

MANUAL DE ESTIMATIVA DE CUSTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL



Editora
Uema

SAMUEL CARLOS CAVALCANTE SILVA
FERNANDO JORGE CUTRIM DEMÉTRIO
EDUARDO AURÉLIO BARROS AGUIAR
JORGE CRESO CUTRIM DEMÉTRIO

MANUAL DE ESTIMATIVA DE CUSTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL



São Luís, 2025

© copyright 2025 by UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
Qualquer parte desta publicação pode ser reproduzida, desde que citada a fonte.
Todos os direitos desta edição reservados à EDITORA UEMA.

MANUAL DE ESTIMATIVA DE CUSTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

EDITOR RESPONSÁVEL

Jeanne Ferreira Sousa da Silva

CONSELHO EDITORIAL

Alan Kardec Gomes Pachêco Filho • Ana Lucia Abreu Silva
Ana Lúcia Cunha Duarte • Cynthia Carvalho Martins
Denise Maia Pereira • Eduardo Aurélio Barros Aguiar
Emanuel Cesar Pires de Assis • Fabíola Hesketh de Oliveira
Helciane de Fátima Abreu Araújo • Helidacy Maria Muniz Corrêa
Jackson Ronie Sá da Silva • José Roberto Pereira de Sousa
José Sampaio de Mattos Jr • Luiz Carlos Araújo dos Santos
Marcos Aurélio Saquet • Maria Medianeira de Souza
Maria Claudene Barros • Rosa Elizabeth Acevedo Marin
Wilma Peres Costa

Diagramação e Capa: Paul Philippe

M294 Manual de estimativa de custo na construção civil / organizadores Samuel Carlos Cavalcante Silva, Fernando Jorge Cutrim Demétrio, Eduardo Aurélio Barros Aguiar, Jorge Creso Cutrim Demétrio. – São Luís: EDUEMA, 2025.

56 p: il. color.

Livro digital

ISBN: 978-85-8227-648-8

1.Construção civil. 2.Custos. 3.Orçamentos. I.Silva, Samuel Carlos Cavalcante. II.Demétrio, Fernando Jorge Cutrim. III.Aguiar, Eduardo Aurélio Barros. IV.Demétrio, Jorge Creso Cutrim. V.Título

CDU: 69:657.31(035)

Elaborado por Cássia Diniz – CRB 13/910

EDITORA UEMA
Cidade Universitária Paulo VI - CP 09 Tirirical
CEP - 65055-970 São Luís – MA
www.editorauema.uema.br – editora@uema.br

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - PROJETOS PADRÃO.....	13
FIGURA 2 - PROJETOS PADRÃO CONFORME ABNT 12721/2006.....	13
FIGURA 3 - PROJETO BASE.....	20
FIGURA 4 - PADRÃO RESIDENCIAL (CUB/M ²).....	21
FIGURA 5 - CÁLCULO DO VÃO EFETIVO DAS VIGAS.....	26
FIGURA 6 - ESTIMATIVA DA ALTURA DAS VIGAS	27
FIGURA 7 - POSIÇÃO DOS PILARES	30
FIGURA 8 - CLASSIFICAÇÃO DOS PILARES.....	31
FIGURA 9 - CLASSIFICAÇÃO DOS PILARES E COEFICIENTES DE POSIÇÃO.....	32
FIGURA 10 - SEÇÃO DO PILAR.....	33
FIGURA 11 - CAPACIDADE DE CARGA DO PILAR	34
FIGURA 12 - TENSÃO X DEFORMAÇÃO DO AÇO	37
FIGURA 13 - ÁREA DE INFLUÊNCIA DOS PILARES.....	39
FIGURA 14 - CÁLCULO DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIAS.....	41
FIGURA 15 - CONDIÇÕES MÍNIMAS PARA B E H	43
FIGURA 16 - DIMENSÕES DOS PILARES.....	44
FIGURA 17 - SEÇÕES DO ELEMENTOS ESTRUTURAIS	46
FIGURA 18 - VOLUME DE CONCRETO DAS VIGAS	47
FIGURA 19 - PRECIFICAÇÃO - BASE SINAPI.....	48
FIGURA 20 - SUPERESTRUTURA(ORÇAMENTO ANALÍTICO).....	48
FIGURA 21 ESTIMATIVA DE CUSTOS POR ETAPA DA OBRA (%).....	49
FIGURA 22 - CUSTO ESTIMADO POR ETAPA	49
FIGURA 23 - PROJETO ESTRUTURAL 3D.....	50
FIGURA 24 - CUSTO POR ETAPA - ORÇAMENTO ANALÍTICO	51

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - TABELA DE COEFICIENTES MÉDIOS	15
TABELA 2 - TABELA DE ÁREAS EQUIVALENTES	22
TABELA 3 - COEFICIENTES DE MAJORAÇÃO	28
TABELA 4 - CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE CONCRETO	35
TABELA 5 - CARGAS NOS PILARES.....	42
TABELA 6 - CÁLCULO DA ÁREA DE CONCRETO.....	43

LISTA DE EQUAÇÕES

$CTE = CUB/M^2 \cdot AE$	EQ. 1	24
$lef = l0 + a1 + a2$	EQ. 2	25
$a1 \geq t1/20,3h$ e $a2 \geq t2/20,3h$	EQ. 3	25
$h1 = lef, 112$ e $h2 = lef, 212$	EQ. 4	35
$fcd = fckyc$	EQ. 5	34
$Pc = 0,85 \cdot fcd \cdot Ac$	EQ. 6	34
$Pc = 0,61 \cdot fck \cdot Ac$	EQ. 7	35
$Pc = 0,61 \cdot fc \cdot Ac + \gamma a\phi o \cdot As$	EQ. 8	36
$0,004 \cdot Ac \leq As \leq 0,08 \cdot Ac$	EQ. 9	36
$Ca = Fyk \cdot Ac100$	EQ. 10	37
$Ca = Ac Fyk115$	EQ. 11	38
$Pc = 0,61 \cdot fck \cdot Ac + Ac Fyk115$	EQ. 12	38
$P = Ai \cdot Q \cdot Cp \cdot (n + 0,7)$	EQ. 13	40
$Pc = 0,61 \cdot fck \cdot Ac + Ac Fyk115$	EQ. 14	42
$Ac = P196$	EQ. 15	42
$Ac = 20 \cdot h$	EQ. 16	44

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
Custos.....	17
Orçamento.....	17
Métodos de estimativas de custos.....	19
<i>Custo Unitário Básico</i>	<i>19</i>
<i>Orçamento paramétrico</i>	<i>22</i>
<i>Orçamento analítico</i>	<i>25</i>
Estimativa através do custo unitário básico	29
<i>Definição do projeto padrão</i>	<i>29</i>
<i>Área equivalente</i>	<i>29</i>
<i>Itens não inclusos no CUB</i>	<i>30</i>
<i>Cálculo do custo total através do CUB.....</i>	<i>21</i>
Estimativa através do pré-dimensionamento.....	32
<i>Vigas</i>	<i>33</i>
<i>Pilares.....</i>	<i>36</i>
<i>Lajes.....</i>	<i>53</i>
<i>Cálculo do custo considerando o pré-dimensionamento.....</i>	<i>53</i>
Obtenção de custos pelo orçamento analítico.....	58
CONCLUSÃO	60
REFERÊNCIAS	62

INTRODUÇÃO

A gestão de custos é uma das etapas mais desafiadoras e cruciais no planejamento e na execução de projetos da construção civil. A elaboração de orçamentos requer métodos confiáveis que atendam às diversas fases do empreendimento, desde estudos preliminares até a execução da obra. Nesse contexto, as estimativas de custos surgem como uma ferramenta indispensável, permitindo maior previsibilidade e eficiência na alocação de recursos.

Orçar não é um mero exercício de futurologia ou um jogo de adivinhação. Um trabalho bem executado, com critérios bem definidos, utilização de informações confiáveis e bom julgamento do orçamentista, pode gerar um alto grau de precisão, embora não perfeitamente exatos, pois o verdadeiro custo de empreendimento é virtualmente impossível de se fixar de antemão. Nesse contexto, o que o orçamento envolve de fato é uma estimativa de custos em função da qual o construtor irá atribuir um preço de venda – este, sim, bem estabelecido. (Mattos, 2019, p. 8).

Na visão tradicional, um orçamento é uma previsão do custo ou do preço de uma obra. O custo total é o valor correspondente à soma de todos os gastos necessários para sua execução. O preço equivale ao custo acrescido da margem de lucro, isto é, $c + L = p$. Em todos os seguimentos da construção civil existe um número elevado de concorrentes, e se diz que o preço é dado pelo mercado, ou seja, o cliente ou comprador pesquisa preços previamente e negocia a contratação com base nesta informação. De todos os modos, o orçamento deve ser executado antes do início da obra, de modo a possibilitar o estudo ou planejamento prévios, e também é útil para o controle da obra. (González, 2008, p.7).

A parametrização de custos pode ser algo essencial na elaboração de orçamentos, especialmente em projetos de construção civil, onde variáveis como materiais, mão de obra, prazos e condições externas têm influência direta nos valores finais. Por meio da parametrização, existe a possibilidade de se estabelecer critérios padronizados e comparáveis para a estimativa inicial, gerando uma maior confiabilidade no planejamento financeiro. Esse processo considera índices, tabelas de preços e composições unitárias, que permitem ajustar as estimativas às condições reais do mercado e do projeto. Desse modo, o construtor pode planejar com maior eficiência e reduzir o impacto de possíveis imprevistos financeiros.

O pré-dimensionamento para orçamentos, por sua vez, é uma etapa que antecede o detalhamento dos custos, sendo fundamental para se estimar valores de maneira rápida e aproximada, especialmente durante a fase inicial de um projeto. Ele baseia-se em informações preliminares do empreendimento, como área construída, padrões construtivos e dados históricos de obras similares. Essa abordagem simplificada é particularmente útil em estudos de viabilidade econômica, onde decisões estratégicas precisam ser tomadas rapidamente.

De acordo com Mattos (2019) os orçamentos analíticos representam o detalhamento mais preciso de todos os custos envolvidos na execução de uma obra. Essa metodologia inclui a identificação e quantificação de todos os insumos necessários, desde materiais até equipamentos, considerando suas respectivas composições e preços unitários. O autor destaca que a precisão de um orçamento analítico depende diretamente da qualidade das informações utilizadas e da experiência do orçamentista na interpretação de dados técnicos e mercadológicos.

Sob esses olhares, a combinação entre parametrização de custos, pré- dimensionamento e orçamento analítico oferece um panorama completo e integrado para a gestão de custos na construção civil. Essa abordagem não apenas auxilia na precificação do projeto, mas também contribui para o controle eficaz dos gastos durante a execução da obra, garantindo maior alinhamento entre planejamento e realidade.

Custos

De modo geral, em linha com o desenvolvimento técnico e científico, a aplicação de um método ou uma análise requer compreensão sofisticada dos conceitos envolvidos, das limitações específicas de cada situação e do contexto em que será utilizado.

É importante contextualizar o momento em que a estimativa de custos é elaborada, examinar os métodos disponíveis e apontar suas principais vantagens e limitações. Essa análise servirá de base para a aplicação do método de estimativa por parametrização em um estudo de caso. Para fins de clareza conceitual, os termos “custo” e “despesa” adotam as definições propostas por Oliveira e Junior (2000).

- Custo é o valor dos bens e serviços que são consumidos na produção de outros bens e serviços, e que pode ser relacionado a eles; como exemplos, têm-se o custo de materiais utilizados em uma obra e salários da gerência da fábrica;
- Despesa é o valor dos bens e serviços consumidos no processo de geração de receitas e manutenção dos negócios da empresa, ou seja, são gastos ocorridos fora da fábrica, nas áreas administrativas, financeiras e comerciais; como exemplos, têm-se os impostos e aluguéis de prédios da administração.

Orçamento

O orçamento representa a estimativa dos gastos necessários para a realização de uma obra ou empreendimento e, quanto mais minucioso for, maior será sua proximidade com o custo real (SAMPAIO, 1989). Cardoso (2009) corrobora essa visão ao afirmar que o orçamento é uma ferramenta fundamental em qualquer estudo preliminar ou de viabilidade. Ressalta ainda que iniciar uma obra sem conhecer seus custos ou sem planejar adequadamente os recursos pode resultar na interrupção do projeto antes de sua conclusão.

O orçamento, parte integrante dos contratos, é o documento por meio do qual o auditor acessa as mais variadas informações dos projetos de arquitetura e de engenharia, podendo ainda

efetuar diversas confrontações com os documentos e relatórios de prestação de contas (CARDOSO, 2009, p. 15).

