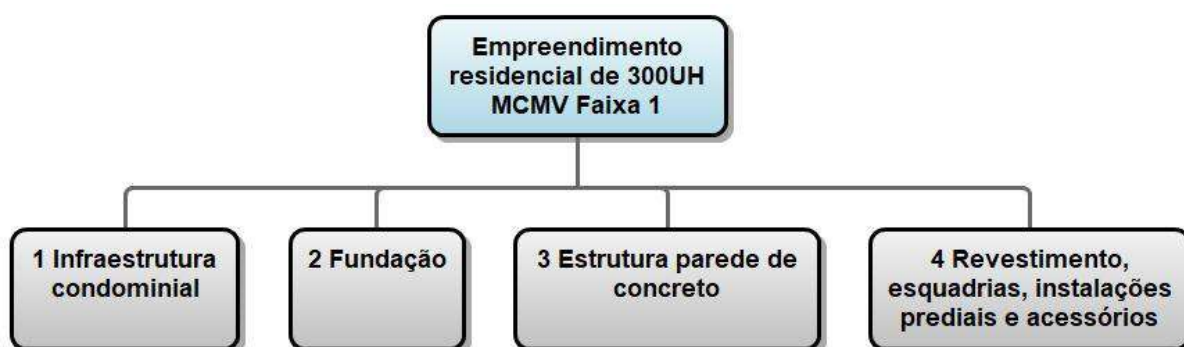


Figura 44 – EAP empreendimento 300 UH
Fonte: Autor (2020)

Em seguida, foi estimado de acordo com indicadores de produtividade do SINAPI, criado a partir do Decreto 7.983 (BRASIL, 2013), a duração desses pacotes de trabalho da seguinte maneira: infraestrutura condominial com duração estimada de 7 meses, fundação em 12 meses, estrutura de parede de concreto em 12 meses e revestimento, esquadrias, instalações prediais e acessórios em 11 meses.

A partir disso, sequenciou-se as atividades e foram atribuídas dependências entre elas do tipo término-início, ou seja, existe um relacionamento lógico onde as atividades sucessoras não podem iniciar antes das predecessoras terem terminado. Entretanto, tendo em vista a duração e o tipo de atividades, foi possível estabelecer antecipações de atividades sucessoras em relação a atividades predecessoras, adiantando, assim, uma quantidade significativa de tempo.

Essa otimização do tempo permitiu que o empreendimento tenha sua construção concluída em 18 meses, em vez de 42 meses caso todas as atividades fossem executadas sequencialmente (7 meses + 12 meses + 12 meses + 11 meses

= 42 meses). Assim, a técnica de antecipação equivaleu a uma redução de 233% do tempo necessário para a construção.

O cronograma a seguir representado pelo Gráfico de Gantt da **Figura 45**, indica, portanto, essa relação gráfica da decomposição do escopo, estimativa da duração e sequenciamento das atividades ao longo de 18 meses de execução da obra:



Figura 45 – Cronograma de execução de empreendimento residencial de 300UH
Fonte: Autor (2020)

Esse cronograma de execução da obra, contudo, não reflete o ciclo de vida do empreendimento completo, pois existem atividades que acontecem fora do período de construção. No caso específico desse empreendimento conceitual, a fase do serviço de projeto de arquitetura e engenharia (*design*) tem duração de 6 meses, mas inicia 2 meses antes das obras. A execução da obra tem duração de 18 meses conforme o cronograma anterior, sendo sucedido pela fase assistência técnica pós-obra durante os próximos 12 meses com o objetivo de realizar eventual serviço de manutenção da garantia da edificação.

Por conseguinte, a linha do tempo do empreendimento residencial conceitual tem 32 meses de duração, já que existe antecipação da fase obra em relação a fase de projeto em 4 meses, conforme **Figura 46**, a seguir:

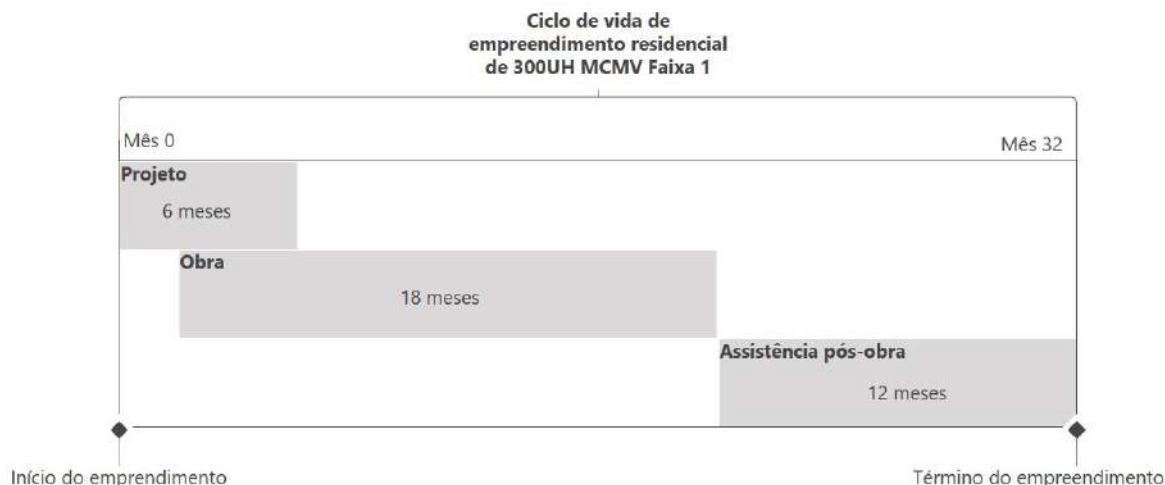


Figura 46 – Ciclo de vida de empreendimento residencial de 300UH
 Fonte: Autor (2020)

Esse ciclo de vida será usado na avaliação do fluxo de caixa do empreendimento, uma vez que envolve a projeção de todas as despesas e receitas do negócio seja na fase de projeto, de obra e assistência técnica pós-obra.

Além dessa premissa de tempo, outras foram determinadas para o estudo dinâmico, como os índices e taxas financeiras. Determinou-se, à vista disso, a taxa mínima de atratividade (TMA) do negócio. Essa taxa indica o desconto, na qualidade de juros, para o valor presente do fluxo de caixa futuro. Representa, então, o valor do dinheiro investido ao longo do tempo e o risco a ele. Em suma, isso indica o mínimo de resultado que a construtora (seus controladores acionistas) / investidor estará disposta a receber para empreender no negócio. Para determinar o valor da TMA, avalia-se o custo do dinheiro, ou seja, os juros reais (a diferença entre a taxa SELIC e a taxa de inflação IPCA), e se soma a taxa de oportunidade, ou seja, o quanto a construtora (acionista) / investidor deseja receber de lucro, considerando o risco ao negócio e uma margem de segurança.

Assim, para o empreendimento conceitual se determinou a TMA em 8,5%, considerando Selic de 4,50%, IPCA de 4%, oportunidade do investidor de 8% ($4,5\% - 4,0\% + 8,0\% = 8,5\%$).

Em seguida, calculou-se o Valor Presente Líquido (VPL), que é o resultado do negócio mês a mês descontado pela TMA. Um resultado positivo do VPL indica que o negócio é viável sob o ponto de vista financeiro, já que mesmo com a aplicação da TMA, o negócio ainda gera lucro. Do contrário, financeiramente, seria mais

conveniente que o dinheiro necessário a execução do empreendimento fosse aplicado em outro ativo que oferecesse menos risco de concretização.

A fórmula matemática do Valor Presente Líquido (VPL) usada na avaliação do cenário dinâmico deste empreendimento imobiliário conceitual é a seguinte:

(2)

$$VPL = \sum_{n=1}^{n=N} \frac{FC_t}{(1+i)^n}$$

Sendo:

VPL = Valor Presente Líquido

FC = fluxo de caixa

t = ocorrência do fluxo de caixa

i = taxa de desconto (Taxa Mínima de Atratividade)

n = período de tempo

Por ser um empreendimento padrão MCMV da faixa 1 não haverá venda das unidades habitacionais para o moradores finais, pois eles serão selecionados segundo critérios do município/Estado onde o empreendimento se localiza, tal qual premissas estabelecidas no regimento do programa habitacional. As unidades habitacionais construídas, contudo, serão remuneradas à construtora pelo FAR mediante acompanhamento periódico da execução da obra pela CEF. Portanto, existe uma espécie de “venda”, no sentido de que haverá avaliação da evolução da obra e remuneração do agente executor (construtora), pelo agente operador (CEF), conforme a execução da obra, com recursos do agente financiador (FAR), que ao fim do processo cederá as unidades ao agente gestor de beneficiários (prefeitura/Estado), que as distribuirão aos beneficiários do programa, tal qual exposto no fluxograma da **Figura 9**.

