

Analysis of the excess cost in the concrete budget, for type pavement structure.

Farias, A. P. ¹; Pereira, L. L. M. ²

Graduandos, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil

Jucá, T. R. P. ³

Professora Ma., Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil

¹ anapaulafarias2012@hotmail.com; ² luanalillia.m@gmail.com; ³ jucatatiana@gmail.com

RESUMO: O concreto usinado é um material bastante utilizado na execução de obras verticais e está entre os maiores custos no orçamento, por conta de suas características como, por exemplo, a resistência que este material garante. Na engenharia civil, evitar desperdício durante a execução é fundamental, portanto, é de suma importância o planejamento, desde a elaboração do orçamento até a execução, garantindo controle dos processos, qualidade e produtividade. Pensando nisso, esta pesquisa teve como finalidade coletar e analisar os dados de consumo de concreto de uma estrutura de pavimento tipo, confrontando os dados coletados, com os determinados no projeto e orçamento, com o intuito de indicar os principais fatores do custo excedente no orçamento deste material. Para isso, fez-se uma comparação do custo real gasto na execução com custo previsto no orçamento liberado pela construtora e no orçamento corrigido conforme INCC – Índice Nacional de Construção Civil. Com base nas análises, constatou que o custo excedente no orçamento do material ocorreu por conta de erros técnicos, sobreconsumo do material e das revisões de preço da concreteira, sendo este, o maior de percentual. No orçamento corrigido conforme o INCC, o custo excedente reduziu.

Palavras-chaves: concreto usinado, controle, planejamento, orçamento, obra vertical.

ABSTRACT: Mixed concrete is a material widely used in the execution of vertical works and is among the highest costs in the budget, due to its characteristics such as, for example, the resistance that this material guarantees. In civil engineering, avoiding waste during execution is essential, therefore, planning is of paramount importance, from budgeting to execution, ensuring process control, quality and productivity. With that in mind, this research aimed to collect and analyze the concrete consumption data of a typical pavement structure, comparing the collected data with those determined in the project and budget, in order to indicate the main factors of cost overruns in the budget. of this material. For this, a comparison was made of the actual cost spent in the execution with the estimated cost in the budget released by the construction company and in the corrected budget according to INCC - National Index of Civil Construction. Based on the analyses, it was found that the excess cost in the material budget was due to technical errors, overconsumption of material and price revisions by the concrete company, this being the highest percentage. In the budget corrected according to the INCC, the excess cost reduced.

Keywords: ready-mixed concrete, control, planning, budget, vertical work.

Área de Concentração: 01 – Construção Civil.

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil apresentou mudanças significativas, nos últimos anos, em seus métodos construtivos. Com o aumento da concorrência, a redução da disponibilidade de recursos financeiros

para o empreendimento, o aumento do grau de exigência do cliente e a demanda por bens mais modernos, tornou-se necessário investir em gestão e controle de processos, aumentando, assim, a importância do planejamento para a execução dos serviços com maior produtividade e qualidade (LUIZ FILHO, 2022)(MATTOS, 2010). Com isso, alguns

materiais vêm sendo monitorados, durante a execução da obra, como por exemplo, o concreto.

Segundo Pedroso (2009), o concreto pode ser encontrado em construções de alvenaria, rodovias, pontes, prédios, torres de resfriamento, usinas hidrelétricas e nucleares, obras de saneamento ou até mesmo em plataformas de extração petrolífera móveis.

Clementino; Barros; Santos (2013) afirmam que o concreto é um material oriundo da combinação, em proporção adequada, de água, agregados e aglomerantes. O concreto teve seu surgimento há dois mil anos, em Roma, mas houve muitas modificações para que se tornasse o material que conhecemos atualmente. De acordo com Helene (2017), o concreto de cimento Portland é classificado como uma das descobertas mais interessantes da história. No Brasil, ele tem um papel de destaque na construção civil, por ser o principal material usado em estruturas e o de maior consumo. Trata-se do produto mais importante da construção civil, e isso se deve, principalmente, por causa da sua excelente resistência à água, além da facilidade de uso com variedade de formas e tamanhos, baixo custo, fácil acesso em todo o mundo (MEHTA; MONTEIRO, 1994). Segundo Pedroso (2009), no mundo aproximadamente 11 bilhões de toneladas de concreto são consumido por ano, inferior apenas ao consumo de água.