Com a mesma positividade sobre a importância do orçamento, Mattos (2006), enfatiza que além retratar o custo de uma obra, o mesmo possui outras inúmeras aplicações:

- Informa os quantitativos de materiais e serviços, auxiliando o setor de suprimentos a planejar as compras, identificar fornecedores, estudar formas de pagamento e analisar metodologias executivas;
- Fornece índices (produtividade da mão-de-obra, de equipamentos e consumo de material), que auxiliam tanto no acompanhamento dos custos durante a execução quanto na definição de metas de desempenho das equipes de campo;
- Auxilia no dimensionamento das equipes, ao fornecer os indicadores de produtividade;
- Permite a simulação de diferentes cenários, com utilização de outras tecnologias e materiais;
- Fornece informações para a geração de cronogramas físicos e financeiros da obra;

Portanto, o orçamento não está limitado a uma ferramenta de controle financeiro, ele também desempenha um papel estratégico no planejamento e execução de obras em todas as fases de sua execução. Sua elaboração detalhada e criteriosa oferece suporte fundamental para a tomada de decisões em todas as fases do projeto, desde a compra de insumos até a definição de métodos construtivos e alocação de recursos.

Em suma, o orçamento é uma peça indispensável na condução de obras, unindo previsibilidade financeira, eficiência operacional e sustentabilidade econômica. Sua ausência ou elaboração inadequada pode comprometer o sucesso do empreendimento, enquanto sua utilização adequada garante que o planejamento inicial seja respeitado, permitindo que as obras sejam concluídas dentro dos parâmetros estabelecidos, tanto em termos de custo quanto de prazo.

Métodos e estimativas de custos

De modo geral, a grande maioria das empresas realizam o orçamento analítico completo apenas quando dispõe dos projetos executivos, utilizando o projeto básico ou o memorial descritivo para elaborar o estudo de viabilidade. Esta etapa é de extrema importância para que se possa fazer uma avaliação quanto a viabilidade do projeto. Com o projeto legal em mãos, são levantados os primeiros quantitativos, que são repassados ao empreiteiro. Este, por sua vez, identifica possíveis necessidades e realiza o orçamento de materiais e serviços disponíveis no mercado.

Custo unitário básico

Entre os métodos mais comuns nos estudos de viabilidade e análises preliminares podemos destacar o Custo Unitário Básico (CUB), que representa o custo por metro quadrado de construção de um projeto padrão. Este método foi instituído em 16 de dezembro de 1964 com a sanção da Lei Federal nº 4.591, buscando a organização do mercado de construção e incorporação imobiliária no Brasil, além de servir como base para orçamentos e estudos de viabilidade de projetos de engenharia.

Segundo a ABNT / NBR 12.721 (2006,P.5) NO ITEM 3.9, a definição de Custo Unitário Básico é: “Custo por metro quadrado de construção do projeto-padrão considerado, calculado de acordo com a metodologia estabelecida em 8.3, pelos Sindicatos da Indústria da Construção Civil, em atendimento ao disposto no artigo 54 da Lei nº 4.591/64 e que serve de base para a avaliação de parte dos custos de construção das edificações.”.

Além disso, é possível identificar, por meio da norma, que para nos aproximarmos do valor que mais se apropria ao valor do CUB/m² deve-se primeiramente, estabelecer o projeto padrão que melhor define o projeto orçado. O projeto padrão pode ser caracterizado por fatores como o número de pavimentos por unidade, pelo padrão de acabamento da construção etc. Na (Figura 1) abaixo, retirada da base de dados elaborada pelo SINDUSCON-MA, é possível identificar/ analisar a tabela resumo dos projetos-padrão definidos pela Norma.

Figura 1 - Projetos padrão

Projetos-padrão Residenciais		
Padrão Baixo	Padrão Normal	Padrão Alto
R-1	R-1	R-1
PP-4	PP-4	R-8
R-8	R-8	R-16
PIS	R-16	

Projetos-padrão Comerciais CAL (Comercial Andares Livres) e CSL (Comercial Salas e Lojas)	
Padrão Normal	Padrão Alto
CAL-8	CAL-8
CSL-8	CSL-8
CSL-16	CSL-16

Projetos-padrão Galpão Industrial e Residência Popular	
RP1Q	
GI	

Fonte: SINDUSCON – MA, 2025

A (Figura 2), apresentada a seguir, mostra a descrição referente à tipologia Residencial Unifamiliar. Sua classificação, determinada pelas Tabelas 2 e 3 da norma mencionada, pode ser Alto, Normal ou Baixo, conforme o nível de acabamento escolhido no projeto. Como exemplo, para os peitoris, foi especificado, no padrão Alto, o uso de granito cinza Mauá com 2 cm de espessura e pingadeira, enquanto, para os padrões Intermediário e Simples, optou-se pelo peitoril em concreto (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2006, p. 26).

Figura 2 - Projetos padrão conforme ABNT 12721/2006.

Sigla	Nome e Descrição	Dormitórios	Área Real (m²)	Área Equivalente (m²)
R1-B	Residência unifamiliar padrão baixo: 1 pavimento, com 2 dormitórios, sala, banheiro, cozinha e área para tanque.	2	58,64	51,94
R1-N	Residência unifamiliar padrão normal: 1 pavimento, 3 dormitórios, sendo um suíte com banheiro, banheiro social, sala, circulação, cozinha, área de serviço com banheiro e varanda (abrigo para automóvel).	3	106,44	99,47
R1-A	Residência unifamiliar padrão alto: 1 pavimento, 4 dormitórios, sendo um suíte com banheiro e closet, outro com banheiro, banheiro social, sala de estar, sala de jantar e sala íntima, circulação, cozinha, área de serviço completa e varanda (abrigo para automóvel).	4	224,82	210,44
RP1Q	Residência unifamiliar popular: 1 pavimento, 1 dormitório, sala, banheiro e cozinha.	1	39,56	39,56

Fonte: SINDUSCON-MA, 2025

Ao analisarmos a norma ABNT / NBR 12.721 (2006) também é importante termos o entendimento acerca do que a norma trata como “área equivalente”, essencial para a aplicação da técnica de estimativa de custos através do orçamento baseado em parâmetros.

A distinção entre área real e área equivalente é essencial para a correta avaliação do custo unitário na construção civil, especialmente em empreendimentos residenciais. A norma ABNT NBR 12.721:2006 estabelece critérios específicos para essa diferenciação, sendo necessário aplicar coeficientes de equivalência sempre que as áreas apresentarem características construtivas distintas (GONZÁLEZ, 2008).

A área real é definida como a “medida da superfície de quaisquer dependências, ou conjunto de dependências, cobertas ou descobertas, nela incluídas as superfícies das projeções de paredes, de pilares e demais elementos construtivos” (ABNT, 2006, p. 3). Tal definição diverge do conceito de área construída utilizado em projetos arquitetônicos, que se restringe ao somatório das áreas cobertas das edificações.

Nesse sentido, a conversão da área real em área equivalente tem como objetivo atribuir pesos proporcionais ao custo das diferentes partes da edificação, uma vez que elementos como garagens descobertas, varandas ou pátios não devem ser considerados com o mesmo valor de áreas nobres, como salas ou banheiros. Como ressalta Moreira (2019, p. 16), “um pátio descoberto sem cobertura, não poderá custar o mesmo que a construção de um banheiro, o qual possui cobertura, paredes e revestimentos”.

Dessa forma, o uso da área equivalente permite maior precisão no cálculo do custo por metro quadrado de construção, refletindo com mais fidelidade a realidade técnica e econômica do empreendimento.

Tabela 1 - Tabela de coeficientes médios

Descrição	Coeficientes
Garagem (subsolo)	0,50 a 0,75
Área privativa (unidade autônoma padrão)	1,00
Área privativa (salas com acabamento)	1,00
Área privativa (salas sem acabamento)	0,75 a 0,90
Área de loja sem acabamento	0,40 a 0,60
Varandas	0,75 a 1,00
Terraços ou áreas descobertas sobre lajes	0,30 a 0,60
Estacionamento sobre terreno	0,05 a 0,10
Área de projeção do terreno sem benfeitoria	0,00
Área de serviço - residência unifamiliar padrão baixo (aberta)	0,50
Barrilete	0,50 a 0,75
Caixa d'água	0,50 a 0,75
Casa de máquinas	0,50 a 0,75
Piscinas	0,50 a 0,75
Quintais, calçadas, jardins etc.	0,10 a 0,30

Fonte: Autor, 2025

Orçamento paramétrico

O orçamento paramétrico é uma metodologia de estimativa de custos utilizada nas fases iniciais do projeto, quando ainda se definem aspectos gerais como o tipo da edificação, a área construída, os padrões de acabamento e os principais ambientes. Essa abordagem baseia-se na aplicação de índices, indicadores e dados históricos de obras já executadas, permitindo estimar o custo da construção por metro quadrado de forma ágil e com razoável grau de confiabilidade (Gonzaga, 2021).

O orçamento paramétrico é uma técnica de estimativa de custos empregada nas etapas iniciais do projeto, quando ainda se dispõe apenas dos projetos básicos do empreendimento. Nessa fase, os projetos complementares, como os de acabamento, estrutura, instalações hidrossanitárias e elétricas, geralmente ainda estão em desenvolvimento, o que, aliado à limitação de tempo e à urgência no lançamento do produto, torna inviável a elaboração de um orçamento detalhado (CANTANHEDE; SCHMITT, 2003). Assim, o orçamento paramétrico recorre a dados históricos, índices e indicadores de custo por metro quadrado para fornecer uma estimativa preliminar eficiente e compatível com o nível de informação disponível.

Nessas situações, o orçamento paramétrico pode indicar a viabilidade financeira do projeto e servir como referência principal para

a aprovação do cliente quanto à continuidade das próximas fases do desenvolvimento do empreendimento (GONZÁLEZ,2008).

Conforme estabelece a ABNT NBR 12.721 (2006), a elaboração do orçamento paramétrico baseia-se na estimativa de custos utilizando o valor por metro quadrado como referência. Dessa forma, os custos do empreendimento são obtidos por meio de uma fórmula que considera essa métrica:

Valor da Obra = (CUB x área equivalente + itens não inclusos) x (1 + BDI) Onde:

- CUB refere-se ao Custo Unitário Básico da construção (CUB/m²), calculado com base em padrões construtivos previamente definidos;
- Área equivalente corresponde à área do projeto ajustada por coeficientes multiplicadores estabelecidos na ABNT NBR 12.721 (2006, p.8), convertendo a área real em uma medida padronizada;
- Itens não contemplados representam a soma dos custos referentes a elementos que não estão incluídos no valor do CUB/m², como fogões, aquecedores, sistemas de bombeamento, incineradores, ar- condicionado, entre outros;
- BDI diz respeito aos Benefícios e Despesas Indiretas, abrangendo custos e encargos que não são considerados de forma direta no orçamento da obra.

Pré – dimensionamento

O pré-dimensionamento consiste em uma etapa preliminar do processo de concepção estrutural e arquitetônica, sendo fundamental para a estimativa de quantidades e custos de uma obra antes da elaboração do projeto executivo. Essa etapa visa fornecer parâmetros iniciais que orientam o desenvolvimento técnico e econômico da edificação, contribuindo significativamente para a viabilidade do empreendimento.

Segundo a ABNT NBR 16636-1:2020, o pré-dimensionamento integra as fases iniciais de um projeto de engenharia e permite realizar estimativas preliminares de custo com base em parâmetros técnicos

simplificados, atendendo ao nível de precisão exigido para os estudos de viabilidade.

O processo de pré-dimensionamento possibilita a quantificação aproximada dos principais elementos construtivos (fundações, pilares, vigas, lajes, alvenarias, coberturas, etc.), permitindo a elaboração de um orçamento estimativo com maior confiabilidade. Essa abordagem é reforçada por Monteiro (2013), que afirma que “o uso adequado do pré-dimensionamento contribui para a antecipação de decisões projetuais e para o controle dos custos globais da obra desde as fases iniciais”.

Além disso, o Instituto Brasileiro de Engenharia de Custos (IBEC) destaca que o orçamento estimativo baseado em pré-dimensionamento pode alcançar variações de apenas 15 a 30% em relação ao orçamento analítico, desde que os parâmetros adotados sejam consistentes com práticas e coeficientes previamente consolidados. Isso reforça a importância de utilizar bases de dados confiáveis, como os sistemas SINAPI e TCPO, para obtenção de custos unitários médios.

Outro ponto relevante é que o pré-dimensionamento auxilia no controle do custo por metro quadrado da obra, permitindo que os projetistas e investidores ajustem o escopo conforme os limites financeiros do empreendimento. Segundo Mascaró (2009), “a compatibilização entre o escopo projetado e a estimativa orçamentária é uma etapa crítica da fase de estudo preliminar, sendo o pré-dimensionamento o elo entre o conceito arquitetônico e a realidade econômica”.

Orçamento analítico

O orçamento analítico é a modalidade de estimativa de custos mais precisa e aprofundada adotada nos empreendimentos da construção civil, sendo caracterizado por sua estrutura minuciosa, baseada na decomposição detalhada de todos os elementos que compõem a obra. Diferentemente das estimativas preliminares ou orçamentos paramétricos, que se baseiam em indicadores médios como o custo por metro quadrado, o orçamento analítico utiliza dados provenientes dos projetos executivos definitivos, abrangendo especificações técnicas, desenhos compatibilizados e memoriais descritivos. Cada item que compõe a obra é discriminado e quantificado de forma individualizada, com base em critérios técnicos rigorosos e fontes confiáveis de composições unitárias de custo, tais como o SINAPI (Sistema Nacional

de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil), o TCPO (Tabela de Composições de Preços para Orçamentos), e outras bases públicas e privadas.