O fluxo de caixa desse empreendimento residencial conceitual elaborado a partir da linha do tempo do ciclo de vida é demonstrado a seguir pelos **Quadro 18**, **Quadro 19**, **Quadro 20** e **Quadro 21**. Os quadros tem seus lançamentos em valores nominais, entretanto, o somatório de cada despesa ou receita foi convertido em valor presente (VP), aplicando-se a seguinte equação:

(3)

$$VP = \frac{VF}{(1 + i)^n}$$

Sendo:

VP = Valor Presente

VF = Valor Futuro

I = taxa de juros

n = período de tempo

No primeiro quadro do fluxo de caixa, **Quadro 18**, são demonstrados, além do período e da descrição dos eventos chaves, os elementos da receita à construtora representada pela relação de unidades, o momento de disponibilidade de recursos com a assinatura do contrato entre a construtora e o FAR, por intermédio do agente operador CEF, as cotas de liberação do pagamentos conforme a evolução da obra e o valor correspondente a cada cota.

Nota-se que os recursos financeiros do contrato ficam disponíveis no início das obras e a liberação desses recursos acontecem no mês subsequente a medição dos serviços executados. A coluna “Venda de Unidades” indica o total de recursos liberados à construtora mês a mês, conforme a evolução da obra.

Quadro 18 – Fluxo de caixa de empreendimento residencial de 300UH - Parte 1

Período (Mês)	Evento	VENDA DE UNIDADES (construtora ao FAR)					
		Unidades	Valor das Unidades	Disponibilidade de Recursos (%)	Liberação do Associativo (%)	Valor liberado	Venda de Unidades
	Total VP	-	28.604.889	-	-	26.329.405	26.329.405
	Total Nominal	300,00000	28.800.000	100,00000%	100,00000%	28.800.018	28.800.018
1	Assinatura de contrato Início empreendimento	-	-	-	-	-	-
2	Disponibilidade recursos	300,00000	28.800.000	-	-	-	-
3	Início das Obras	-	-	100,00000%	-	-	-
4		-	-	-	2,80000%	806.400	806.400
5		-	-	-	3,10000%	892.801	892.801
6		-	-	-	2,50000%	720.000	720.000
7		-	-	-	2,60000%	748.800	748.800
8		-	-	-	3,20000%	921.601	921.601
9		-	-	-	3,40000%	979.201	979.201
10		-	-	-	4,60000%	1.324.801	1.324.801
11		-	-	-	4,90000%	1.411.201	1.411.201
12		-	-	-	5,90000%	1.699.201	1.699.201
13		-	-	-	6,90000%	1.987.201	1.987.201
14		-	-	-	5,60000%	1.612.801	1.612.801
15		-	-	-	6,90000%	1.987.201	1.987.201
16		-	-	-	7,80000%	2.246.401	2.246.401
17		-	-	-	9,50000%	2.736.002	2.736.002
18		-	-	-	9,90000%	2.851.202	2.851.202
19		-	-	-	9,30000%	2.678.402	2.678.402
20	Término das Obras	-	-	-	6,10000%	1.756.801	1.756.801
21	Pagamento final Início assistência pós-obra	-	-	-	5,00000%	1.440.001	1.440.001
22		-	-	-	-	-	-
23		-	-	-	-	-	-
24		-	-	-	-	-	-
25		-	-	-	-	-	-
26		-	-	-	-	-	-
27		-	-	-	-	-	-
28		-	-	-	-	-	-
29		-	-	-	-	-	-
30		-	-	-	-	-	-
31		-	-	-	-	-	-
32	Término assistência pós-obra Encerramento contrato	-	-	-	-	-	-

Fonte: Autor (2020)

No segundo quadro do fluxo de caixa, **Quadro 19**, demonstram-se as despesas relacionadas com a execução da obra e quando elas são efetivadas. Dessa forma, separou-se o custo direto na produção das outras despesas, o que gerou a necessidade de se obter o Custo de Obra Raso (COR) que é o resultado da soma da despesa da área equivalente de construção com a despesa fundação (R\$19.265.243,68 + R\$3.094.950,00 = R\$22.360.193,68) indicadas na **Tabela 13**, já que elas ocorreram ao longo de 18 meses e compreendem a evolução da obra.

A despesa com a elaboração de projeto (*design*), por outro lado, é dividida em 6 parcelas a contar da assinatura do contrato. Já o seguro de obra passa a valer no início da obra, mas seu lançamento ocorre no mês subsequente. As taxas de licenciamento para construção com validade de 12 meses ocorrem no início da obra e sua renovação em um ano a partir disso. As formas de alumínio para execução do sistema construtivo em paredes de concreto serão pagas ao fornecedor em 10

parcelas, sendo a primeira coincidindo com o início das obras. Em seguida, tem a despesa com a assistência pós obra e garantia dos serviços executados, com verba provisionada para custear equipe e materiais para eventuais reparos pelo período de 12 meses após a entrega da obra. A última coluna representa o acumulado mês e a mês dessas despesas.

Quadro 19 – Fluxo de caixa de empreendimento residencial de 300UH - Parte 2

Período (Mês)	Evento	OBRA							
		Evolução da Obra (%)	Assistência Pós-Obra	Projeto	Seguro	Licença de obras	Forma alumínio	Custo de Obra Raso	Obra
	Total VP	-	(121.114)	(707.915)	(42.332)	(81.895)	(1.561.283)	(20.581.535)	(23.096.073)
	Total Nominal	100,00000%	(144.000)	(720.000)	(43.204)	(86.400)	(1.631.511)	(22.360.267)	(24.985.393)
1	Assinatura de contrato	-	-	(120.000)	-	-	-	-	(120.000)
2	Início empreendimento	-	-	(120.000)	-	-	-	-	(120.000)
3	Disponibilidade recursos	-	-	(120.000)	-	-	-	-	(120.000)
3	Início das Obras	2,80000%	-	(120.000)	-	(43.200)	(163.151)	(626.087)	(952.439)
4		3,10000%	-	(120.000)	(43.204)	-	(163.151)	(693.168)	(1.019.524)
5		2,50000%	-	(120.000)	-	-	(163.151)	(559.007)	(842.158)
6		2,60000%	-	(120.000)	-	-	(163.151)	(581.367)	(964.518)
7		3,20000%	-	-	-	-	(163.151)	(715.529)	(878.680)
8		3,40000%	-	-	-	-	(163.151)	(760.249)	(923.400)
9		4,60000%	-	-	-	-	(163.151)	(1.028.572)	(1.191.723)
10		4,80000%	-	-	-	-	(163.151)	(1.095.853)	(1.258.804)
11		5,90000%	-	-	-	-	(163.151)	(1.319.256)	(1.482.407)
12		6,90000%	-	-	-	-	(163.151)	(1.542.858)	(1.706.010)
13		5,60000%	-	-	-	-	-	(1.252.175)	(1.252.175)
14		6,90000%	-	-	-	-	-	(1.542.858)	(1.542.858)
15		7,80000%	-	-	-	(43.200)	-	(1.744.101)	(1.787.301)
16		9,50000%	-	-	-	-	-	(2.124.225)	(2.124.225)
17		9,90000%	-	-	-	-	-	(2.213.686)	(2.213.686)
18		9,30000%	-	-	-	-	-	(2.079.505)	(2.079.505)
19		6,10000%	-	-	-	-	-	(1.363.976)	(1.363.976)
20	Término das Obras	5,00000%	-	-	-	-	-	(1.118.013)	(1.118.013)
21	Pagamento final	-	(12.000)	-	-	-	-	-	(12.000)
21	Início assistência pós-obra	-	(12.000)	-	-	-	-	-	(12.000)
22		-	(12.000)	-	-	-	-	-	(12.000)
23		-	(12.000)	-	-	-	-	-	(12.000)
24		-	(12.000)	-	-	-	-	-	(12.000)
25		-	(12.000)	-	-	-	-	-	(12.000)
26		-	(12.000)	-	-	-	-	-	(12.000)
27		-	(12.000)	-	-	-	-	-	(12.000)
28		-	(12.000)	-	-	-	-	-	(12.000)
29		-	(12.000)	-	-	-	-	-	(12.000)
30		-	(12.000)	-	-	-	-	-	(12.000)
31		-	(12.000)	-	-	-	-	-	(12.000)
32	Término assistência pós-obra	-	(12.000)	-	-	-	-	-	(12.000)
32	Encerramento contrato	-	(12.000)	-	-	-	-	-	(12.000)

Fonte: Autor (2020)

Já no **Quadro 20**, são retratadas as despesas com o financiamento dos recursos, as quais são taxas praticadas pela CEF para acompanhar a execução da obra e emitir as medições desses serviços executados pela construtora para então remunerá-la; a taxa de análise da proposta do empreendimento com emissão do contrato para assinatura das partes; e a taxa de viabilidade técnica de engenharia para começar o empreendimento.

Nesse terceiro quadro também é contabilizado a despesa com serviço social, correspondente ao trabalho realizado pela prefeitura/Estado, isto é, o agente gestor

de beneficiários, na seleção dos moradores, assistências às famílias, serviços cartoriais e afins.