De acordo com Luiz Filho (2022), no Brasil, é possível identificar dezesseis tipos de concreto, são eles o concreto armado, concreto autoadensável, concreto bombeável, concreto celular, concreto convencional, concreto de alta resistência inicial, concreto de alto desempenho, concreto de cimento Portland, concreto leve, concreto pré-fabricado, concreto projetado, concreto protendido, concreto reciclado, concreto rolado, e o concreto usinado, que é o objeto de pesquisa deste trabalho.

Conforme afirma Coelho (2008), o concreto usinado é um dos principais materiais de uma obra vertical, e está entre os maiores custos, dentre os insumos da construção civil. A necessidade de redução de custos gerou uma busca constante da qualidade e produtividade, fazendo com que o concreto usinado fosse cada vez mais utilizado. Pedroso (2009) aponta que cerca de 30 milhões de metros cúbicos de concreto são produzidos anualmente no Brasil, em centrais dosadoras.

Para que a variação dos preços de materiais da construção civil não gere prejuízos à empresa, faz-se necessário o acompanhamento na evolução dos preços dos materiais e, para isso, algumas empresas utilizam do INCC – Índice Nacional de Construção Civil. De acordo com Silva Junior (2020), os números-índices são relevante instrumento para sintetizar mudanças em variáveis econômicas, durante certo período.

Uma das preocupações do engenheiro responsável na gestão de obra é em relação aos custos previstos no orçamento. Durante a execução de uma obra, podem ocorrer erros que geram custo excedente no orçamento, como, por exemplo, o sobreconsumo dos materiais, a execução divergente com o projeto, entre outros fatores. Pensando nesta necessidade, o planejamento e controle se tornam fundamentais.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi de coletar, analisar e comparar os dados de consumo de concreto, obtidos na estrutura de pavimento tipo, com os dados de projeto e orçamento. Analisou-se o custo do concreto usinado, comparando-se o valor que foi estimado com os custos reais e corrigido conforme INCC para estudar os fatores dos custos excedentes no orçamento.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Orçamento e planejamento

De acordo com Ribeiro (2018), o orçamento tem como propósito estipular o custo final de determinado bem ou serviço. Geralmente, um orçamento é definido a partir da soma dos custos diretos, isto é, das despesas com a mão de obra, material e equipamentos.

Já para Avila; Librelotto; Lopes (2003), o orçamento pode ser tanto o “processo”, quanto o “produto”. Como processo, é definido quando o intuito for estabelecer metas empresariais, em termos de custos, faturamento e desempenho, donde participam na elaboração e se comprometem com sua realização, todo o corpo gerencial da empresa. E é definido como produto, quando o intuito for definir o custo, e, em decorrência, o preço de algum produto ou a realização de algum serviço.

Para Xavier (2017), o orçamento tem que evidenciar todos os cálculos de gastos necessários para realização de uma obra. O autor ainda define que a elaboração do

orçamento é dividido em quatro estágios básicos: concepção, planejamento, execução e finalização.

Mesquita (2012) define o planejamento como sendo “a etapa de preparação para a execução do projeto”, tendo como característica a otimização dos processos e a eliminação das perdas que podem ser evitadas.

Já para Mattos (2010) o planejamento é definido como “elaboração de cronograma de obra realista, com definição de prazo e marcos contratuais”. O autor também cita os benefícios que o planejamento pode trazer à obra e ao seu gestor, entre eles o conhecimento pleno da obra, a padronização dos processos, a otimização da alocação de recursos, e a referência para metas. E afirma, também, que durante o desenvolvimento da construção civil, houve grande informalidade, ou seja, o desperdício era tido como “aceitável” e no qual se valorizava o “tocador de obras”, em detrimento do “gerente”.

2.2. Superestrutura

A superestrutura tem como finalidade suportar todas as cargas atuantes no uso da edificação e durante a obra. É nessa etapa que surgem os pilares, as vigas e as lajes (SALGADO, 2014).

2.3. Concreto estrutural

Concreto é formado em decorrência da mistura de vários materiais, sendo eles: areia, cimento e brita, combinados com água. Possui a finalidade de confeccionar elementos para construção, como vigas, lajes, pilares, fundações e pavimentos, entre outros (SALGADO, 2014).

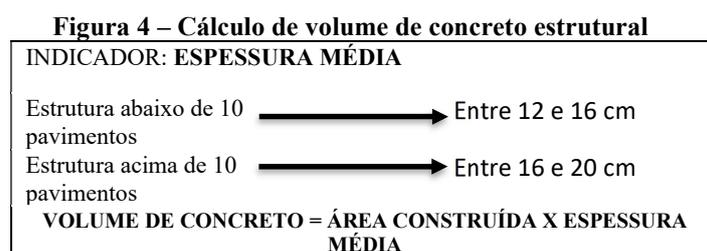
Para Pedroso (2009), o concreto possui duas propriedades que o caracterizam como material construtivo: a sua resistência à água e sua plasticidade. Ao contrário do aço e da madeira, ele sofre menor deterioração quando exposto à água e, devido a essa propriedade, ele é tão utilizado em estruturas de controle, armazenamento e controle de água. Por conta da sua plasticidade, ele lhe permite a modelagem de diferentes formas.