A importância do orçamento analítico se reflete na sua capacidade de traduzir tecnicamente as decisões de projeto em valores financeiros reais. Ele permite ao engenheiro orçamentista prever com alto grau de fidelidade o custo direto da obra, considerando a exata quantidade de insumos, os rendimentos da mão de obra, os equipamentos utilizados, os encargos sociais e os custos indiretos relacionados à produção. Essa abordagem oferece um nível de confiabilidade muito superior aos métodos estimativos simplificados, sendo indispensável na contratação de obras públicas, na viabilidade de empreendimentos privados e na captação de financiamentos junto a instituições como a Caixa Econômica Federal e o BNDES. Segundo a ABNT NBR 12721:2006, norma técnica que rege a avaliação de custos de construção para fins de incorporação imobiliária, a estimativa detalhada dos custos diretos da edificação deve ser feita com base na quantificação rigorosa dos serviços, a partir de projetos compatibilizados, respeitando critérios de uniformidade e representatividade dos preços utilizados.

Além de atender às exigências normativas, o orçamento analítico cumpre papel estratégico na gestão do empreendimento. Ele é a base técnica para a elaboração do cronograma físico-financeiro da obra, permitindo a organização de desembolsos mensais, previsão de fluxo de caixa e identificação de períodos críticos de consumo de recursos. Sua estrutura detalhada permite também o acompanhamento preciso da execução, através da medição dos serviços realizados em campo, com base nas quantidades orçadas e nos preços previamente definidos. Assim, o orçamento deixa de ser apenas um documento de referência e passa a exercer função operacional e gerencial durante toda a vida útil do projeto, do planejamento à entrega da edificação.

A aplicação do orçamento analítico também é essencial para o controle financeiro, a negociação com fornecedores e empreiteiros, e a formalização de contratos. Ao apresentar de maneira clara e fundamentada os quantitativos e custos unitários de cada serviço, ele garante transparência nas relações comerciais e segurança jurídica às partes envolvidas. O detalhamento técnico viabiliza a comparação entre propostas de diferentes fornecedores, com base em parâmetros objetivos, evitando distorções e assegurando a integridade dos processos licitatórios ou de cotação. Segundo Oliveira (2007), “o orçamento analítico permite

à gestão de obras uma visão completa dos custos envolvidos, viabilizando análises de compatibilidade entre custo e escopo, com maior capacidade de resposta a imprevistos”.

Outro benefício relevante é sua contribuição direta para a análise de viabilidade econômica e financeira do empreendimento. O orçamento analítico, quando incorporado a estudos de viabilidade, fornece dados fundamentais para o cálculo de indicadores como o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR), o payback e a taxa de retorno sobre o investimento (ROI). Tais indicadores são indispensáveis para a tomada de decisões estratégicas por parte dos incorporadores, investidores e gestores de portfólio. Nesse sentido, o orçamento deixa de ser um instrumento apenas técnico e assume uma função estratégica na estruturação e viabilização dos empreendimentos. A ABNT NBR 16636-1:2020, que trata dos serviços de engenharia e diretrizes para contratação, também reforça que a orçamentação detalhada deve integrar o escopo básico do projeto executivo, sendo obrigatória em processos de contratação técnica e gerencial.

Com a crescente exigência de transparência e responsabilidade financeira em obras públicas e privadas, o orçamento analítico também passou a desempenhar papel relevante nos processos de auditoria, prestação de contas e compliance. A rastreabilidade de cada item orçado, sua fundamentação técnica e a vinculação a bases oficiais de preços garantem um grau de confiabilidade que permite a validação de custos por órgãos fiscalizadores, tribunais de contas e instituições financeiras. Em casos de litígios técnicos ou disputas contratuais, o orçamento analítico fornece uma base documental sólida para esclarecimento de divergências, atribuição de responsabilidades e definição de valores de ressarcimento.

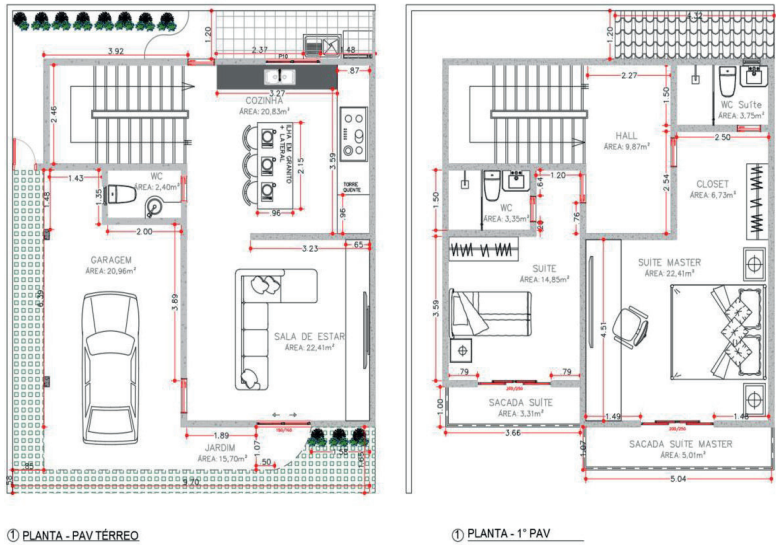
Vale destacar ainda que o orçamento analítico se configura como ferramenta indispensável para a adoção de boas práticas de engenharia de valor (value engineering), por meio da comparação entre diferentes soluções construtivas com base em critérios técnicos e econômicos. Essa prática é especialmente importante em empreendimentos que demandam otimização de recursos, sendo comum a realização de estudos comparativos entre alternativas estruturais, materiais e métodos executivos, com o objetivo de obter economia sem perda de desempenho técnico. A orçamentação detalhada permite que essas alternativas sejam simuladas com precisão, identificando o impacto de cada escolha no custo final da obra.

Em síntese, o orçamento analítico representa um instrumento indispensável no ciclo de vida de qualquer obra de engenharia, desde a concepção até a execução e entrega. Sua elaboração exige conhecimento técnico aprofundado, domínio de bases de dados de custos e rigor metodológico, sendo fundamental para assegurar a viabilidade técnica, econômica e jurídica dos empreendimentos. Conforme afirma Silva (2012), “a precisão e a profundidade do orçamento analítico conferem ao engenheiro não apenas controle sobre os custos, mas também maior poder de decisão e previsibilidade sobre os rumos da obra”.

Foi adotado como objeto de estudo uma unidade de análise representativa, a partir da qual foi possível aplicar, de forma comparável, os diferentes métodos de estimativa de custos abordados neste trabalho.

De acordo com Gil (2002, p. 138), a unidade-caso, em sua concepção clássica, refere-se a um “indivíduo em um contexto definido”, o que, neste estudo, corresponde a uma edificação com características tipificadas, como número de pavimentos, padrão de acabamento e tipologia construtiva, conforme a classificação da norma mencionada.

Figura 3 - Projeto base.



Fonte: Autor, 2025.

Estimativa através do Custo Unitário Básico

Definição do projeto padrão

Considerando as principais características do imóvel utilizado como referência, como o número de pavimentos, a quantidade de dependências por unidade, as áreas equivalentes, a metragem privativa com custo padrão, o padrão de acabamento e o total de unidades — observa-se que o projeto residencial em questão apresenta semelhanças com os empreendimentos classificados como “Residencial Alto R-1” como indica a (Figura 1 - Projetos padrão.). Seu valor por m² é de R\$ 2.631,58 (data base de maio de 2025), conforme indica a (Figura 4 - Padrão residencial (CUB/m²)).

Figura 4 - Padrão residencial (CUB/m²).

PROJETOS - PADRÃO RESIDENCIAIS

PADRÃO BAIXO		PADRÃO NORMAL		PADRÃO ALTO	
R-1	1.871,67	R-1	2.125,45	R-1	2.631,58
PP-4	1.679,83	PP-4	2.008,58	R-8	2.160,32
R-8	1.609,96	R-8	1.784,44	R-16	2.276,94
PIS	1.241,38	R-16	1.725,50		

PROJETOS - PADRÃO COMERCIAIS CAL (Comercial Andares Livres) e CSL (Comercial Salas e Lojas)

PADRÃO NORMAL		PADRÃO ALTO	
CAL-8	2.089,82	CAL-8	2.219,50
CSL-8	1.786,50	CSL-8	1.933,49
CSL-16	2.391,50	CSL-16	2.576,59

PROJETOS - PADRÃO GALPÃO INDUSTRIAL (GI) E RESIDÊNCIA POPULAR (RP1Q)

RP1Q	1.821,67
GI	1.033,09

Fonte: SINDUSCON/MA, 2025.

Área equivalente

De acordo com a ABNT NBR 12.721:2006, o custo global da construção inclui, entre seus componentes, o valor resultante da multiplicação da área equivalente, convertida com base na área de custo padrão global, pelo custo unitário básico, referente ao projeto-padrão

que apresenta maior similaridade com a edificação em análise. Assim, é necessário converter a área real do projeto em área equivalente, utilizando os coeficientes de equivalência para cada tipo de ambiente, conforme estabelecido pela norma.

Tabela 2 - Tabela de áreas equivalentes

DESCRIÇÃO	ÁREA REAL	COEFICIENTE	ÁREA EQUIVALENTE
GARAGEM COBERTA - SUBSOLO	20,96	0,65	13,624
PAVIMENTO TÉRREO	54,65	1,00	54,65
VARANDA COBERTA	8,32	0,85	7,072
HALL DE CIRCULAÇÃO	9,87	0,75	7,4025
1º PAVIAMENTO DA CASA	51,09	1,00	51,09
QUINTAIS, CALÇADAS, JARDINS ETC.	28,54	0,2	5,708
ÁREA TOTAL = 176,94M²			ÁREA = 139,547 M²

Fonte: Autor, 2025.

Itens não inclusos no CUB

De acordo com a cartilha do SINDUSCON (2007), o Custo Unitário Básico por metro quadrado (CUB/m²) representa apenas uma estimativa parcial dos custos da obra, não abrangendo o valor total do empreendimento. Isso ocorre porque o CUB é calculado com base em modelos padronizados e não considera diversos elementos adicionais que, na prática, compõem o custo real de uma construção. Entre os itens normalmente excluídos estão os projetos técnicos (arquitetônico, estrutural, elétrico, hidráulico, entre outros), os serviços preliminares como terraplanagem, fundações profundas, contenções e arrimos, além de sistemas complementares como aquecimento solar, paisagismo, instalações especiais e acabamentos personalizados.

Esses custos, embora não façam parte do cálculo do CUB conforme os critérios estabelecidos pela ABNT NBR 12721:2022, são recorrentes em obras reais e exercem influência significativa sobre o orçamento final. Por essa razão, para que se obtenha um resultado mais fiel à realidade e um orçamento com maior grau de precisão, é fundamental que o cálculo paramétrico seja complementado com a estimativa dos itens não contemplados no CUB/m². Isso garante uma projeção financeira mais segura e compatível com as características específicas de cada projeto.

Ainda que esses itens estejam fora do escopo do CUB, é inegável que representam parcela significativa do custo global do empreendimento,

especialmente em projetos de maior complexidade ou padrão elevado. Por isso, é prática recomendada entre profissionais da área complementar o orçamento preliminar com planilhas que incorporem os valores estimados desses elementos, utilizando-se de dados históricos, coeficientes técnicos, tabelas referenciais ou orçamentos específicos.

Adotar essa abordagem mais abrangente contribui para a confiabilidade dos dados financeiros apresentados aos investidores, facilita o planejamento financeiro das incorporadoras e reduz o risco de estouros orçamentários ao longo da execução.

Cálculo do custo total através do CUB

Para a obtenção do custo final da obra, é necessário, inicialmente, converter as áreas reais do projeto em áreas equivalentes, conforme estabelece a metodologia da ABNT NBR 12721:2022. Essa conversão é feita por meio da aplicação dos coeficientes médios de equivalência de área, definidos na (Tabela 1 - Tabela de coeficientes médios), que têm como objetivo ajustar as diferentes tipologias de ambientes (como garagens, varandas, áreas comuns, depósitos, entre outros) para um critério uniforme de mensuração de custos. Esses coeficientes são aplicados sobre as áreas reais descritas nos projetos arquitetônicos, resultando em áreas ajustadas que representam, de forma proporcional, o custo relativo de construção de cada ambiente em relação à unidade padrão.

O resultado dessa conversão gera a chamada área equivalente de construção, a qual é essencial para o cálculo do custo unitário total. Com base nessas áreas equivalentes, realiza-se a multiplicação pelo CUB/m² correspondente ao padrão da edificação e ao mês-base de referência. Essa forma, obtém-se uma estimativa inicial do custo de construção ajustado à composição espacial do empreendimento.