Em seguida, tem-se indicado a despesa com o imposto federal do regime especial de tributação (RET). O RET é a retenção unificada dos impostos federais Imposto de Renda das Pessoas Jurídicas - IRPJ, Contribuição Social sobre o Lucro Líquido - CSLL, Contribuição para os Programas de Integração Social e de Formação do Patrimônio do Servidor Público - PIS/PASEP e Contribuição para Financiamento da Seguridade Social - COFINS, conforme Lei 10.931 (BRASIL, 2004), aferida no mês subsequente ao recebimento pela construtora dos recursos indicados na medição feita pelo agente operador. Os valores lançados correspondem a alíquota de 4%, indicada para empreendimentos de interesse social, embora já se tenha, em algumas ocasiões, sido sancionada lei federal com validade específica para reduzir essa alíquota para 1%, como o caso da Lei 13.970 (BRASIL, 2019), que permitia esse recolhimento menor para empreendimentos com assinatura de construção até 31/12/2018. Devido à falta de atualização do valor final a ser pago por unidade habitacional, essa redução da alíquota é um importante fator de incentivo para o programa no âmbito da faixa 1.

Dessa forma, o lançamento desse imposto tem o seguinte funcionamento: a obra começa no mês 3, realiza-se medição do agente operador dos serviços executados pelo agente executor no final deste mês com pagamento no mês 4 e recolhimento do imposto no mês 5. E assim sucessivamente.

Quadro 20 – Fluxo de caixa de empreendimento residencial de 300UH - Parte 3

Período (Mês)	Evento	DESPESAS C/ FINANCIAMENTO				OUTRAS DESPESAS	IMPOSTOS
		Taxa Acomp. da Operação (TAO)	Taxa análise proposta (TCCAP)	Taxa viab tec eng (TCCLAE)	Despesas c/ Financiamento	Serviço social	RET
	Total VP	(21.172)	(6.880)	(2.483)	(30.535)	(507.962)	(1.046.041)
	Total Nominal	(22.800)	(6.880)	(2.500)	(32.180)	(578.000)	(1.152.001)
1	Assinatura de contrato	-	(6.880)	-	(6.880)	-	-
2	Início empreendimento	-	-	-	-	-	-
2	Disponibilidade recursos	-	-	(2.500)	(2.500)	-	-
3	Início das Obras	(1.200)	-	-	(1.200)	-	-
4		(1.200)	-	-	(1.200)	-	-
5		(1.200)	-	-	(1.200)	-	(32.256)
6		(1.200)	-	-	(1.200)	-	(35.712)
7		(1.200)	-	-	(1.200)	-	(28.800)
8		(1.200)	-	-	(1.200)	-	(29.952)
9		(1.200)	-	-	(1.200)	-	(36.864)
10		(1.200)	-	-	(1.200)	-	(39.168)
11		(1.200)	-	-	(1.200)	-	(52.992)
12		(1.200)	-	-	(1.200)	-	(56.448)
13		(1.200)	-	-	(1.200)	-	(67.968)
14		(1.200)	-	-	(1.200)	-	(79.488)
15		(1.200)	-	-	(1.200)	-	(64.512)
16		(1.200)	-	-	(1.200)	-	(79.488)
17		(1.200)	-	-	(1.200)	(96.000)	(89.856)
18		(1.200)	-	-	(1.200)	(96.000)	(109.440)
19		(1.200)	-	-	(1.200)	(96.000)	(114.048)
20	Término das Obras	(1.200)	-	-	(1.200)	(96.000)	(107.136)
21	Pagamento final	-	-	-	-	-	-
21	Início assistência pós-obra	(1.200)	-	-	(1.200)	(96.000)	(70.272)
22		-	-	-	-	(96.000)	(57.600)
23		-	-	-	-	-	-
24		-	-	-	-	-	-
25		-	-	-	-	-	-
26		-	-	-	-	-	-
27		-	-	-	-	-	-
28		-	-	-	-	-	-
29		-	-	-	-	-	-
30		-	-	-	-	-	-
31		-	-	-	-	-	-
32	Término assistência pós-obra	-	-	-	-	-	-
32	Encerramento contrato	-	-	-	-	-	-

Fonte: Autor (2020)

O último quadro do fluxo de caixa, **Quadro 21**, demonstram os resultados com saldo mensal e acumulado de todas as despesas e receitas mês a mês ao longo do ciclo de vida do empreendimento, além do resultado antes dos impostos, a título de análise desse desembolso. Dessa forma, demonstram-se o enorme impacto do RET no empreendimento, sendo R\$1.152.000 a valor nominal e R\$1.046.000 a valor presente.

Quadro 21 – Fluxo de caixa de empreendimento residencial de 300UH - Parte 4

Período (Mês)	Evento	RESULTADOS		RESULTADOS (ANTES DOS IMPOSTOS)		
		Saldo	Saldo pós-Juros Acumulado	Saldo (Antes dos Impostos)	Saldo Acumulado (Antes dos Impostos)	Resultados (Antes dos Impostos)
	Total VP	1.648.795	1.664.062	2.694.835	2.597.157	2.694.835
	Total Nominal	2.054.454	2.054.454	3.206.454	3.206.454	3.206.454
1	Assinatura de contrato Início empreendimento	(126.880)	(126.880)	(126.880)	(126.880)	(126.880)
2	Disponibilidade recursos	(122.500)	(249.380)	(122.500)	(249.380)	(122.500)
3	Início das Obras	(953.639)	(1.203.019)	(953.639)	(1.203.019)	(953.639)
4		(214.323)	(1.417.342)	(214.323)	(1.417.342)	(214.323)
5		17.187	(1.400.155)	49.443	(1.367.899)	49.443
6		(181.430)	(1.581.585)	(145.718)	(1.513.617)	(145.718)
7		(159.879)	(1.741.464)	(131.079)	(1.644.696)	(131.079)
8		(32.952)	(1.774.416)	(3.000)	(1.647.696)	(3.000)
9		(250.587)	(2.025.003)	(213.723)	(1.861.419)	(213.723)
10		25.629	(1.999.374)	64.797	(1.796.622)	64.797
11		(125.398)	(2.124.772)	(72.406)	(1.869.028)	(72.406)
12		(64.457)	(2.189.229)	(8.008)	(1.877.036)	(8.008)
13		665.858	(1.523.370)	733.826	(1.143.210)	733.826
14		(10.745)	(1.534.116)	68.743	(1.074.468)	68.743
15		134.188	(1.399.928)	198.700	(875.767)	198.700
16		41.488	(1.358.440)	120.976	(754.791)	120.976
17		335.279	(1.023.160)	425.135	(329.656)	425.135
18		565.057	(458.104)	674.497	344.841	674.497
19		1.103.177	645.074	1.217.225	1.562.066	1.217.225
20	Término das Obras	434.452	1.079.525	541.588	2.103.654	541.588
21	Pagamento final Início assistência pós-obra	1.260.529	2.340.054	1.330.801	3.434.455	1.330.801
22		(165.600)	2.174.454	(108.000)	3.326.455	(108.000)
23		(12.000)	2.162.454	(12.000)	3.314.455	(12.000)
24		(12.000)	2.150.454	(12.000)	3.302.455	(12.000)
25		(12.000)	2.138.454	(12.000)	3.290.455	(12.000)
26		(12.000)	2.126.454	(12.000)	3.278.455	(12.000)
27		(12.000)	2.114.454	(12.000)	3.266.454	(12.000)
28		(12.000)	2.102.454	(12.000)	3.254.454	(12.000)
29		(12.000)	2.090.454	(12.000)	3.242.454	(12.000)
30		(12.000)	2.078.454	(12.000)	3.230.454	(12.000)
31		(12.000)	2.066.454	(12.000)	3.218.454	(12.000)
32	Término assistência pós-obra Encerramento contrato	(12.000)	2.054.454	(12.000)	3.206.454	(12.000)

Fonte: Autor (2020)

Esse fluxo de caixa com a demonstração das receitas e despesas ao longo do ciclo de vida do empreendimento resultou de maneira analítica no **Quadro 22**, onde é descrito a conta da entrada ou saída, o tipo de crédito ou despesa, o valor total nominal e valor total a valor presente (VP) com sua representatividade do Valor Geral de Vendas (VGV):

Quadro 22 – Resumo das contas do fluxo de caixa de empreendimento residencial de 300UH