O uso de concreto usinado traz benefícios para o empreendimento, graças ao rígido controle adotado pelas centrais dosadoras, pois há garantia da qualidade de concreto, além da maior agilidade e produtividade da equipe atuante no canteiro de obras (COELHO, 2008).

2.4. Cálculo do volume de concreto

Na fase de elaboração do projeto, o cálculo do volume de concreto é essencial para composição do orçamento, levando-se em consideração as características e a geometria dos componentes estruturais: pilares, vigas, lajes e escadas.

Segundo Mattos (2006), o método geral, para o cálculo do volume de concreto da superestrutura, é multiplicar a área construída pela espessura média, definida como espessura que o volume de concreto alcançaria, se fosse distribuído regularmente pela área do pavimento, conforme exemplificado na Figura 4.



Fonte: Adaptado de Mattos (2006)

Em um estudo de análise de custo estrutural realizado por Fonseca (2016), o volume de concreto foi definido pelo *software* Cypecad, com dados retirados de projetos elaborados pelo arquiteto da obra. Do mesmo modo, Oliveira; Coelho (2019) utilizou o *software* Cypecad para o dimensionamento. As pesquisas tiveram o intuito de comparar os custos para diferentes tipos de estruturas. Nos dois trabalhos, a estrutura de concreto armado obteve menor custo, porém, Oliveira; Coelho (2019) destacou que a mesma atingiu um tempo de execução de 446 dias, enquanto a estrutura misto aço-concreto ficou com 253 dias.

Para Andrade; Pinho; Lordsleem Jr (2012), o quantitativo teórico de concreto dos elementos estruturais de viga, laje e pilar, foram levantados com base nos projetos de fôrmas.

É possível calcular o volume de concreto manualmente, dependendo da quantidade de elementos estruturais. Para elementos estruturais com geometrias retangulares, o cálculo do volume é feito multiplicando-se as suas dimensões: base, largura e comprimento. Essa fórmula serve para as lajes e os pilares, já para as vigas, por possuírem em cada lateral um vazado para encaixe na sua montagem, sua seção não pode ser considerada retangular, portanto, o volume vazado é descontado do volume total de concreto da viga (LEITE et al., 2018).

2.5. Fatores que influenciam no volume de concreto

Há vários fatores que podem impactar no volume de concreto de uma obra, alguns ocorrem durante a fabricação do material e podem influenciar na qualidade e resistência final do concreto. Concretos que não atingem os resultados esperados geram perdas econômicas, conforme ensina Mattos (2006, p. 281):

Há desperdício de material por extravasão na concretagem, deformação das fôrmas, resíduo que fica na betoneira, excesso na fabricação (faz-se mais do que o estritamente necessário), material utilizado para moldagem de corpos-de prova etc. As maiores perdas de concreto, contudo, estão na diferença dimensional entre projeto e campo – uma laje projetada para 10 cm, que venha a ter dimensão final de 10,5 cm já representa 5% de perda, ainda que não se veja nenhum resíduo. (MATTOS, 2006, p. 281).

Para Soibelman (1993), o desperdício de material pode ter como consequências, além da redução do lucro, o aumento do custo para o cliente, a baixa produtividade, a perda de qualidade no processo executivo e no desempenho da edificação. Segundo Xavier (2008), o menor erro no cálculo do volume de concreto é capaz de gerar um impacto prejudicial no orçamento da construtora.

Soibelman (1993) afirma que existe um nível aceitável de perdas, ele as chama de perdas naturais. Neste caso, o valor que será investido, para redução do desperdício, é maior que o valor do volume do material que será economizado. Porém, é necessário fazer mais estudos e análises, pois essas perdas podem variar de obra para obra. Portanto, é necessário ter conhecimento das perdas naturais, para incluir seu índice no orçamento.