As áreas equivalentes, obtidas a partir da aplicação dos coeficientes de ponderação previstos na norma, são posteriormente multiplicadas pelo valor do CUB/m² que mais se aproxima das características construtivas do empreendimento em análise. Para este estudo específico, adotou-se o CUB/m² do padrão Alto R1, conforme definido pelo SINDUSCON/MA, com data-base de junho de 2025. O valor correspondente para esse período foi de R\$ 2.631,58 por metro quadrado. A aplicação desse índice sobre a área equivalente total resulta em um custo estimado de:

$$CTE = CUB/M^2 \cdot AE \quad \text{Eq. 1}$$

Onde:

CTE = Custo Total Estimando

AE = Área Equivalente

CUB/M² = Custo Unitário Básico por metro quadrado

Logo;

$$CTE = R\$/M^2 \cdot 2.631,58 \cdot 139,547m^2$$

$$CTE = R\$ 367.229,09$$

Estimativa através do pré-dimensionamento

Este tópico tem como finalidade apresentar a metodologia adotada para o pré- dimensionamento estrutural de uma edificação unifamiliar (Figura 3 – Projeto base.), por meio de critérios técnicos e parâmetros estabelecidos por normas nacionais e literatura especializada. O pré-dimensionamento é uma etapa fundamental na concepção inicial de projetos de engenharia, permitindo a estimativa preliminar das seções dos principais elementos estruturais – como vigas, pilares e lajes – e, a partir dessas estimativas, a obtenção de quantidades aproximadas de materiais empregados na construção, como concreto, aço e formas.

A abordagem adotada neste trabalho é paramétrica, ou seja, baseada em relações empíricas e normativas entre dimensões geométricas, esforços previstos e características funcionais da edificação, conforme orientações estabelecidas na ABNT NBR 6118:2014, norma brasileira que trata do projeto de estruturas de concreto armado. Tal metodologia visa oferecer um modelo de cálculo simplificado e aplicável na fase de viabilidade ou anteprojeto, sendo especialmente útil para estimativas quantitativas e orçamentárias preliminares.

Inicialmente, serão apresentados os critérios adotados para o pré- dimensionamento das vigas, utilizando proporções baseadas no comprimento do vão livre e nas condições de apoio, com base em Pfeil (2003), Nogueira (2009) e nos parâmetros da própria NBR 6118. Em seguida, serão abordados os pilares, considerando-se critérios mínimos

de esbeltez, dimensões padronizadas e aspectos construtivos, conforme recomendações de Souza & Figueiredo (2008) e Eduardo Aurélio Barros Aguiar [et al.] (2024). Por fim, serão analisadas as lajes, dimensionadas a partir do tipo estrutural (lajes maciças, nervuradas ou pré-moldadas) e das cargas distribuídas atuantes, seguindo os limites definidos pela NBR 6118 e complementadas por autores como Melo & Martins (2012).

Uma vez obtidas as seções transversais de cada elemento estrutural e sua respectiva quantidade, será calculado o volume total de concreto utilizado na obra. Este valor é de fundamental importância, pois, conforme metodologia proposta por autores como Gasparin (2014) e dados do SINDUSCON-SP, é possível, por meio de coeficientes paramétricos, estimar outras grandezas essenciais ao planejamento e orçamento da obra, como a massa total de aço, área de fôrmas.

Este processo paramétrico, ainda que não substitua o dimensionamento definitivo nem a análise estrutural detalhada, permite uma avaliação inicial confiável, rápida e tecnicamente embasada do consumo de materiais estruturais de uma edificação.

Vigas

Para que possamos analisar de forma clara e proveitosa, é essencial o entendimento de algumas definições características do elemento em questão.

Vão efetivo

O vão efetivo (NBR 6118, item 14.6.2.4) pode ser calculado pela expressão:

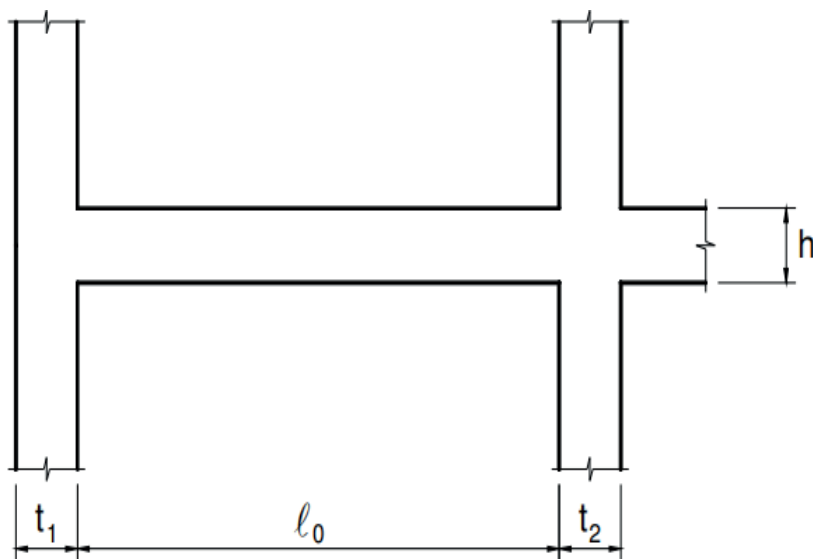
$$l_{ef} = l_0 + a_1 + a_2 \quad \text{Eq. 2}$$

Com:

$$a_1 \geq \begin{cases} t_1/2 \\ 0,3h \end{cases} \quad \text{e} \quad a_2 \geq \begin{cases} t_2/2 \\ 0,3h \end{cases} \quad \text{Eq. 3}$$

As dimensões correspondentes a l_0 , t_1 , t_2 e h estão representadas na figura

Figura 5 - Cálculo do vão efetivo das vigas



Fonte: Flexão normal simples – vigas (2025)

Na execução das obras, é recorrente que engenheiros e arquitetos escolham posicionar as vigas de maneira embutida nas paredes de vedação, de forma que fiquem invisíveis na composição arquitetônica do ambiente. Para que isso seja possível, é essencial que a largura da viga esteja em conformidade com a espessura final da parede, a qual depende diretamente do tipo de elemento de alvenaria adotado (como tijolos maciços ou blocos cerâmicos vazados) e da técnica de assentamento empregada.

Adicionalmente, é preciso levar em conta a espessura das camadas de revestimento aplicadas em ambos os lados da parede, como o emboço e o reboco. Em diferentes regiões do Brasil, a espessura total desses revestimentos pode variar, influenciada pela classe de agressividade ambiental local.

Destaca-se ainda que o mercado oferece uma variedade significativa de elementos de alvenaria, com diferentes dimensões, tanto para blocos cerâmicos com seis ou oito furos quanto para tijolos maciços.

Por esse motivo, antes de definir a largura da viga, é imprescindível estabelecer previamente qual será o tipo de alvenaria utilizado, assim como a forma de seu assentamento.

Em construções de menor porte, como casas térreas, sobrados ou galpões, é prática comum executar primeiramente as alvenarias, para somente depois realizar a concretagem dos elementos estruturais, como pilares, vigas e lajes. Nesses contextos, recomenda-se que a largura das vigas seja compatível com a espessura da parede ainda sem os revestimentos, ou seja, igual à dimensão do bloco ou tijolo utilizado na composição da alvenaria.

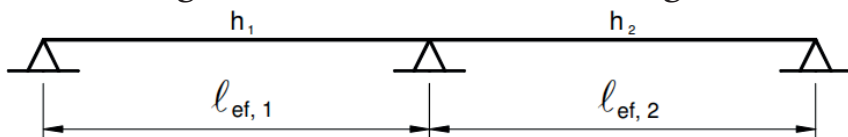
A altura das vigas, por sua vez, depende de uma série de fatores, entre eles o comprimento do vão, as cargas atuantes e a classe do concreto especificado. Essa medida deve ser dimensionada de forma a assegurar tanto a resistência estrutural necessária quanto um comportamento adequado em termos de rigidez, evitando deformações excessivas (flechas).

Tomando como base o exemplo representado na Figura 5, em projetos com concreto das classes C-20 ou C-25 e edificações de pequeno porte, pode-se utilizar, como orientação prática inicial, a proporção entre o vão livre da viga e o número 12. Tal critério serve como estimativa preliminar para a definição da altura da seção da viga durante a fase de pré-dimensionamento.

$$h_1 = \frac{l_{ef,1}}{12} \quad \text{e} \quad h_2 = \frac{l_{ef,2}}{12} \quad \text{Eq. 4}$$

Para melhor compreensão desta análise, podemos analisar o modelo estrutural de uma viga contínua, como mostrado a seguir.

Figura 6 - Estimativa da altura das vigas



Fonte: Flexão normal simples – vigas (2025).

É aconselhável que a altura das vigas siga uma modulação, adotando incrementos padronizados de 5 cm ou 10 cm, o que contribui para a uniformização e a facilidade de execução durante a obra. Em estruturas de concreto armado, a altura mínima comumente indicada é de 25 cm. No caso de vigas contínuas, é essencial manter uma consistência nas alturas correspondentes aos diferentes vãos, evitando variações acentuadas que possam prejudicar a racionalização do projeto e comprometer a aparência arquitetônica da estrutura.

Pilares

No estudo dos pilares, para uma maior precisão na obtenção dos resultados, devemos analisar alguns itens, que são fundamentais, de forma individual, de modo a potencializar o entendimento da pesquisa, otimizando os resultados.

Seções mínimas

As dimensões mínimas para pilares de concreto armado, segundo as recomendações da NBR 6118/2023 – Projetos de Concreto Armado, corresponde a 20 cm ou 1/10 de sua altura, considerando que a menor dimensão de sua seção transversal (b) não esteja abaixo de 1/5 da maior dimensão h. No caso de projetos que apresentam pilares com dimensões inferiores 20cm, devemos majorar seu carregamento de acordo com os coeficientes apresentados na tabela 03, a seguir, em linha com a dimensão mínima escolhida.

Tabela 3 - Coeficientes de majoração.

Dimensão (cm)	19	18	17	16	15	14	13	12
Coeficiente de majoração	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35

Fonte: NBR 6118 / 2023.

O emprego de pilares com dimensões inferiores a 20 cm tende a gerar estruturas menos vantajosas do ponto de vista econômico.

Isso ocorre porque é necessário aumentar a carga considerada no dimensionamento, como forma de compensar a esbeltez da peça, o que leva ao acréscimo da outra dimensão do pilar.

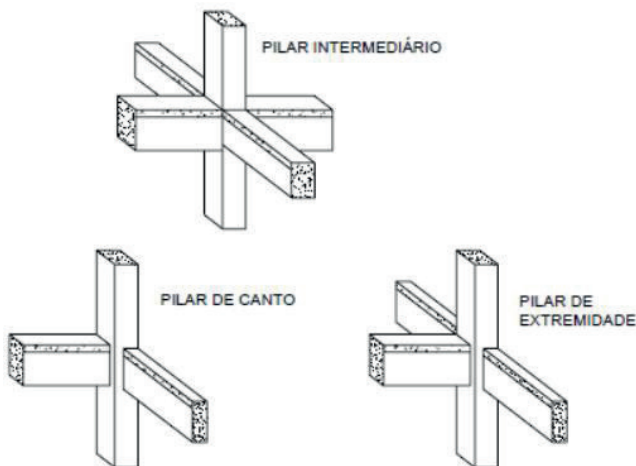
Posição dos pilares

Os pilares podem ser classificados conforme a sua posição na planta da edificação, sendo essa característica fundamental para o entendimento do comportamento estrutural dos elementos verticais e, conseqüentemente, para o adequado dimensionamento das seções. Segundo a NBR 6118:2023, a posição do pilar influencia diretamente nas condições de contorno e no grau de restrição lateral, o que impacta a esbeltez e a capacidade resistente da peça. Essa classificação ocorre da seguinte forma:

- **Pilares de canto:** Localizam-se no encontro de duas fachadas, com duas faces livres. São os pilares mais suscetíveis à flambagem em múltiplas direções e geralmente estão sujeitos a maiores momentos fletores, devido à excentricidade das cargas. Por estarem menos confinados, requerem seções mais robustas ou maior taxa de armadura (NBR 6118:2014, item 13.2.3.1).
- **Pilares de extremidade:** Estes pilares possuem uma face livre e estão localizados na borda da edificação, mas não nos cantos. Recebem esforços assimétricos e podem estar sujeitos a momentos fletores elevados, dependendo da rigidez da ligação com vigas e lajes adjacentes. Também exigem atenção especial quanto à estabilidade global da estrutura.
- **Pilares intermediários:** Estão posicionados na região central da planta, cercados por elementos estruturais em todas as faces. Essa configuração garante maior confinamento lateral e menor esbeltez, o que permite, muitas vezes, seções transversais mais econômicas. Além disso, são menos propensos à flambagem lateral (BEER et al., 2017).