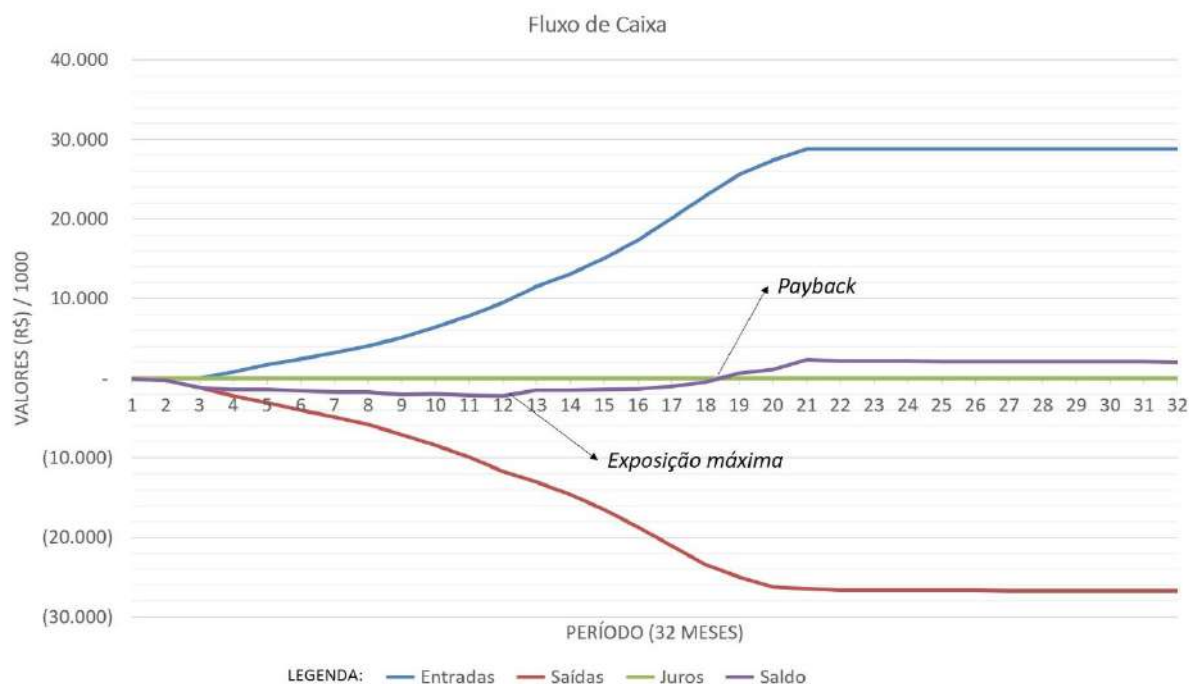
RESUMO DAS CONTAS DO FLUXO DE CAIXA				R\$/1000
Descrição da conta	Tipo	Total Nominal	Total VP	% VGV
Venda de Unidades	C	28.800	26.329	100,0%
Plano Minha Casa, Minha Vida	C	28.800	26.329	100,0%
Despesas c/ Financiamento	D	32	31	0,1%
Taxa Acomp. da Operação (TAO)	D	23	21	0,1%
Taxa análise proposta (TCCAP)	D	7	7	0,0%
Taxa viab tec eng (TCCLAE)	D	3	2	0,0%
Obra	D	24.985	23.096	86,8%
Custo de Obra Raso	D	22.360	20.582	77,6%
Assistência Pós-Obra	D	144	121	0,5%
Projeto	D	720	708	2,5%
Seguro	D	43	42	0,2%
Licenciamento	D	86	82	0,3%
Forma alumínio	D	1.632	1.561	5,7%
Outras Despesas	D	576	508	2,0%
Serviço social	D	576	508	2,0%
Impostos	D	1.152	1.046	4,0%
RET	D	1.152	1.046	4,0%
Saldo	C	2.054	1.649	7,1%

Fonte: Autor (2020)

Assim, da receita do negócio compreendida pelo VGV de R\$28.800.000,00 a valor nominal, as despesas com financiamento bancário correspondem a 0,1% desse valor, enquanto a obra diz respeito a 86,6%, a despesa com serviço social tem a representatividade de 2% e os impostos federais acumulados pelo RET com alíquota de 4% das receitas. O saldo final nominal ficou em R\$2.054.454,00, correspondente ao resultado do negócio para a construtora, ao passo que o saldo final a valor presente corresponde a R\$1.649.000,00, equivalente a um índice de 7,1% sobre o VGV.

De forma ilustrativa, o fluxo de caixa pode ser apresentado a partir do **Gráfico 17**, onde o eixo X representa o período em meses (intervalo de 32 meses correspondente ao ciclo de vida do empreendimento), o eixo Y corresponde aos valores em reais das despesas ou receitas sob o ponto de vista da construtora, a curva azul indica as entradas (receitas), a curva vermelha faz referência às saídas (despesas), a curva roxa se relaciona ao saldo acumulado entre as entradas e saídas mês a mês e a linha verde representa a taxa de juros do negócio, que no caso específico corresponde à TMA que é constante:

Gráfico 17 – Fluxo de caixa do empreendimento conceitual



Fonte: Autor (2020)

Do fluxo de caixa é visto que, mesmo sendo um empreendimento de caráter social e com verba pré-fixada no âmbito do PMCMV, a construtora (agente executor) precisa ter capital de giro para realizar o empreendimento, já que os pagamentos da CEF (agente operador) pelos serviços executados na obra são creditados no mês seguinte à aferição da medição desses serviços executados e não acompanham o comprometimento de pagamento que a construtora precisa fazer aos fornecedores de materiais, prestadores de serviços, subempreiteiros, mão de obra, equipamentos, licenças de obras e afins, além do recolhimento de impostos federais.

Embora existam meses em que a receita seja maior do que a despesa, como no caso dos meses 5, 10, 13, 15, 16, 17 e 18 indicados no **Quadro 21**, o saldo acumulado do fluxo de caixa desses mesmos meses é deficitário, pois já houve pagamento de despesas em períodos anteriores, os quais não foram completamente ressarcidos. Esse saldo negativo acumulado percorre o fluxo de caixa até o décimo oitavo mês, quando acontece o *pay-back*, ou seja, o pagamento do investimento, quando a partir desse momento, no mês seguinte, ou seja, no mês 19, o fluxo de caixa se torna positivo e não voltará a ficar negativo no seu valor acumulado.

Verifica-se que o décimo segundo mês do ciclo de vida do empreendimento é aquele com o valor do saldo acumulado com maior valor negativo, no montante de

R\$2.189.229, isto é, maior exposição de caixa da empresa executora correspondente a 7,6% do valor total do empreendimento a valor nominal. Esse valor é maior que a margem de remuneração ao final do negócio. Dessa forma, para um empreendimento MCMV faixa 1 ser implementado, a construtora precisa ter recursos para investir no negócio correspondente no mínimo a essa exposição máxima de caixa. Logo, algo em torno de 10% do valor do contrato seria prudente, embora ainda com risco, o que valeria considerar destinar um valor de contingência como medida de segurança.

O fluxo de caixa permite ainda extrair resultados e indicadores técnico-financeiros após aplicado à taxa mínima de atratividade e calculado o VPL, de modo a avaliar por completo esse estudo do cenário dinâmico do negócio imobiliário a viabilidade e possibilidade de efetivação do ponto de vista da construtora. O **Quadro 23**, a seguir, apresenta todos esses indicadores de resultados.

No primeiro bloco desse quadro são mostrados os indicadores gerais como o Valor Geral de Vendas (VGV) em unidade nominal, bem como a receita total da venda das unidades habitacionais ao FAR aplicada a valor presente (VP), o investimento total da construtora ao empreendimento a VP (somatório de todas as despesas), o resultado total nominal (correspondente ao VGV menos as despesas em valor nominal), o resultado a valor presente líquido (VPL) mês a mês descontado pela TMA de 8,5%, e a exposição de caixa máxima aferida no 12º do fluxo de caixa (maior saldo negativo do ciclo de vida do empreendimento). Os círculos verdes ao lado do resultado VPL e Receita total nominal indicam que o empreendimento conceitual teve resultado positivo, pois ficou acima de zero.

No segundo bloco desse quadro apresenta-se os índices financeiros como a margem (VPL / receita), o ROE (VPL / exposição máxima), o ROI (VPL / investimento total), a TIR e o mês do *payback*.

A margem diz respeito ao índice de lucratividade do negócio, o qual está abaixo da meta de 10% (que pode variar de construtora para construtora, mas que é um valor considerado conservador para esse tipo de negócio), razão pelo sinalizador do círculo vermelho. Naturalmente, para este índice, quanto maior, mais rentável é o negócio.

O ROE é a sigla de *Return of Equity*, ou em tradução literal Retorno do Patrimônio, o qual indica que o resultado do VPL é maior que zero e ainda, no caso deste empreendimento conceitual, consegue cobrir 75% da exposição de caixa do negócio. Estabeleceu-se como limite aceitável para este tipo de negócio o ROE de

70%, o que demonstra que este empreendimento conceitual está acima dessa estimativa, razão para o sinalizador na cor verde. Assim, o ROE identifica negócios com potencial de gerar patrimônio, e quanto maior o índice, melhor o negócio.

Já o ROI é a sigla de *Return of Investment*, cuja tradução literal seria Retorno do Investimento. Em relação a esse índice, estipulou-se arbitrariamente para negócios imobiliários dessa natureza que seja maior que 20% e, neste estudo, está bastante abaixo disso. Assim, isso significa que o resultado do negócio é pequeno diante do esforço empreendimento, pela longa exposição de caixa e pelo investimento realizado. Quanto maior o ROI, melhor o resultado do negócio.