2.6. Monitoramento do concreto em obra

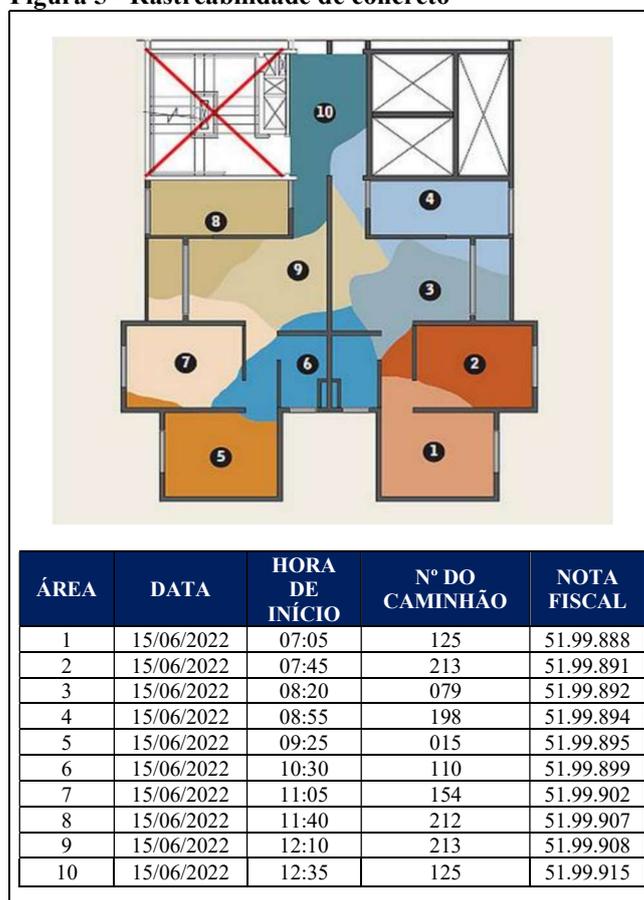
Para um bom desempenho dos elementos estruturais, são essenciais o acompanhamento e controle executivo do mesmo. O controle de qualidade tem como objetivo melhorar e padronizar os processos, para o concreto, e isso, além de contribuir no bom desempenho da estrutura, favorece o cumprimento do orçamento.

Segundo a ABESC (2007), são necessários alguns procedimentos, durante o recebimento do concreto na obra, e deve-se, primeiramente, conferir se as especificações da nota estão de acordo com as do pedido (volume do concreto, fck, diâmetro máximo do agregado, abatimento e aditivos solicitados). Estando

de acordo, deve-se realizar o ensaio de abatimento (slump test) e obtendo resultado dentro dos parâmetros de aceitação, faz-se a coleta da amostra para o ensaio de resistência à compressão conforme descrito na NBR 7212.

De acordo com Zalaf; Filho; Braz (2014), durante a concretagem, o controle é realizado por meio de rastreabilidade, processo que, de modo literal, rastreia o material concretado por caminhão, com o auxílio de mapas de concretagem e preenchimento de dados, conforme Figura 5. O autor também ressaltou que, além da importância da rastreabilidade, o controle de possíveis imprevistos futuros, é um item exigido pelo PBQP-H (Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade dos Habitats) e é indispensável para os controles exigidos na NBR ISO 9001.

Figura 5 - Rastreabilidade de concreto



Fonte: Adaptado de Zalaf; Filho; Braz (2014)

Para Mattos (2010), a rastreabilidade, para a obra, é um dos benefícios do planejamento, como também a padronização dos procedimentos de execução dos serviços.

Na construção civil, Nakagawa; Shimizu (2004) informam sobre a importância dos procedimentos de execução dos serviços eficientes e uma boa logística,

uma vez que a construção se baseia na movimentação de materiais.

Conforme Cani (2015), o acompanhamento e a verificação dos serviços são controles que fazem parte da gestão de qualidade e, nesse trabalho, a construtora realizava o controle através das planilhas, após a finalização dos serviços. O autor também aponta como falha a inexistência das FVS – Fichas de Verificação de Serviço – para muitos serviços.