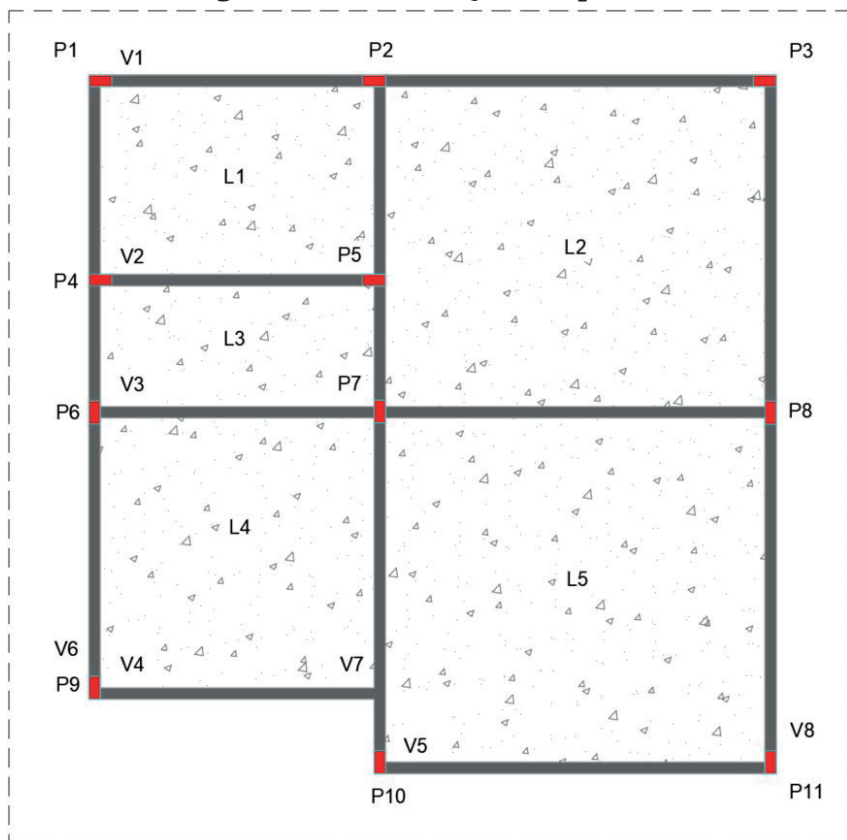
Essa classificação não apenas orienta o dimensionamento, como também interfere diretamente no pré-dimensionamento, que pode adotar critérios diferenciados para cada tipo, como recomendam autores como Helene & Terzian (1992), destacando que a análise do grau de liberdade das faces do pilar contribui para uma concepção estrutural mais racional e segura.

Figura 7 - Posição dos pilares



Fonte: Fusco,1981.

Para reforçarmos a ideia de classificação desses elementos, tomando como base a sua posição, vejamos um exemplo de uma estrutura genérica onde estão identificados todos os elementos estruturais de acordo com sua localização no projeto e os esforços atuantes nesses elementos.

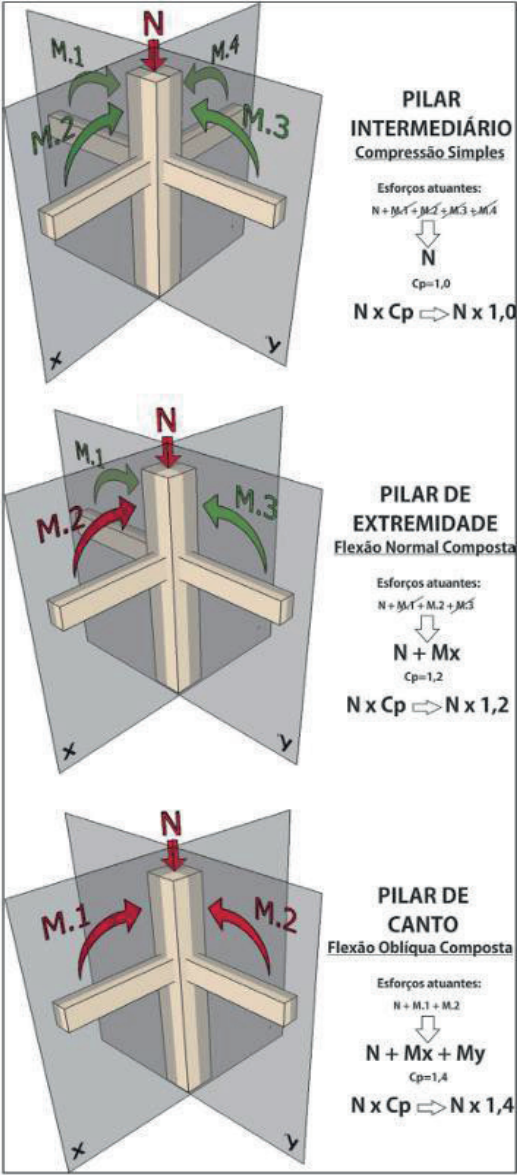
Figura 8 - Classificação dos pilares

Fonte: Autor, 2025.

Seguindo essa ideia de classificação, podemos identificar que os pilares P2, P4, P5, P6, P8 serão classificados como pilares de extremidade. Já os pilares P1, P3, P9, P10 e P11 serão classificados como pilares de canto, enquanto o pilar P7 será classificado como pilar intermediário.

Seguindo a lógica desta classificação, é possível determinar a capacidade resistente de cada elemento, considerando os esforços aos quais estão submetidos. A cada tipo de posição, associa-se um coeficiente de posição (C_p), que expressa a influência dos esforços atuantes sobre o pilar.

Figura 9 - Classificação dos pilares e coeficientes de posição.



Fonte: Aguiar ... [et al.] (2024)

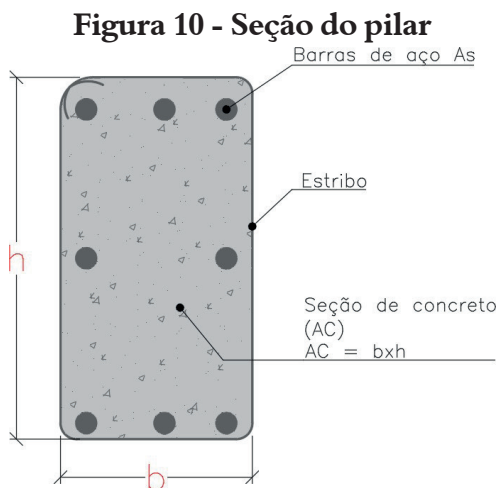
É importante pontuar que o coeficiente de posição (C_p), utilizado para substituir a flexão por um esforço normal correspondente, é válido apenas para o pré-dimensionamento de pilares, visto que, sua utilização é apenas uma simplificação para este método.

Capacidade de carga dos pilares

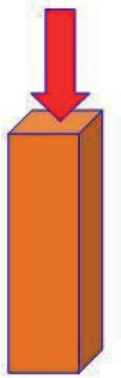
A capacidade de carga dos pilares de concreto armado é definida como a máxima força axial que o elemento pode suportar antes de atingir o colapso, considerando os efeitos combinados de compressão axial e, eventualmente, flexão.

De acordo com a NBR 6118, os pilares devem ser dimensionados para resistir aos esforços solicitantes de cálculo atuantes, garantindo-se segurança contra os estados limites últimos e de serviço. A resistência à compressão do concreto contribui significativamente para a capacidade axial do pilar, enquanto a armadura longitudinal, além de oferecer resistência adicional, melhora o comportamento dúctil da seção, especialmente em situações de flexo-compressão.

A seção transversal de um pilar é composta pela área do concreto (A_c) e pela área do aço (A_s), conforme imagem 20, abaixo.



Fonte: Autor, 2025

Figura 11 - Capacidade de carga do pilar

Fonte: ebanataw.com.br

A capacidade de carga axial de um pilar de concreto armado resulta da soma das contribuições resistentes do concreto e da armadura longitudinal ao esforço de compressão. Esta força total resistente é comumente representada pela letra “P”, correspondendo à resistência máxima do elemento antes do colapso, conforme ilustrado em diagramas clássicos de interação força-momento.

A parcela atribuída ao concreto representa a maior parte da resistência do pilar quando submetido a esforços predominantemente axiais. Esta resistência é calculada com base na resistência característica à compressão do concreto, sendo convertida para uma resistência de cálculo:

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \quad \text{Eq. 5}$$

Onde $\gamma_c = 1.4$ é o coeficiente parcial de segurança para o concreto, conforme a NBR 6118, 2023.

A expressão que quantifica a contribuição resistente do concreto na força total

P_c pode ser descrita por:

$$P_c = 0,85 \cdot f_{cd} \cdot A_c \quad \text{Eq. 6}$$

Onde:

P_c é a força resistida exclusivamente pelo concreto;

f_{cd} é a resistência de cálculo do concreto à compressão;

A_c é a área de concreto útil da seção transversal do pilar.

Simplificando a equação, podemos chegar a seguinte demonstração:

$$\begin{aligned} P_c &= 0.85 \cdot \frac{f_{ck}}{1,4} \cdot A_c \\ P_c &= 0.61 \cdot f_{ck} \cdot A_c \end{aligned} \qquad \text{Eq. 7}$$

O coeficiente 0,85 reduz a tensão média de compressão admissível, considerando as imperfeições geométricas, dispersão dos materiais, efeitos de excentricidade mínima e redistribuição plástica de tensões. Esse fator foi proposto com base em estudos experimentais e análises teóricas, como descrito por Leonhardt & Monnig (1977) e consolidado na prática brasileira pela ABNT NBR 6118.

Segundo Botelho (2006), é possível categorizar diferentes tipos de concreto com base em sua resistência característica, associando cada classe a aplicações específicas. Essa relação está sistematizada na a seguir.

Tabela 4 - Classificação dos tipos de concreto

TIPO	FCK (Mpa)	FCK (Kgf/cm²)	USO
C10	10	100	Dosagens de concreto com resistência significativa foram amplamente utilizadas em edificações de períodos anteriores
C20	20	200	Resistência característica mínima exigida para concretos estruturais, conforme os critérios estabelecidos a partir da NBR 6118:2007.
C50	50	500	Concretos de alto desempenho, frequentemente denominados CAD (Concreto de Alto Desempenho).

Fonte: Autor, 2025.

Contribuição do aço

Partindo da concepção de que a capacidade de carga dos pilares é composta pela parcela do concreto acrescida da contribuição do aço (C_a) e já tendo tratado da parcela de resistência do concreto, demonstremos a participação do aço na capacidade de carga do elemento estrutural em questão.

$$P_c = 0,61 \cdot f_c \cdot A_c + Y_{aço} \cdot A_s \quad \text{Eq. 8}$$

A NBR 6118:2023 estabelece as proporções adequadas entre as áreas de concreto e de armadura longitudinal na seção transversal dos pilares, assegurando o desempenho estrutural e a segurança da edificação. A norma determina que a taxa de armadura deve obedecer aos seguintes limites:

$$0,004 \cdot A_c \leq A_s \leq 0,08 \cdot A_c \quad \text{Eq. 9}$$

Onde:

A_c É a área total da armadura longitudinal;

A_s É a área bruta de concreto da seção transversal do pilar.

Esses limites visam garantir, simultaneamente, a mínima ductilidade necessária para o funcionamento do elemento sob carga e o não superdimensionamento da armadura, o que poderia comprometer a aderência entre aço e concreto e dificultar a concretagem. Assim, o projeto de pilares deve ser conduzido de forma que a seção transversal respeite essa relação normativa entre concreto e aço, atendendo aos critérios de segurança e durabilidade previstos.

É considerado um valor ideal para a taxa de armadura, levando em consideração itens de segurança econômicos, o valor equivalente a 1%. Desse modo, temos:

$$C_a = Y_{aço} \cdot A_s$$

$$C_a = F_{yk} \cdot A_s$$

Sendo A_s igual $A_c \cdot 1,0\%$, para que se concilie fatores de segurança e econômicos. Sendo assim:

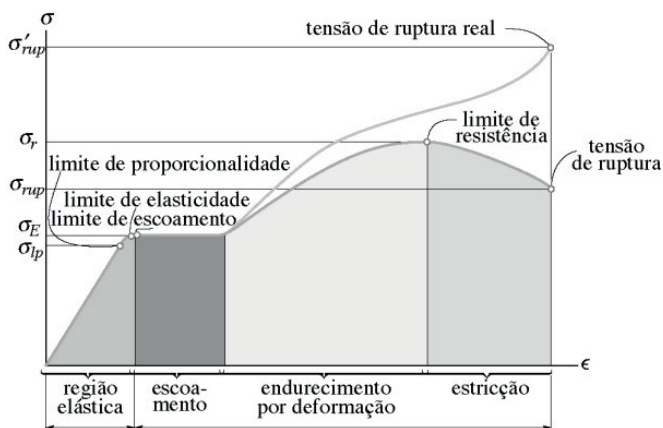
$$C_a = F_{yk} \cdot \frac{A_c}{100} \quad \text{Eq. 10}$$

Assim como ocorre com o concreto, o aço também possui uma resistência característica à tração, definida conforme o tipo do material especificado em projeto. Essa propriedade é considerada a mais relevante para o comportamento estrutural do aço, pois representa sua capacidade de suportar tensões sem ruptura.

A resistência do aço está diretamente relacionada à sua qualidade e ao tipo de solicitação a que será submetido na estrutura. Diferentemente do concreto, que apresenta comportamento frágil à tração, o aço se destaca por sua ductilidade e previsibilidade mecânica, apresentando um comportamento típico em três fases distintas quando submetido a esforços de tração: a fase elástica, a fase de escoamento e a fase de ruptura.

Esse comportamento é representado no diagrama tensão-deformação do aço, conforme ilustrado no Gráfico 02, e é fundamental para o dimensionamento e verificação de elementos estruturais, sobretudo em situações onde a ductilidade é um requisito essencial para garantir a segurança da estrutura frente a ações extremas, como sismos ou sobrecargas acidentais.