A taxa interna de retorno - TIR é um conceito de análise financeira para investimentos, a qual tem por objetivo zerar o VPL e sua diferença para a TMA é a rentabilidade hipotética do investidor (BOGGISS, *et al.*, 2013). De modo geral, quanto maior a TIR em relação a TMA, maior a rentabilidade ao investidor, o que pode indicar um negócio em potencial. A TIR é usada quando o fluxo de caixa é contínuo sem variação de valor positivos e negativos do fluxo de caixa. A fórmula matemática que representa a TIR é expressa pela **equação (4)** a seguir:

(4)

$$\sum_{i=1}^n \frac{FC_i}{(1 + TIR)^i} - I = 0$$

Sendo:

FC = Fluxo de caixa

TIR = Taxa interna de retorno

I = investimento inicial

i = período de cada investimento

n = período final do investimento

No caso em questão, o resultado VPL do negócio está acima de zero, representando que o empreendimento superou o desconto da TMA e gera lucro. Dessa forma, ao se calcular a TIR, seu resultado também supera a TMA, refletindo, portanto, em potencial rentabilidade financeira ao negócio. O sinalizador verde no quadro demonstra que a TIR ultrapassou o limite da TMA, o que é desejado ao negócio.

No terceiro bloco são apresentados indicadores relativos à construção como o custo da unidade habitacional nominal e a VP (resultado da divisão do investimento

pela quantidade de unidades habitacionais do empreendimento), o preço do VPL / m² e o valor do investimento / m². Esses indicadores permitem analisar o quanto custa de fato cada unidade habitacional seja em valor nominal quanto com desconto a VP, bem como o quanto se gera de resultado a VP por m² construído e o que precisa investir (despesas) por m² construído.

Quadro 23 – Resultado financeiro do estudo de viabilidade no cenário dinâmico do empreendimento de 300 UH na Faixa 1 do PMCMV

INDICADORES GERAIS (considerado TMA=8,50%)			
<i>Indicador</i>	<i>Valor</i>	<i>Sinalizador</i>	<i>Limite estimado</i>
VGV nominal	28.800.000		
Receita total a VP	26.329.405		
Investimento Total a VP	24.680.611		
Resultado total nominal	2.054.454	●	0,00
Resultado VPL	1.648.795	●	0,00
Exposição Máxima (12º mês)	2.189.229		
ÍNDICES FINANCEIROS (considerado TMA=8,50%)			
<i>Indicador</i>	<i>Valor</i>	<i>Sinalizador</i>	<i>Limite estimado</i>
VPL / Receita (Margem)	6,26%	●	10,00%
VPL / Exp. Máxima (ROE)	75,30%	●	70,00%
VPL / Inv. Total (ROI)	6,68%	●	20,00%
TIR (a.a.)	82,55%	●	8,50%
Pay-Back	18º mês		
INDICADORES DA CONSTRUÇÃO (considerado TMA=8,50%)			
<i>Indicador</i>	<i>Valor</i>		
Custo da Unidade Habitacional nominal	89.152		
Custo da Unidade Habitacional a VP	82.269		
VPL / m ² Construído	90,95		
Investimento Total / m ² Construído	1.361,37		

Fonte: Autor (2020)

Desse **Quadro 23**, conclui-se que um empreendimento residencial de 300 UH no âmbito do PMCMV da faixa 1 construído em regiões capital de DF, MG, RJ e SP possui potencial de rentabilidade à construtora. Apesar disso, os indicadores são conservadores, o que reflete um alto risco ao negócio, já que ao longo do desenvolvimento do empreendimento pode existir variações do custo dos insumos, dissídios de mão de obra, adversidades como crise econômica e demora no repasse das medições da CEF à construtora.

Como o preço final da unidade habitacional é fixo e sem reajustes, a única variante para manter o resultado positivo que pode ser aprimorada é o custo de obra raso (COR). Dessa forma, realizou-se a partir do estudo do cenário dinâmico do fluxo de caixa a análise de sensibilidade dos resultados mediante redução e aumento do COR em taxas de 5%, 10% e 15%. O **Quadro 24** a seguir indica o comportamento dos resultados e indicadores com essa variação do custo de obra raso:

Quadro 24 – Análise de sensibilidade dos resultados com variação do custo de obra raso

Resultados e Indicadores	Limite Estimado (meta)	Variação do custo de obra raso (-15,00% a 15,00%)						
		-15,00%	-10,00%	-5,00%	0,00% (cenário atual)	5,00%	10,00%	15,00%
		1.048,37/m ² AEQ 1.335,45/m ² Área Privat.	1.110,04/m ² AEQ 1.414,01/m ² Área Privat.	1.171,71/m ² AEQ 1.492,56/m ² Área Privat.	1.233,38/m ² AEQ 1.571,12/m ² Área Privat.	1.295,04/m ² AEQ 1.649,68/m ² Área Privat.	1.356,71/m ² AEQ 1.728,23/m ² Área Privat.	1.418,38/m ² AEQ 1.806,79/m ² Área Privat.
Resultado total Nominal	> 0	5.408.494	4.290.480	3.172.467	2.054.454	936.440	-181.573	-1.299.586
Resultado VPL	> 0	4.736.025	3.706.948	2.677.871	1.648.795	619.718	-409.359	-1.438.436
Exposição Máxima	< melhor	1.261.870	1.501.306	1.740.742	2.109.229	2.567.219	2.981.399	3.552.821
Investimento Total a VP	< melhor	21.593.381	22.622.457	23.661.534	24.680.611	25.709.687	26.738.764	27.767.841
VPL / Receita (Margem)	> 10%	17,99%	14,06%	10,17%	6,26%	2,35%	-1,55%	-5,40%
VPL / Exp. Máxima (ROE)	> 70%	376,32%	246,91%	153,84%	77,30%	24,23%	-13,73%	-40,40%
VPL / Inv. Total (ROI)	> 20%	21,93%	16,39%	11,32%	6,68%	2,41%	-1,53%	-5,18%
TIR (a.a.)	> TMA (0,5%)	332,61%	228,28%	140,50%	82,55%	32,82%	-5,50%	-34,83%
Pay-Back	< melhor	13º mês	15º mês	17º mês	18º mês	20º mês	N/D	N/D

Fonte: Autor (2020)

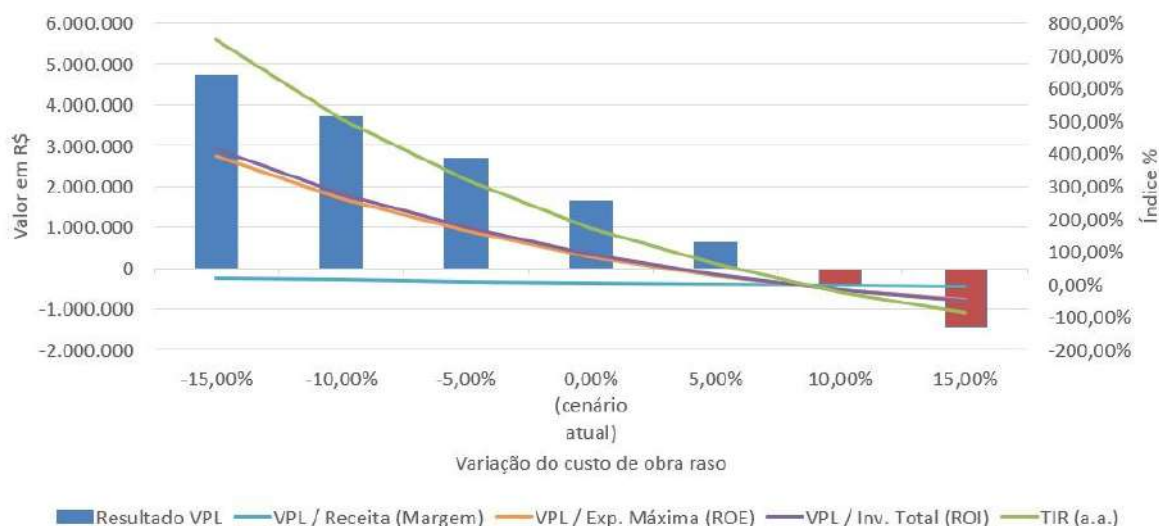
Percebe-se, a partir disso, que uma redução de 5% do COR, de 1.233,38/m² para R\$1.171,71m², proporciona um resultado tanto no valor nominal quanto a VP de 1 milhão de reais, a exposição de caixa também é impactada de forma benéfica em aproximadamente R\$400.000 assim como todos os outros indicadores, inclusive o *payback* que é atingido no 17º mês, ou seja um 1 mês a menos que a projeção inicial. Tal positividade é extremamente vantajosa ao analisar a redução do COR em 10% e mais ainda com 15%.

Por outro lado, se o custo de obra raso for aumentado em 5%, o resultado nominal e a VP despenca mais de 1 milhão de reais e todos os outros indicadores ficam comprometidos, com exceção da TIR, já que o VPL ainda está acima de zero. O *payback* também avança por mais dois meses, sendo atingindo apenas no 20º mês. A partir de aumento de 10% do COR o empreendimento apresenta prejuízos e todas as projeções de resultado e indicadores são negativas.

De modo geral, o resultado a valor presente líquido e seus indicadores obedecem a uma curva descendente a partir do menor custo de obra raso para o

maior custo de obra raso, conforme demonstrado no **Gráfico 18** que combina o resultado VPL e os indicadores correspondentes a Margem, ROE, ROI e TIR:

Gráfico 18 – Análise do resultado VPL e indicadores com variação do custo de obra raso



Fonte: Autor (2020)

Logo, para este tipo de negócio imobiliário, de construção de habitação de interesse social, cujo custo de construção compreende cerca de 94% de todas as despesas, o planejamento adequado e o controle da execução da obra são fundamentais para o sucesso do empreendimento. As práticas da filosofia Lean Construction e da metodologia BIM se apresentam, dessa forma, como elementos de gestão, planejamento e controle ao longo do desenvolvimento do empreendimento. Ambos os conceitos interagem desde a análise de terreno, seleção do sistema construtivo, desenvolvimento e coordenação de projetos, extração de quantitativos, elaboração de orçamento e planejamento executivo, bem como durante a execução de obra e entrega do produto.

CÁPITULO 4

4. CONCLUSÃO

4.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente dissertação teve por objetivo investigar a bibliografia dos conceitos *Building Information Modeling* (BIM), *Lean Construction* (LC) e o tema da habitação, relacionando os dois primeiros com o desenvolvimento habitacional brasileiro, de modo a analisar suas contribuições para este último.

Para tanto, realizou-se contextualização da questão da habitação, com desdobramento dos conceitos de déficit habitacional e inadequação de domicílios, avaliação dessas deficiências habitacionais no Estado do Rio de Janeiro, e explanação da política pública sobre habitação a nível nacional. Nesse ponto, explorou-se o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), identificando sua abrangência, realizações, objetivos, recursos disponibilizados, partes interessadas que circulam ao longo do ciclo de vida dos empreendimentos e dos agentes incumbidos de organizá-los, fomentá-los e realizá-los.

Notou-se também que o déficit habitacional não foi reduzido ao longo da vigência do PMCMV, sendo, contudo, relativamente estabilizado, já que no período de avaliação houve acréscimo de apenas 1,3%. Não obstante, o número total de domicílios no âmbito do déficit habitacional chega a cerca de 6,5 milhões, o que indica uma desigualdade substancial na sociedade brasileira.

Quando da análise da questão da habitação no cenário da cidade do Rio de Janeiro, verificou-se que existe 46 Km² de território caracterizado por aglomerações subnormais, isto é, favelas. Nessa região estima-se um domicílio a cada 106m² de área no solo. Comparativamente, em um empreendimento imobiliário no âmbito da faixa 1 (famílias de renda mensal de até R\$1.800,00) do PMCMV é possível, como demonstrado no projeto conceitual, obter uma unidade habitacional a cada 31,85m² de terreno. Portanto, esse tipo de empreendimento residencial tem potencial para maximizar o uso e ocupação do território, que mesmo a uma taxa maior de domicílios por área, oferece qualidade de vida superior à população brasileira.

O setor da construção civil, contudo, em relação aos demais setores da economia apresenta os piores índices de produtividade, o que levanta aumento de

custo e incertezas aos empreendimentos residenciais, além dos riscos intrínsecos das políticas habitacionais nacionais.

Algumas iniciativas como uso de tecnologia e métodos de gestão auspiciam uma mudança neste paradigma de improdutividade da construção. Destacam-se, assim, para maximizar a construção de empreendimentos residenciais as soluções aderentes ao conceito *Building Information Modeling* (BIM) e ao *Lean Construction* (LC). O BIM relaciona-se com a gestão da informação da construção enquanto o LC com sistema de produção enxuto.

Contextualizou-se o LC através da apresentação de sistemas de produção onde os princípios enxutos se relacionam. Traçou-se uma linha do tempo com indicação de cada tipo de sistema, focando nos princípios *Lean Construction*, que estabelecem práticas para processos de fluxos, processos de geração de valor, resolução de conflitos e desenvolvimento de parcerias no âmbito da construção civil.

Explorou-se o conceito BIM no que diz respeito aos sistemas para desenvolvimento de projetos e planejamento de edifícios habitacionais, onde essa metodologia tem o seu principal expoente, embora ela tenha influência ao longo de todo o ciclo de vida do empreendimento, isto é, do estudo de viabilidade, passando pela elaboração do projeto do produto, execução da obra e finalmente à operação do empreendimento, com a habitação dos moradores. A metodologia BIM, em última instância, concatena pessoas, tecnologia e processos para formar procedimentos que maximizam a indústria da construção civil ao criar um ambiente virtual que pode ser usado de diversas maneiras, seja na prototipagem virtual, na aferição de custos, planejamento e execução de obras.

Diante disso, apresentou-se um cruzamento de inter-relações entre os princípios LC e as funções BIM, cujo resultado pode contribuir positivamente no âmbito da indústria da construção civil, principalmente no setor de desenvolvimento imobiliário habitacional, ao indicar 46 potencialidades de se usar ambos os conceitos.

Para analisar a contribuição da metodologia BIM e da filosofia *Lean Construction* foi desenvolvido projeto arquitetônico conceitual sob as premissas da faixa 1 do PMCMV, utilizando *softwares* e diretrizes do conceito BIM, assim como de princípios de LC.

A partir de modelo BIM, foi possível visualizar virtualmente as intenções projetuais, simular ambientes de acordo com premissas de conforto ambiental e extrair

quantitativos do projeto, os quais foram usados para calcular os custos de construção e estabelecer o orçamento preliminar do empreendimento. Isso possibilitou realizar a análise a viabilidade imobiliária do empreendimento.

Dessa avaliação dos custos do cenário estático, ou seja, sem considerar a variável tempo, verificou-se que o empreendimento conceitual é viável sob o ponto de vista econômico, embora apresente resultado conservador ao empreendedor, proporcionando riscos ao negócio.

Quando se expande a análise de viabilidade técnico-econômica ao longo do ciclo de vida do empreendimento, ou seja, cenário dinâmico com a variável tempo, verifica-se que os indicadores apresentam índices e números maiores, de modo geral, do que a meta estabelecida para o estudo. Isso corrobora para a viabilidade financeira do negócio. Todavia, a matriz de riscos do empreendimento residencial da faixa 1 do PMCMV continua altamente volátil, já que em uma simulação de aumento do custo de obra raso, o principal gerador de despesa do negócio e o mais incerto devido a sua composição (mão de obra, materiais, equipamentos), a construtora responsável por sua execução terá prejuízos.

Portanto, tendo em vista que o PMCMV estabelece preço máximo não reajustável para contratação de unidades habitacionais da faixa 1, os agentes executores, isto é, as construtoras que atuam nesse segmento, precisam estabelecer mecanismos para reduzir as despesas do negócio, principalmente o custo de obra. Nesse sentido, a filosofia de construção enxuta – *Lean Construction* tem potencial de maximizar a construção, com controle dos custos de obra, ao apresentar formas de planejar e controlar o empreendimento como através do sistema *Last Planner*. A modelagem da informação da construção – BIM uma vez adotada também proporciona benefícios, ao subsidiar a gestão da informação ao longo dos trabalhos de projeto (design), execução (obra) e operação (pós-ocupação), ou seja, em todas as etapas do ciclo de vida do empreendimento.

Por fim, políticas públicas habitacionais a nível nacional, como o PMCMV ou outro sucessor, são importantes ferramentas para tratar o déficit habitacional brasileiro. As partes envolvidas pela gestão, operação e execução devem estar aderentes entre si para maximizar as construções e beneficiar as famílias mais vulneráveis economicamente.

4.2. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTURO

Como sugestão para trabalhos futuros, pode-se realizar estudo de caso com avaliação da aderência dos princípios *Lean Construction* na execução de empreendimento residencial, o qual tenha sido projetado usando as ferramentas da metodologia BIM. A interação entre ambos os conceitos pode ser medida para verificar quais funções e princípios podem ser aprimorados.

De tal forma, a análise dos impactos dessa inter-relações LC e BIM nos critérios de custo, prazo e qualidade pode determinar diretrizes para a concepção de uma metodologia para o uso contínuo no desenvolvimento de empreendimentos residenciais.