Figura 12 - Tensão x deformação do aço



Fonte: Propriedades Mecânicas dos Materiais

Dessa forma, assim como ocorre com o concreto, o dimensionamento da armadura de aço em estruturas de concreto armado exige a aplicação de um coeficiente parcial de segurança, conforme estabelecido pela NBR 6118:2023. Esse fator tem como objetivo introduzir uma margem de segurança no cálculo da capacidade resistente do aço, reduzindo sua resistência característica a um valor de cálculo.

A resistência de cálculo do aço, representada por F_{yd}

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_y}$$

Onde:

F_{yk} É a resistência característica do aço à tração (por exemplo, 500 MPa para o aço CA-50);

γ_y É o coeficiente parcial de segurança adotado para o aço, cujo valor é 1,15, conforme previsto na norma.

Dessa forma, a parcela de contribuição do aço na capacidade de carga do pilar pode ser descrita como segue:

$$C_a = 1\% \cdot A_c \cdot \frac{f_{yk}}{1,15}$$

$$C_a = \frac{A_c f_{yk}}{115} \quad \text{Eq. 11}$$

Em resumo, a resistência que um pilar é capaz de suportar sem sofrer rompimento pode ser determinada a partir da equação abaixo.

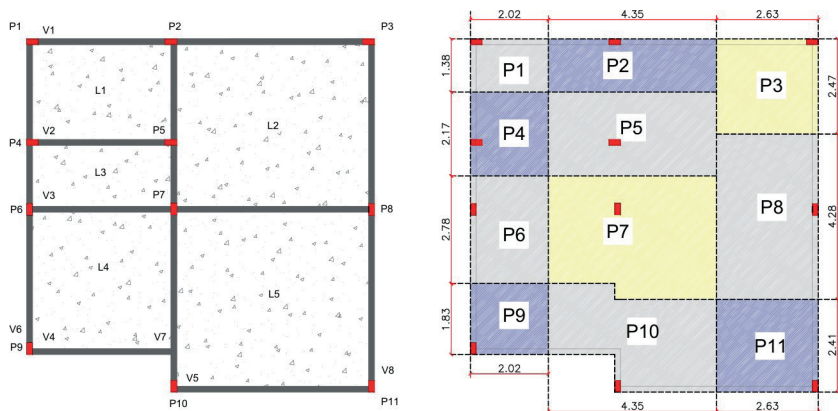
$$P_c = 0,61 \cdot f_{ck} \cdot A_c + \frac{A_c f_{yk}}{115} \quad \text{Eq. 12}$$

Cálculo da capacidade de carga dos pilares

Para a realização do cálculo de pré-dimensionamento de pilares de concreto armado, é necessário adotar algumas hipóteses simplificadoras que facilitam essa etapa inicial do projeto estrutural. Uma das principais suposições é considerar que o carregamento vertical está distribuído de forma proporcional entre todos os pavimentos da edificação. Isso significa que se assume que cada andar contribui com uma carga semelhante em termos de intensidade, respeitando-se a regularidade da estrutura.

Além disso, admite-se também que esse carregamento vertical se distribua de maneira uniforme ao longo de toda a extensão da estrutura, o que permite simplificar os cálculos sem comprometer a segurança nas fases preliminares do projeto, como mostra a (Figura 13 - Área de influência dos pilares.).

Figura 13 - Área de influência dos pilares.



Fonte: Autor, 2025.

Os eixos entre os pilares da estrutura, servem como referência para a delimitação da área de influência de cada um dos elementos tratados. Os valores médios das distâncias entre os eixos dos pilares formam suas respectivas áreas de influência. Segundo Aguiar ... [et al.] (2024, p. 73) “A demarcação da área de influência dos pilares não precisa ser feita com grande precisão.”.

Dessa maneira, após a definição da área de influência atribuída a cada pilar, deve-se avançar para o cálculo da parcela de carregamento correspondente a esse elemento estrutural. Essa etapa é fundamental, pois representa a base para a estimativa das ações verticais que incidirão sobre cada pilar da edificação, ainda na fase de pré-dimensionamento.

A quantificação da carga atuante em um pilar está diretamente relacionada a diversos fatores, sendo o primeiro deles a própria área de influência que representa a região da planta cuja carga é assumida por aquele pilar específico. Além disso, outros aspectos também exercem influência significativa, como o tipo de ocupação ou uso da edificação, uma vez que diferentes ambientes possuem sobrecargas de utilização distintas.

Além disso, é necessário considerar o coeficiente de posição (C_p), que varia de acordo com a localização do pilar na planta da edificação, influenciando diretamente na distribuição dos esforços. Outro parâmetro essencial é o número total de pavimentos, já que a carga suportada por um pilar tende a ser proporcional à quantidade de andares acima dele, especialmente quando se adota a hipótese de carregamento vertical uniforme. A fórmula abaixo demonstra todos os elementos do cálculo.

$$P = A_i \cdot Q \cdot C_p \cdot (n + 0,7) \quad \text{Eq. 13}$$

Onde:

P É carga no pilar, em Kgf

A_i É a área de influência de cada elemento, em m^2

Q É o peso da estrutura mais a carga de ocupação, em Kgf/m^2

C_p É coeficiente de posição, que corresponde a 1,4 para pilares de canto, 1,2 para pilares de extremidade e 1,0 para pilares intermediários.

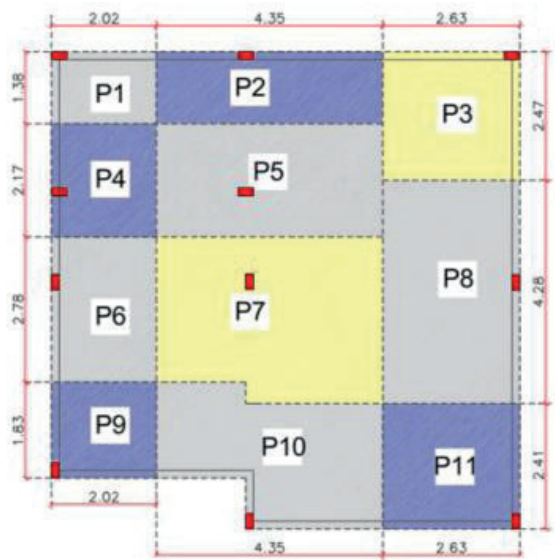
n É o número de pavimentos da edificação.

A parcela de carga atribuída a cobertura é representada pelo fator 0.7.

Cálculo das seções dos pilares

Inicialmente, devemos calcular a área de influência de cada pilar, conforme está representado a seguir:

Figura 14 - Cálculo das áreas de influências



ÁREA DE INFLUÊNCIA P1 $A = 1.38 \times 2.02 = 2.78\text{m}^2$	ÁREA DE INFLUÊNCIA P6 $A = 2.78 \times 2.02 = 5.62\text{m}^2$	ÁREA DE INFLUÊNCIA P11 $A = 2.63 \times 2.41 = 6.64\text{m}^2$
ÁREA DE INFLUÊNCIA P2 $A = 1.38 \times 4.35 = 6.0\text{m}^2$	ÁREA DE INFLUÊNCIA P7 $A = 13.19\text{m}^2$	
ÁREA DE INFLUÊNCIA P3 $A = 2.63 \times 2.47 = 6.50\text{m}^2$	ÁREA DE INFLUÊNCIA P8 $A = 2.63 \times 4.28 = 11.25\text{m}^2$	
ÁREA DE INFLUÊNCIA P4 $A = 2.02 \times 2.14 = 4.32\text{m}^2$	ÁREA DE INFLUÊNCIA P9 $A = 1.83 \times 2.02 = 3.64\text{m}^2$	
ÁREA DE INFLUÊNCIA P5 $A = 2.17 \times 4.35 = 9.43\text{m}^2$	ÁREA DE INFLUÊNCIA 10 $A = 9.45 \text{ m}^2$	

Fonte: Autor, 2025.

Com as áreas de influências de todos os pilares, podemos partir para a determinação das cargas nos elementos.

$$P = A_i \cdot Q \cdot C_p \cdot (n + 0,7$$

Tabela 5 - Cargas nos pilares

PILARES DE EXTREMIDADE	PILARES DE CANTO	PILARES INTERMEDIÁRIOS
P1/P2/P4/P5/P6/P8	P1/P3/P9/P10/P11	P7
P2 = 6,0 x 1.000 x 1,2 x 2,7 P2 = 19.440 Kgf	P1 = 2,78 X 1000 X 1,4 X 2,7 P1 = 10.508,4	P7 = 13,19 x 1000 x 1,0 x 2,7 P7 = 35.613,0 Kgf
P4 = 4,32 X 1.000 X 1,2 X 2,7 P4 = 13.996,8 Kgf	P3 = 6,50 X 1000 X 1,4 X 2,7 P3 = 24.570,0 Kgf	
P5 = 9,43 x 1.000 x 1,2 x 2,7 P5 = 30.553,20 Kgf	P9 = 3,64 x 1000 x 1,4 x 2,7 P9 = 13.759,2 Kgf	
P6 = 5,62 X 1.000 X 1,2 X 2,7 P6 = 18.208,8	P10 = 9,45 x 1000 x 1,4 x 2,7 P10 = 35.721 Kgf	
P7 = 11,25X 1000X 1,2X 2,7 P7 = 36.450,00 Kgf	P11 = 6,64 x 1000 x 1,4 x 2,7 P11 = 25.099,9 Kgf	

Fonte: Autor, 2025.

De posse das informações referentes aos carregamentos que incidem sobre os pilares, o próximo passo consiste na determinação da área de concreto necessária para cada elemento. Para realizar esse dimensionamento, é fundamental estabelecer previamente as resistências características dos materiais que serão empregados na estrutura. De forma usual, adota-se o concreto com resistência característica de 25 MPa e o aço com resistência de 50 kgf/mm². Com esses parâmetros definidos, é possível proceder à substituição dos valores nas equações de cálculo.

$$P_c = 0,61 \cdot f_{ck} \cdot A_c + \frac{A_c f_{yk}}{115} \qquad \text{Eq. 14}$$

$$\begin{aligned} P_c &= 0,61 \cdot 250 \cdot A_c + \frac{A_c 5000}{115} \\ P_c &= 152,5 \cdot A_c + 43,50 \cdot A_c \\ A_c &= \frac{P}{196} \end{aligned} \qquad \text{Eq. 15}$$

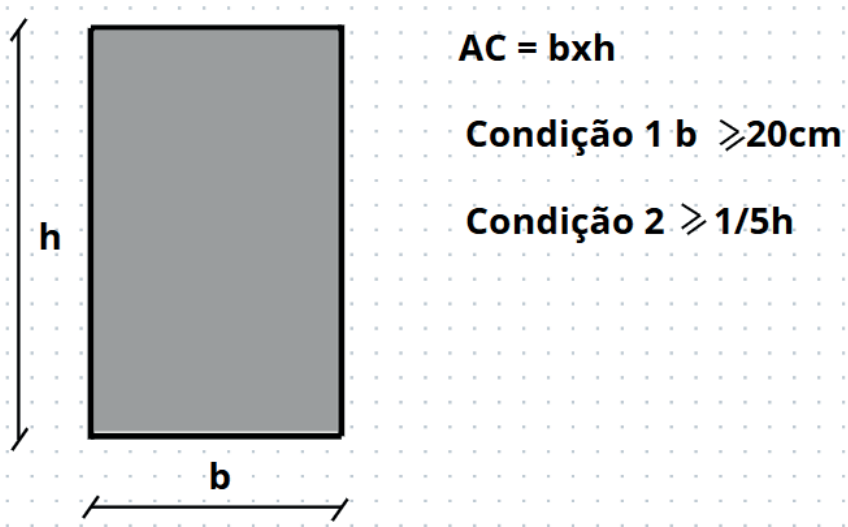
Tabela 6 - Cálculo da área de concreto

PILARES DE EXTREMIDADE		PILARES DE CANTO		PILARES INTERMEDIÁRIOS	
PILAR 02	Ac = 19440 / 196 Ac = 99,18 cm²	PILAR 01	Ac = 10.508,4 / 196 Ac = 53,62 cm²	PILAR 07	Ac = 35.613 / 196 Ac = 181,70 cm²
PILAR 04	Ac = 13996,8 / 196 Ac = 71,42 cm²	PILAR 03	Ac = 24.570 / 196 Ac = 125,36 cm²		
PILAR 05	Ac = 30.553,20 / 196 Ac = 155,88 cm²	PILAR 09	Ac = 13.759,2 / 196 Ac = 70,2 cm²		
PILAR 06	Ac = 18.208,8 / 196 Ac = 92,90 cm²	PILAR 10	Ac = 35.721 / 196 Ac = 182,25 cm²		
PILAR 08	Ac = 36.450 / 196 Ac = 185,96	PILAR 11	Ac = 25.099,9 / 196 Ac = 128,06 cm²		

Fonte: Autor, 2025.