Além disso, pode-se simular projetos conceituais com outras quantidades de unidades habitacionais, assim como o uso de outros sistemas construtivos de modo a avaliar a viabilidade técnico-econômica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDI. **A Implantação de Processos BIM**. 1ª. ed. Brasília: ABDI, v. I, 2017.
- ABDI. **Avaliação de desempenho energético em Projetos BIM**. 1ª. ed. Brasília: ABDI, v. II, 2017.
- ABDI. **Classificação da Informação no BIM**. 1ª. ed. Brasília: ABDI, v. III, 2017.
- ABDI. **Contratação e elaboração de projetos BIM na arquitetura e engenharia**. 1ª. ed. Brasília: ABDI, v. IV, 2017.
- ABDI. **Processo de Projeto BIM**. 1ª. ed. Brasília: ABDI, v. V, 2017.
- ABNT. **ABNT NBR 6492 – Representação de projetos de arquitetura**. Rio de Janeiro. 1994.
- ABNT. **NBR 12721 – Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edilícios — Procedimento**. Rio de Janeiro, p. 94. 2007.
- ABNT. **NBR 15873 – Coordenação Modular**. Rio de Janeiro. 2010.
- ABNT. **NBR 15965-1 – Sistema de classificação da informação da construção. Parte 1: Terminologia e estrutura**. Rio de Janeiro. 2011.
- ABNT. **NBR 15965-2 – Sistema de classificação da informação da construção. Parte 2: Características dos objetos da construção**. Rio de Janeiro. 2012.
- ABNT. **NBR 16055 – Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações — Requisitos e procedimentos**. Rio de Janeiro. 2012.
- ABNT. **NBR 15575 – Edificações Habitacionais – Desempenho**. Rio de Janeiro. 2013.
- ABNT. **NBR 15965-3 – Sistema de classificação da informação da construção. Parte 3: Processos da construção**. Rio de Janeiro. 2014.
- ABNT. **NBR 15965-7 – Sistema de classificação da informação da construção. Parte 7: Informação da construção**. Rio de Janeiro. 2015.
- ABNT. **NBR 9050 – Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**. Rio de Janeiro. 2015.
- ABNT. **NBR ISO 12006-2 – Construção de edificação - Organização de informação da construção. Parte 2: Estrutura para classificação**. Rio de Janeiro. 2018.

ABREU, M. D. A. **A evolução urbana do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: IPP, 2008.

AISH, R. **Building Modelling - The Key to Integrated Construction CAD**. CIB 5th International Symposium on the Use of Computers for Environmental Engineering related to Building. Bath. 1986.

AMORIM, S. R. L. **Gerenciamento e coordenação de projetos BIM - um guia de ferramentas e boas práticas para o sucesso de empreendimento**. 1ª. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

ANDRADE, M. L. V. X.; RUSCHEL, R. C. **Interoperabilidade de aplicativos BIM usados em arquitetura por meio do formato IFC**. Gestão e Tecnologia de Projetos. São Paulo, p. 76-111. 2009.

ASBEA. **Guia AsBEA Boas Práticas em BIM**. São Paulo. 2013.

ASSEMBLÉIA GERAL DA ONU. **Declaração Universal dos Direitos Humanos**. Paris. 1948.

AUTODESK. **Introdução ao BIM**. 1ª. ed. São Rafael: AUTODESK, 2017.

BALLARD, G. **The Last Planner**. Lean Construction Institute. Berkeley. 1994.

BALLARD, G.; HOWELL, G. **Shielding Production - Essential Step in Production Control**. Journal of Construction Engineering and Management. [S.I.], p. 11-17. 1998.

BERNSTEIN, P.; DEAMER, P. **Building (in) the Future: Recasting Labor in Architecture**. 1ª. ed. Nova York: Princeton Architectural Press, 2010.

BOGGISS, G. J. et al. **Matemática Financeira**. 11ª. ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2013.

BONDUKI, G. N. **Origens da habitação social no Brasil**. Análise social. [S.I.], p. 711-732. 1994.

BONDUKI, G. N. **Do Projeto Moradia ao programa Minha Casa, Minha Vida**. Teoria e debate, nº 82. [S.I.]. 2009.

BRASIL. **Lei 4.380 - Institui o Sistema Financeiro Habitacional**, Brasília, 21 agosto 1964.

BRASIL. **Lei 4.591 - Condomínio em edificações e as incorporações imobiliárias**, Brasília, 16 dezembro 1964.

BRASIL. **Constituição Federal**, Brasília, outubro 1988.

BRASIL. **Lei 8.036 - Dispõe sobre o Fundo de Garantia do Tempo de Serviço**, Brasília, 11 maio 1990.

BRASIL. **Lei 8.666 - Lei Geral de Licitação e Contratos com a Administração Pública**, Brasília, 21 Junho 1993.

BRASIL. **Lei 10.257 - Estatuto das Cidades**, Brasília, 10 julho 2001.

BRASIL. **Lei 10.931 - Patrimônio de afetação de incorporações imobiliárias e dá outras providências**, Brasília, 2 agosto 2004.

BRASIL. **Lei 11.977 - Programa Minha Casa, Minha Vida – PMCMV**, Brasília, 7 julho 2009.

BRASIL. **Lei 12.462 - Regime Diferenciado de Contratações Públicas**, Brasília, 04 agosto 2011.

BRASIL. **Decreto 7.983 - Estabelece regras e critérios para elaboração do orçamento de referência de obras e serviços de engenharia, contratados e executados com recursos dos orçamentos da União, e dá outras providências**, Brasília, 8 Abril 2013.

BRASIL. **Decreto 9.377 - Estratégia BIM**, Brasília, 17 maio 2018.

BRASIL. **Decreto 9.983 - Estratégia disseminação BIM**, Brasília, 22 agosto 2019.

BRASIL. **Lei 13.970 - Altera a Lei nº 10.931, que dispõe sobre o patrimônio de afetação de incorporações imobiliárias, e a Lei nº 12.024, , que dispõe sobre o tratamento tributário no âmbito do PMCMV**, Brasília, 26 Dezembro 2019.

BRASIL. **Decreto 10.306 - Estratégia BIM BR**, Brasília, 04 abril 2020.

BRASIL, MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Política Nacional de Habitação. Cadernos M.Cidades nº 4**. Brasília: [s.n.], 2005.

BRASIL, MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Sistema nacional de avaliação técnica de produtos inovadores e sistemas convencionais - SiNAT**, Brasília, I, 2016. 28.

BRASIL, MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Instrução Normativa 43 de 31 de Dezembro de 2018 - Regulamenta o Programa de Crédito Associativo**, Brasília, 2018.

BRASIL, MINISTÉRIO DAS CIDADES. Portaria 114. **Dispõe sobre as condições gerais para aquisição de imóveis PMCMV**, Brasília, 9 Fevereiro 2018.

BRASIL, MINISTÉRIO DAS CIDADES. Portaria 660. **Dispõe sobre as diretrizes para elaboração de projetos e dá outras providências**, Brasília, 14 Novembro 2018.

BRUM, M. S. **Cidade Alta - História, memórias e estigma de favela num conjunto habitacional do Rio de Janeiro**. Niterói: Tese de Doutorado em História Social/PPGH-UFF, 2011.

CARDOSO, A. L.; ARAGÃO, T. A.; ARAUJO, F. D. S. **Habitação de interesse social: política ou mercado? Reflexos sobre a construção do espaço metropolitano**. Anais do XIV ENCONTRO NACIONAL DA ANPUR. Maio de 2011. Rio de Janeiro. 2011.

CARDOSO, A. L.; LAGO, L. C. D. **Avaliação do Programa Minha Casa Minha Vida na região metropolitana do Rio de Janeiro: impactos urbanos e sociais - Relatório final**. Rio de Janeiro. 2015.

CBIC. **Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras**. 1ª. ed. Brasília: CBIC, v. I, II, III, IV, V e VI, 2016.

CHECCUCCI, É. D. S. Teses e dissertações brasileiras sobre BIM: uma análise do período de 2013 a 2018. **PARC - Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, v. 10, n. e019008, fevereiro 2019.

CÔRREA, R. L. **O Espaço Urbano**. 1ª. ed. São Paulo: Ática, 1989.

DRUCKER, P. F. **Concept of the Corporation**. [S.l.]: [s.n.], 1946.

EASTMAN, C. M. **The Use of Computers Instead of Drawings in Building Design**. AIA Journal. [S.l.]. 1975.

EASTMAN, C. M. **Prototype integrated building model**. Computer-Aided Design. [S.l.], p. 115-119. 1980.

EASTMAN, C. M. et al. **BIM Handbook - A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors**. 1ª. ed. Nova Jersey: John Wiley and Sons, 2008.

ENGELS, F. **Sobre a Questão da Moradia**. Tradução de Nélio Schneider. 1ª. ed. São Paulo: Boitempo Editorial, 2015.

ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Decreto 15.122 - Aprova o Estatuto da da Empresa de Obras Públicas do Estado do Rio de Janeiro - EMOP**, Rio de Janeiro, 09 julho 1990.

FAYOL, J. H. **Administração Industrial e Geral**. 10^a. ed. Rio de Janeiro: Atlas, 1990.

FERNANDES, F. **A integração do negro na sociedade de classes**. 3^a. ed. São Paulo: [s.n.], v. I, 1978.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Déficit habitacional no Brasil 2007**. 1^a. ed. Belo Horizonte: FJP, v. VI, 2009.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Déficit habitacional no Brasil 2015**. 1^a. ed. Belo Horizonte: FJP, v. XII, 2018.

GASPAR, J. A. D. M.; RUSCHEL, R. C. **A evolução do significado atribuído ao acrônimo BIM: Uma perspectiva no tempo**. SIGraDi 2017, XXI. [S.I.]. 2017.

GOLDMAN, P. **Viabilidade de Empreendimentos Imobiliários. Modelagem Técnica, Orçamento e Riscos de Incorporação**. 1^a. ed. São Paulo: Pini, 2014.

GRUBER, T. R. **A Translation Approach to Portable Ontology Specifications**. Knowledge Systems Laboratory Technical Report KSL. Palo Alto. 1993.

HAMMER, M.; STANTON, S. **How Process Enterprises Really Work**. Harvard Business Review. Cambridge. 1999.

HOWELL, G. A. **What is Lean Construction**. Proceedings IGLC. Berkeley. 1999.

IBGE. **Pesquisa nacional por amostra de domicílios: síntese de indicadores 2015**. IBGE. Rio de Janeiro. 2016.

IBGE. **Pesquisa Anual da Indústria da Construção - PAIC 2017**. IBGE. Rio de Janeiro, p. 1-35. 2019. (ISSN 0104-3412).

IPEA. **Infraestrutura social e urbana no Brasil: subsídios para uma agenda de pesquisa e formulação de políticas públicas**. Brasília: Pesquisa Econômica Aplicada, v. 2, 2010.

ISO. **12006-2 Building construction — Organization of information about construction works — Part 2: Framework for classification**. International Organization for Standardization. Genebra. 2015.

ISO. **16739: Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries — Part 1: Data schema**. International Organization for Standardization. Genebra. 2018.

KOSKELA, L. **Application of the New Production Philosophy to Construction**. Center for Integrate Facility Engineering. Palo Alto. 1992.

KOSKELA, L. **Management production in construction - A theoretical view**. IGLC. [S.I.], p. 241-252. 1999.

KRAFCEK, J. F. **Triumph of the Lean Production System**. Sloan Management Review. Cambridge. 1988.

KRUPKA, D. C. Time as a primary system metric. In: HEIM, J. A.; COMPTON, W. D. **Manufacturing systems: foundations of world-class practice**. Washinton, D.C.: National Academy Press, 1992. p. 166-172.

LOCKE, J. **Segundo Tratado sobre Governo Civil**. Tradução de Marsely de Marco Dantas. 1ª. ed. São Paulo: Edipro, 2014.

MACLEAMY, P. **Bim-Bam-Boom! How to Build Greener Highperformance Buildings**. [S.I.]: HOK Renew, 2010.

MASCARÓ, J. L. **Custos de infraestrutura - um ponto de partida para o desenho econômico**. Tese doutorado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo. 1979.

MASCARÓ, J. L. **O Custo das Decisões Arquitetônicas**. 5ª. ed. Porto Alegre: Masquatro, 2010.

MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE. **Reinventing Construction: a route to higher productivity**. Nova York: MGI, 2017.

MELLO, L. C. B. D. B.; AMORIM, S. R. L. **O subsector de edificações da construção civil no Brasil - uma análise comparativa em relação à União Europeia e aos Estados Unidos**. Production. São Paulo, p. 388-399. 2009.

MONGE, R. **Apresentação sobre parede de concreto**. Associação Brasileira de Cimento Portland - ABCP. Rio de Janeiro. 2019.

MRV ENGENHARIA. **Relatório anual aos acionistas**. Belo Horizonte. 2018.

NEDERVEEN, G. A.; TOLMAN, F. P. **Modelling multiple views on buildings**. Automation in Construction. [S.I.], p. 2015-224. 1992.

NEMETSCHKE GROUP. Vectorworks History. **Vectorworks**, 2019. Disponível em: <<https://www.vectorworks.net/company/history>>. Acesso em: 06 Julho 2019.

NETO, G. D. A.; ZMITROVICZ, W. **Infraestrutura urbana**. São Paulo: [s.n.], 1997.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. 1ª. ed. Porto Alegre: Bookman, 1997.

PAULSON, B. C. **Designing to reduction construction costs**. Journal of the construction division. San Diego, p. 587-592. 1976.

PBQP-H, SINAT. **Diretriz para avaliação técnica de produtos**. Secretária Nacional da habitação. Brasília. 2017. (Nº001).

PBQP-H, SINAT. **Sistema construtivo a seco SAINT-GOBAIN - Light Steel Frame**. IPT. Brasília, p. 1-21. 2018a. (DATec nº 014-B).

PBQP-H, SINAT. **Sistema estruturado em peças leves de madeira maciça serrada Tecverde Light Wood Framing**. Falcão Bauer. Brasília, p. 1-49. 2018b. (DATec nº 020 C).

PBQP-H, SINAT. **Sistema de paredes DPB de painéis nervurados pré-fabricados de concreto armado**. IPT. Brasília, p. 1-20. 2018c. (DATec nº 024-B).

PBQP-H, SINAT. **Paredes estruturais Tecnometa de concreto leve armado moldadas no local com adição de fibras de polipropileno e armadura galvanizada**. Falcão Bauer. Brasília, p. 1-25. 2018d. (DATec nº 026 A).

PBQP-H, SINAT. **Paredes moldadas no local de concreto reforçado com fibra de vidro (CRFV) MRV**. IPT. Brasília, p. 1-14. 2018e. (DATec nº 035).

PBQP-H, SINAT. **Painéis estruturais pré-moldados Casa Express, mistos de concreto armado e lajotas cerâmicas - Tipo A**. Falcão Bauer. Brasília, p. 1-26. 2019. (DATec nº 023-B).

PBQP-H, SINAT. **Sistema Construtivo Bazze PVC de Paredes Constituídas de Painéis de PVC Rígido Preenchidos com Concreto**. Tesis. Brasília, p. 1-59. 2019. (DATec nº 037).

PCRJ. **Decreto 15.307 - Dispõe sobre a implantação na Administração Municipal de Sistema de Custos para Obras e Serviços de Engenharia (SCORIO) e dá outras providências**, Rio de Janeiro, 29 Novembro 1996.

PMI. **Um Guia do conhecimento em gerenciamento de projetos PMBOK**. 6ª. ed. Filadélfia: Project Management Institute, 2018.

RAIMUNDO, P. V. D. S.; NETO, L. F. **Um estudo dos indicadores de infraestrutura**. [S.l.]: [s.n.], 2011.

ROSS, D. T. **Computer-Aided Design - A Statement of Objectives**. Technical Memorandum 8436-TM-4. Cambridge. 1960.

- SACHS, J. **IBM PC e seus compatíveis - Guia do usuário**. São Paulo. 1986.
- SACKS, R.; KOSKELA, L. **The Interaction of Lean and Building Information Modeling**. Journal of Construction Engineering and Management. Reston, p. 1-24. 2009.
- SINDUSCON-RJ. **Custos Unitários Básicos de Construção (CUB) - RJ - Out/2019**. Rio de Janeiro. 2019.
- SLACK, N. et al. **Administração da Produção**. Tradução de Daniel Vieira. 8ª. ed. São Paulo: Atlas, 2018.
- SLOAN, A. P. **Minha vida na General Motors**. 1ª. ed. Rio de Janeiro: Record, 1965.
- SLOB, B. **Do barraco para o apartamento - A “humanização” e a “urbanização” de uma favela situada em um bairro nobre do Rio de Janeiro**. 1ª. ed. Niterói: Trabalho de conclusão de curso, Universidade de Leiden, Holanda, 2002.
- SMITH, A. **A Riqueza das Nações - uma Investigação Sobre a Natureza e as Causas da Riqueza das Nações**. Tradução de Getúlio Schanoski. 1ª. ed. Santana: Madras, 2009.
- SOUZA, U. E. L.; MORASCO, F. G.; RIBEIRO, G. N. B. **Manual básico de indicadores de produtividade na construção civil**. Brasília: CBIC, v. 1, 2017.
- SUCCAR, B. **Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders**. Automation in Construction. Newcastle, Austrália. 2008.
- TAYLOR, F. W. **The Principles of Scientific Management**. Nova York: Harper & Brothers, 1911.
- VALLADARES, L. P. **Passa-se uma casa - análise do programa de remoção de favelas do Rio de Janeiro**. 1ª. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1978.
- VIEIRA SOBRINHO, J. D. **Matemática Financeira**. 8ª. ed. São Paulo: Atlas, 2018.
- WEISBERG, D. E. **The Engineering Design Revolution - The People, Companies and Computer Systems That Changed Forever the Practice of Engineering**. [S.l.]: [s.n.], 2008. Disponível em: <<https://www.cadhistory.net/>>. Acesso em: 04 Agosto 2019.
- WOMACK, J. P. et al. **The machine that changed the world**. 1ª. ed. Nova York: Free Press, 1990.