Depois de definir as áreas das seções dos pilares de cada tipo estrutural, é necessário calcular suas dimensões. Para isso, devem ser observados os requisitos mínimos de pré-dimensionamento estabelecidos pela NBR 6118, conforme indicado a seguir:

Figura 15 - Condições mínimas para b e h



Fonte: Autor, 2025.

Para o cálculo das dimensões dos pilares, teremos:

$$Ac = 20 \cdot h \qquad \text{Eq. 16}$$

Para o pilar P1:

$$99,18 = 20 \cdot h$$

$$h = \frac{99,18}{20}$$

$$h = 4,95 \text{ cm}$$

Considerando que h não pode ser inferior a 20cm, use-se a condição de dimensão mínima. Logo o pilar P1 terá dimensões 20cm x 20cm.

Aplicando essas condições cálculos e recomendações para utilização de dimensões mínimas, teremos os seguintes valores para o restante dos pilares:

Figura 16 - Dimensões dos pilares

P = b x h (cm)		
P1 = 20 x 20		P8 = 20 x 20
P2 = 20 x 20		P9 = 20 x 20
P3 = 20 x 20		P10 = 20 x 20
P4 = 20 x 20		P11 = 20 x 20
P5 = 20 x 20		
P6 = 20 x 20		
P7 = 20 x 20		

Fonte: Autor, 2025

Tendo em mãos as seções de todos os pilares da edificação, podemos obter o volume de concreto necessário para esses elementos. Além disso, obtendo o volume total de concreto da obra, tomando como base relações paramétricas, podemos obter os quantitativos alguns outros insumos como aço, fôrma, etc.

Lajes

O pré-dimensionamento das lajes de concreto armado é uma etapa fundamental no desenvolvimento de projetos estruturais, uma vez que define as espessuras mínimas necessárias para garantir o desempenho estrutural adequado da edificação, atendendo simultaneamente aos critérios de segurança, estabilidade e funcionalidade.

A altura das lajes é inicialmente estimada por meio de relações empíricas baseadas na experiência prática e em recomendações normativas, como aquelas encontradas na ABNT NBR 6118:2014. Essa estimativa é válida especialmente na fase de anteprojeto, devendo ser posteriormente validada por análises mais precisas, como o dimensionamento definitivo por esforços e verificação de deformações.

Espessura mínima

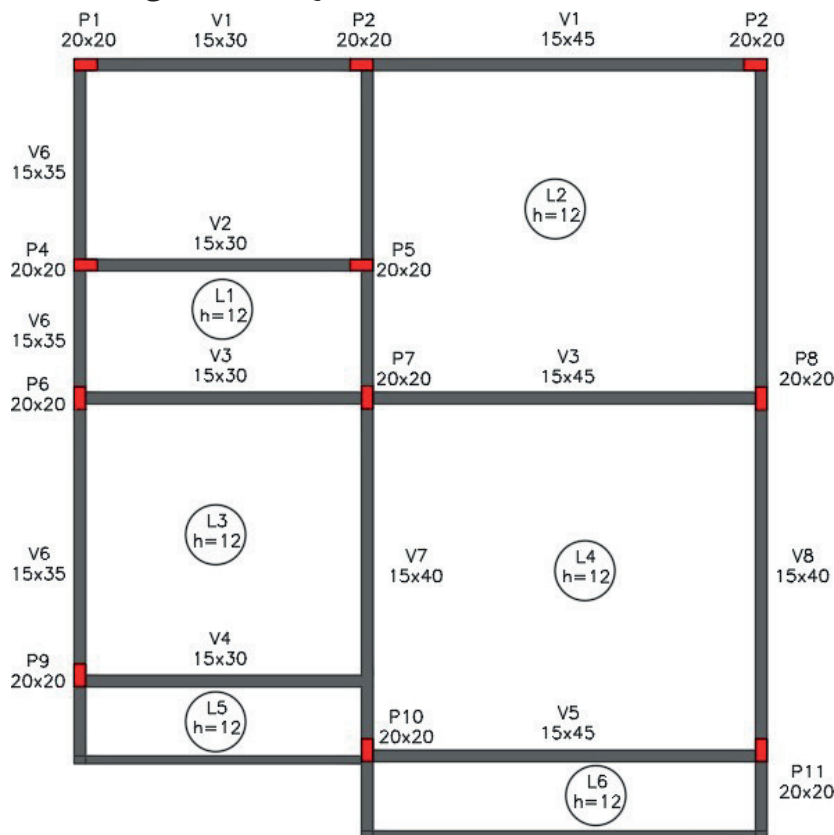
Segundo a NBR 6118, a espessura mínima para lajes maciças deve respeitar os seguintes parâmetros:

- 7 cm para lajes de cobertura não em balanço;
- b) 8 cm para lajes de piso não em balanço;
- c) 10 cm para lajes em balanço;
- d) 10 cm para lajes que suportem veículos de peso total menor ou igual a 30 KN.
- Cálculo do custo considerando o pré-dimensionamento

Partindo das colocações apresentadas anteriormente, podemos definir as seções dos elementos do nosso objeto de estudo. Tomemos como base a planta do pavimento térreo e seus respectivos elementos

estruturais, como consta na figura (Figura 17 - Seções do elementos estruturais).

Figura 17 - Seções do elementos estruturais



Fonte: Autor, 2025.

Podemos então estimar o volume total de concreto utilizado na execução do projeto.

- Pilares: Considerando pilares com seções 20x20cm e altura total de 6,50m (pé direito do térreo, pé direito do primeiro pavimento mais 50cm de platibanda), teremos um volume total de concreto de 2,64m³.

- Vigas: A (Figura 18 - Volume de concreto das vigas) apresenta o volume total de concreto necessário para concretam das vigas da edificação.

Figura 18 - Volume de concreto das vigas

VIGAS	b	h	d	v (m³)
V1	0,15	0,45	9	0,6075
V2	0,15	0,3	3,58	0,1611
V3	0,15	0,45	8,7	0,58725
V4	0,15	0,3	3,58	0,1611
V5	0,15	0,45	4,97	0,335475
V6	0,15	0,35	9,18	0,48195
V7	0,15	0,4	10	0,6
V8	0,15	0,4	10	0,6
V9	0,15	0,45	9	0,6075
V10	0,15	0,3	3,58	0,1611
V11	0,15	0,45	8,7	0,58725
V12	0,15	0,3	3,58	0,1611
V13	0,15	0,45	4,97	0,335475
V14	0,15	0,35	9,18	0,48195
V15	0,15	0,4	10	0,6
V16	0,15	0,4	10	0,6
				7,06875

Fonte: Autor, 2025.

- Lajes: Considerando uma altura de 8cm para a laje da edificação, e uma área de 149,25m², teremos o equivalente a 11,94m³ de concreto.

Tratando todas a informações, podemos verificar que o volume total de concreto utilizado para a edificação, obtido através do pré-dimensionamento, é de aproximadamente 21,87m³.

Para a obtenção do peso da armação, a partir do volume de concreto, segundo Mattos (2019, p.46) “Estruturas abaixo de dez pavimentos, entre 83kg e 88kg por metro cúbico”.

Da mesma forma, para a obtenção a área de fôrma utilizada, segundo Mattos (2019, p.47) “Entre 12m² e 14m² por metro cúbico de concreto.

De posse dos quantitativos obtidos, podemos precificar, de forma aproximada, através da base de dados do SINAPI, a superestrutura da edificação.

Através da (Figura 21 Estimativa de custos por etapa da obra (%)) podemos estimar os custos por etapa da construção, obtendo também o custo total.

Figura 19 - Precificação - base SINAPI

NÚMERO	CÓDIGO	ETAPA / SERVIÇO	UNIDADE	QUANTIDADE	VALOR UNITÁRIO UTILIZADO	VALOR TOTAL UTILIZADO
15.1	103675 SINAPI	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=25 MPA, PARA LAJES MACIÇAS OU NERVURADAS COM USO DE BOMBA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022_PS	M3	19,01	R\$ 754,12	R\$ 14.335,82
15.2	103672 SINAPI	CONCRETAGEM DE PILARES, FCK = 25 MPA, COM USO DE BOMBA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022_PS	M3	2,86	R\$ 753,84	R\$ 2.155,98
15.3	96546 SINAPI	ARMAÇÃO DE BLOCO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10 MM - MONTAGEM. AF_01/2024	KG	1.924,56	R\$ 14,76	R\$ 28.406,51
15.4	104929 SINAPI	FABRICAÇÃO, MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA PARA SAPATA CORRIDA, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, E=17 MM, 4 UTILIZAÇÕES. AF_01/2024	M2	262,44	R\$ 94,68	R\$ 24.847,82

Fonte: SEOBRA,2024.

Logo, o custo aproximado dessa etapa construtiva é de R\$ 69.746,13.

Ao compararmos o custo obtido através do orçamento analítico, para esta etapa construtiva, podemos perceber uma excelente precisão de entre as estimativas propostas.

Figura 20 - Superestrutura (orçamento analítico)

NÚMERO	CÓDIGO	ETAPA / SERVIÇO	UNIDADE	QUANTIDADE	VALOR UNITÁRIO UTILIZADO	VALOR TOTAL UTILIZADO
4.2.1	5965455 ORSE	Armação de bloco utilizando aço ca-50 de 8 mm - montagem. af_01/2024	kg	356,50	R\$ 16,81	R\$ 5.992,77
4.2.2	5965435 ORSE	Armação de bloco utilizando aço ca-60 de 5 mm - montagem. af_01/2024	kg	312,20	R\$ 20,25	R\$ 6.322,05
4.2.3	5927625 ORSE	Armação de pilar ou viga de estrutura convencional de concreto armado utilizando aço ca-50 de 10,0 mm - montagem. af_06/2022	kg	792,60	R\$ 11,97	R\$ 9.487,42
4.2.4	5927635 ORSE	Armação de pilar ou viga de estrutura convencional de concreto armado utilizando aço ca-50 de 12,5 mm - montagem. af_06/2022	kg	218,80	R\$ 10,10	R\$ 2.209,88
4.2.5	5924395 ORSE	Montagem e desmontagem de fôrma de pilares retangulares e estruturas similares, pé-direito simples, em chapa de madeira compensada plastificada, 14 utilizações. af_09/2020	m2	246,80	R\$ 68,52	R\$ 16.910,74
4.2.6	104921 SINAPI	*ARMAÇÃO DE BLOCO, UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 16 MM - MONTAGEM. AF_01/2024	KG	128,00	R\$ 10,85	R\$ 1.388,80
4.2.7	103674 SINAPI	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=25 MPA, PARA LAJES PREMOLDADAS COM USO DE BOMBA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022_PS	M3	23,16	R\$ 773,58	R\$ 17.916,11
4.2.8	103686 SINAPI	CONCRETAGEM DE ESCADAS, FCK=25 MPA, COM USO DE BOMBA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022_PS	M3	1,85	R\$ 816,89	R\$ 1.511,25
4.2.9	103672 SINAPI	CONCRETAGEM DE PILARES, FCK = 25 MPA, COM USO DE BOMBA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022_PS	M3	4,14	R\$ 753,84	R\$ 3.120,90
4.2.10	96543 SINAPI	ARMAÇÃO DE BLOCO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5 MM - MONTAGEM. AF_01/2024	KG	257,30	R\$ 20,33	R\$ 5.230,91

Fonte: Seobra,2025.

O custo total, obtido através do orçamento analítico, para a etapa de superestrutura, foi de R\$70.090,83 havendo, portanto, uma variação próxima de 0,51%.

Através da (Figura 21 Estimativa de custos por etapa da obra (%)) podemos estimar os custos por etapa da construção, obtendo também o custo total.

Figura 21 Estimativa de custos por etapa da obra (%)

Etapas construtivas	Habitacional						Comercial		Industrial
	Residencial			Prédio com elevador fino (4)	Prédio sem elevador		Prédio com elevador fino (7)	Prédio sem elevador médio (8)	Galpão médio (9)
	Fino (1)	Médio (2)	Popular (3)		Médio (5)	Popular (6)			
Serviços preliminares	2,6 a 3,6	2,4 a 3,9	0,6 a 1,3	0,2 a 0,3	0,4 a 0,7	1,1 a 2,1	0 a 1	0,4 a 0,9	1 a 1,9
Movimento de terra	0 a 1	0 a 1	0 a 1	0 a 1	0 a 1	0 a 1	0 a 1	0 a 1	0 a 1
Fundações especiais	-	-	-	3 a 4	3 a 4	3 a 4	3 a 4	3 a 4	4 a 5
Infraestrutura	6,7 a 7,2	3,2 a 3,8	2,3 a 4,1	1,7 a 2,2	3,2 a 3,8	3,8 a 4,3	2,7 a 3,2	3,8 a 4,6	2,7 a 3,5
Superestrutura	15,1 a 17,7	10,9 a 15,1	9,6 a 12,2	25,2 a 30,8	22,2 a 27,6	18,6 a 23,2	22,8 a 27,3	18,9 a 22,7	5 a 6,7
Vedação	4,8 a 8	7,7 a 12,1	7,7 a 13,6	3,4 a 4,7	4,5 a 9	8,3 a 14,1	3,3 a 4,7	5,2 a 8,1	1,9 a 3,3
Esquadrias	2,9 a 5,8	8 a 14,9	8,1 a 13,5	7,7 a 14,4	4,7 a 8,4	3,8 a 6,5	7,8 a 15,4	6,7 a 12,5	6,7 a 12,7
Cobertura	0 a 0,4	3,8 a 8,2	10 a 19,9	-	0,6 a 1,8	-	-	-	17,3 - 26
Instalações hidráulicas	10,8 a 12,7	10,9 a 12,8	11,1 a 12	10,3 a 12,1	9,7 a 11,4	9,4 a 10,4	9,5 a 10,5	7,4 a 8,4	4,4 a 5,3
Instalações elétricas	3,8 a 4,8	3,8 a 4,8	3,8 a 4,8	4,5 a 5,4	3,7 a 4,6	3,8 a 4,8	3,7 a 4,6	3,8 a 4,7	5 a 6
Impermeabilização e isolamento térmica	10,1 a 13,2	0,3 a 0,7	0,4 a 0,8	1,2 a 2,3	1,2 a 1,8	4,4 a 5,6	1,8 a 2,3	5,7 a 7	0,8 a 1,2
Revestimento (pisos, paredes e forros)	20,6 a 27,9	24,8 a 31	21,2 a 29,2	21,7 a 28,2	26,1 a 33,2	24,5 a 34,6	17,3 a 24,4	19,9 a 25,1	7 a 9,7
Vidros	1,8 a 3,4	0,5 a 1	0,9 a 1,7	1,4 a 2,7	0,4 a 0,9	0,4 a 0,9	1,8 a 3,2	1,6 a 3,1	0 a 0,4
Pintura	4 a 5,7	5,8 a 7,5	3,9 a 4,8	3,4 a 4,4	4,8 a 6,6	2,6 a 3,4	7,3 a 10,9	6,5 a 8,3	4,7 a 7,1
Serviços complementares	2,1 a 3,2	0,5 a 0,7	0,5 a 1,1	0,3 a 0,9	0 a 1,1	0,5 a 1,1	0 a 1,1	0 a 8,3	20,3 a 29,2
Elevadores	-	-	-	1,3 a 1,7	-	-	2,7 a 3,3	-	-

Fonte: Como Preparar Orçamentos de Obras, 2019.

Sendo o valor correspondente a superestrutura igual a R\$ 69.746,13, de modo que essa etapa equivale a um percentual que varia entre 15,1% a 17,7%, segundo a figura anterior, podemos estimar o valor total da obra gira em torno de R\$ 394.045,93.

Figura 22 - Custo estimado por etapa

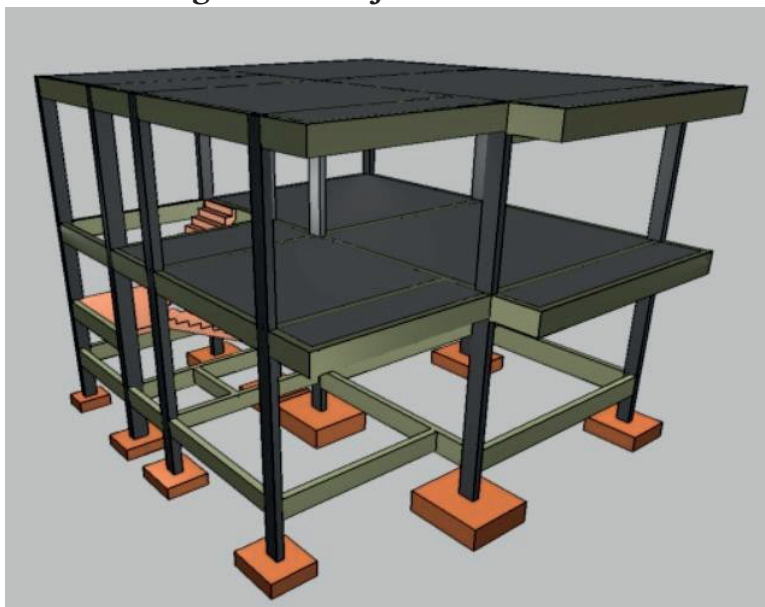
ESTIMATIVA DE CUSTO POR ETAPA DA OBRA		
ETAPA	% DO CUSTO TOTAL	VALOR (MAIOR%)
SERVIÇOS PRELIMINARES	2,6 - 3,6	R\$ 14.185,65
MOVIMENTAÇÃO DE TERRA	0 - 1	R\$ 3.940,46
FUNDAÇÕES ESPECIAIS	-	R\$ -
INFRAESTRUTURA	6,7 - 7,2	R\$ 28.371,31
SUPERESTRUTURA	15,1 - 17,7	R\$ 69.746,13
VEDAÇÃO	4,8 - 8	R\$ 31.523,67
ESQUADRIAS	2,9 - 5,8	R\$ 22.854,66
COBERTURA	0 - 0,4	R\$ 1.576,18
INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS	10,8 - 12,7	R\$ 50.043,83
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	3,8 - 4,8	R\$ 18.914,20
REVESTIMENTOS	20,6 - 27,9	R\$ 109.938,81
VIDROS	1,8 - 3,4	R\$ 13.397,56
PINTURA	4 - 5,7	R\$ 22.460,62
SERVIÇOS COMPLEMENTARES	2,1 - 3,2	R\$ 12.609,47

Fonte: Autor, 2025

Obtenção de custos pelo orçamento analítico

Para a realização do orçamento analítico, foram realizados os projetos necessários para a quantificação de todos os insumos. Parte desses projetos pode ser observado na (Figura 23 - Projeto estrutural 3D).

Figura 23 - Projeto estrutural 3D



Fonte: Autor, 2025.

Com o desenvolvimento do orçamento analítico, norteados pelo projeto executivo do objeto de estudo, obteve-se os seguintes custos para as respectivas etapas da obra. Esse orçamento foi construído a partir do levantamento detalhado de quantitativos dos elementos contidos nos projetos executivos estrutural, elétrico e hidrossanitário.

O orçamento analítico permitiu a decomposição de todos os serviços da construção em etapas, tais como: fundações, estrutura, alvenaria, instalações, cobertura, acabamentos, entre outras. Para cada uma dessas fases, foram identificados os insumos necessários.

Essa metodologia proporcionou uma estimativa mais precisa dos custos envolvidos, permitindo a análise da viabilidade econômica do empreendimento e o planejamento físico-financeiro com maior confiabilidade.

Figura 24 Custo por etapa - orçamento analítico

	NÚMERO	CÓDIGO	ETAPA / SERVIÇO	UNIDADE	QUANTIDADE	VALOR UNITÁRIO UTILIZADO	VALOR TOTAL UTILIZADO	
▶	1		ADMINISTRAÇÃO LOCAL		1,00	R\$ 2.362,68	R\$ 2.362,68	
▶	2		SERVIÇOS PRELIMINARES		1,00	R\$ 17.355,86	R\$ 17.355,86	
▶	3		MOVIMENTAÇÃO DE TERRA		1,00	R\$ 3.720,18	R\$ 3.720,18	
▶	4		ESTRUTURAS DE CONCRETO		1,00	R\$ 100.297,82	R\$ 100.297,82	
▶	5		ALVENARIAS E VEDAÇÕES		1,00	R\$ 78.771,99	R\$ 78.771,99	
▶	6		COBERTURA		1,00	R\$ 16.385,86	R\$ 16.385,86	
▶	7		PISOS REVESTIMENTOS		1,00	R\$ 46.697,15	R\$ 46.697,15	
▶	8		ESQUADRIAS		1,00	R\$ 20.503,11	R\$ 20.503,11	
▶	9		INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS		1,00	R\$ 27.903,04	R\$ 27.903,04	
▶	10		INSTALAÇÕES ELÉTRICAS		1,00	R\$ 22.584,75	R\$ 22.584,75	
▶	11		LOUÇAS E METAIS		1,00	R\$ 21.837,77	R\$ 21.837,77	
▶	12		PINTURA		1,00	R\$ 13.308,73	R\$ 13.308,73	
▶	13		LIMPEZA		1,00	R\$ 293,14	R\$ 293,14	

Fonte: Autor, 2025.

O custo total do orçamento, com um BDI de 25% foi de 465.027,60.

Se compararmos o custo total do orçamento analítico, com os valores obtidos através dos Custo Unitário Básico, podemos notar uma variação de aproximadamente 21,03%. Além disso, podemos notar, ao compararmos o custo total do orçamento analítico com os custos encontrados através do pré-dimensionamento, haverá uma variação próxima de 15,26%.

Portanto, considerando que o método de estimativas de custo pelo CUB não inclui itens como fundações especiais, o processo de abordagem por meio do pré- dimensionamento mais eficiente, visto que, por meio dele, tornou possível realizar a quantificação de todas as etapas do processo executivo, possibilitado uma análise mais precisa.

CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou uma análise comparativa entre três métodos de estimativas de custos aplicados à construção civil: o orçamento baseado no pré- dimensionamento, a estimativa pelo Custo Unitário Básico (CUB) e o orçamento analítico fundamentado em projeto executivo. Cada uma dessas metodologias foi aplicada a um mesmo objeto de estudo, possibilitando a observação das diferenças nos resultados obtidos, bem como a avaliação de suas respectivas características, limitações e aplicabilidades.

Durante a realização do estudo, ficou evidente que o grau de precisão de cada método está diretamente relacionado à quantidade e à qualidade das informações disponíveis no momento da estimativa, bem como ao objetivo da análise. Métodos como o CUB e o pré-dimensionamento são extremamente úteis nas fases iniciais de um empreendimento, oferecendo agilidade e uma noção geral de viabilidade, ainda que apresentem margens de erro consideráveis. Por outro lado, o orçamento analítico, por demandar a existência de projetos executivos completos e compatibilizados, mostrou-se o mais preciso e confiável para fins de planejamento detalhado, controle de custos e tomada de decisão.

A validação desses métodos, por meio da aplicação prática a um mesmo projeto, demonstrou a importância de se conhecer e dominar diferentes abordagens orçamentárias. A depender do estágio de desenvolvimento do empreendimento e do nível de detalhamento exigido, cada metodologia pode ser mais apropriada e estratégica. Essa compreensão crítica permite ao engenheiro civil escolher o método mais adequado a cada situação, contribuindo para a eficiência técnica, econômica e operacional da obra.

Além disso, o estudo evidenciou que a adoção de boas práticas na orçamentação, especialmente com o uso do orçamento analítico, são essenciais para garantir a previsibilidade dos custos, a racionalização dos recursos e a sustentabilidade financeira do empreendimento.

Por fim, reforça-se que a engenharia de custos é um campo em constante evolução, e a validação de novas metodologias, técnicas híbridas e ferramentas digitais de apoio ao orçamento representam caminhos promissores para aumentar a acurácia e eficiência dos processos de planejamento e controle de obras. Neste contexto, a formação do engenheiro civil deve contemplar não apenas o domínio dos métodos

clássicos de orçamentação, mas também o senso crítico para avaliar a melhor abordagem em cada cenário, contribuindo para o sucesso dos empreendimentos e para o avanço técnico do setor da construção civil.

REFERÊNCIAS

MATTOS, Aldo Dórea. **Como preparar orçamentos de obras**. Oficina de Textos, 2019.

DA COSTA, Reinaldo Pacheco; FERREIRA, Helisson Akira; JÚNIOR, Abraão Freires Saraiva. **Preços, orçamentos e custos industriais**. 2010.

CARDOSO, Roberto Sales. **Orçamento de obras em foco**. Oficina de textos, 2020.

GUIMARÃES FILHO, Clodoaldo Xavier. **Aplicação do método de estimativa de custo por parametrização em obras públicas: um estudo de caso**. 2018.

ABNT. **NBR 16636-1:2020** – Serviços de Engenharia – Parte 1: Diretrizes para contratação e escopo. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2020.

MASCARÓ, João de Simoni. **Planejamento e Controle de Obras**. 7. ed. São Paulo: PINI, 2009.

MONTEIRO, Juliana. **Viabilidade Econômica de Projetos de Edificações**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

IBEC – Instituto Brasileiro de Engenharia de Custos. **Manual de Orçamentação**. Rio de Janeiro: IBEC, 2015.

CAIXA. SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil.

ABNT. **NBR 12721:2006** – Avaliação de custos de construção para incorporação imobiliária. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2006.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

PFEIL, Carlos Alberto. **Estruturas de Concreto – Dimensionamento de Elementos Segundo a NBR 6118/2003**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003

NOGUEIRA, A. B. **Concreto Armado – Eu Te Amo. 4.** ed. São Paulo: PINI, 2009.

SOUZA, H.; FIGUEIREDO, A. D. **Manual de dimensionamento de elementos estruturais em concreto armado.** São Paulo: EPUSP, 2008.

MELO, C.; MARTINS, G. **Dimensionamento de Lajes de Concreto Armado.** São Paulo: Zigurate, 2012.

GASPARIN, J. L. **Estimativas e Parâmetros de Consumo de Materiais na Construção Civil.** Porto Alegre: UFRGS, 2014.

Manual de pré-dimensionamento de pilares de concreto armado para arquitetos / Eduardo Aurélio Barros Aguiar ... [et al.] – São Luís: UEMA, 2024.