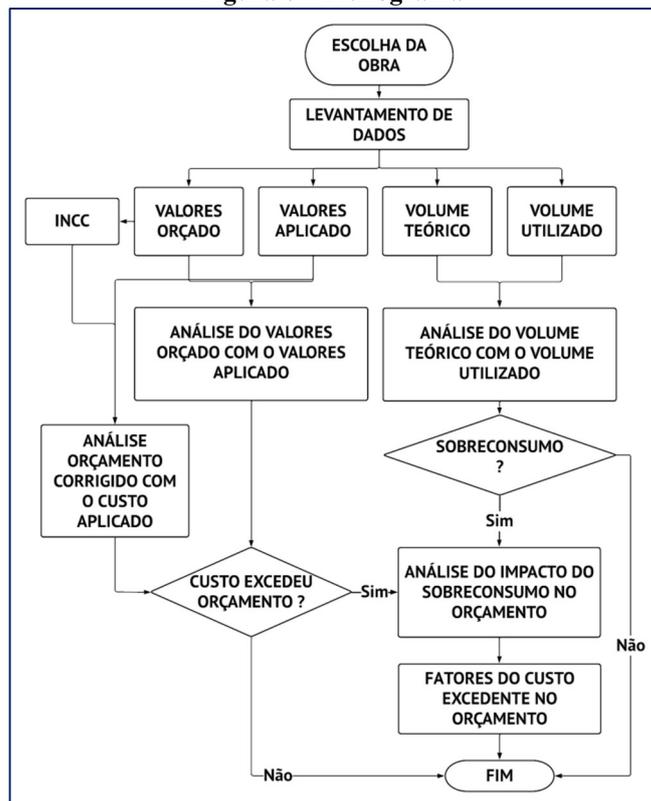
3 METODOLOGIA

O presente trabalho consiste em um estudo experimental, baseado em um caso aplicado em uma obra vertical com 32 pavimentos, em que se visava a analisar se houve, na estrutura de pavimento tipo do empreendimento, custo excedido no orçamento de concreto, comparando-se os custos reais do empreendimento com os valores orçados, e com os valores orçados corrigidos pelo INCC – Índice Nacional de Custo da Construção. Para isso, foi necessário fazer um levantamento de dados, com base nos projetos estruturais, no orçamento e nas notas fiscais de recebimento do concreto usinado que foram entregues na obra, durante a execução do serviço.

Com o intuito de analisar as possíveis causas e fazer a proposição de soluções, verificou-se o consumo de concreto usinado lançado e, com isso, foi estudado o sobreconsumo - caso alguma vez tenha ocorrido. Além disso, com os dados registrados nas FVS – Fichas de Verificação de Serviço – de concreto estrutural e fabricação/montagem de forma, foram identificados os demais problemas.

Em vista da complexidade do roteiro para este estudo, foi elaborado um fluxograma com intuito de visualizar cada uma das etapas em sequência, de maneira clara e eficiente, partindo-se da escolha da obra, conforme ilustrado na Figura 6. Nos itens 3.2 e 3.3, está apresentado como cada etapa da pesquisa foi desenvolvida.

Figura 6 – Fluxograma



Fonte: Próprios autores (2023)

3.1. Levantamento de dados

Definido o objetivo de estudo e conhecendo-se suas características, a pesquisa seguiu para o levantamento de dados, sendo esta parte primordial para o desenvolvimento deste estudo. Foram coletados, diretamente com a empresa responsável pela obra, os seguintes documentos:

- Memorial descritivo
- Orçamento e cronograma
- Projetos estruturais
- Notas Fiscais de concreto
- Formulários de rastreabilidade e mapas de concretagem
- FVS – Fichas de Verificações de Serviço

Conforme memorial descritivo cedido pela construtora, o Quadro 1 ilustra os principais aspectos do estudo de caso. O edifício usado no estudo de caso teve seus projetos elaborados em 2020, o início da execução da estrutura de pavimento-tipo ocorreu em janeiro de 2022 e o término em julho de 2022. O edifício possui duas tipologias, o Tipo 1, do 5º ao 11º pavimento e o Tipo 2, do 6º ao 28º pavimento.

Quadro 1 – Resumo da estrutura

a.	Área Total de Construção	22084,52m ²
b.	Área Total do Terreno	1492,25m ²
c.	Nº de Pavimentos Tipo	24
d.	Nº de Total de Pavimentos	32
e.	Nº de Apartamento por Pavimento	08
f.	Nº Total de Apartamentos em Pavimento Tipo	24 × 8 = 192
g.	Nº Total de Apartamentos	25 × 8 = 200

Fonte: Próprios autores (2023)

3.2. Análise do custo excedente no orçamento de concreto

A análise de custo excedente no orçamento foi realizada por meio da junção de todas as planilhas de levantamento elaboradas no decorrer do estudo. Havendo diferença entre os valores orçados na fase de projeto com os custos reais, outro comparativo dos valores orçados corrigidos pelo INCC mensalmente com os custos reais se fez necessário, pois o orçamento da obra foi elaborado com base no INCC de abril de 2021.

3.2.1. Valores orçados

Os valores orçados para o material de concreto da estrutura tipo foi obtido com base no orçamento da obra, analisando-se a composição de preço unitário. Com o auxílio de planilhas que foram desenvolvidas, calcularam-se os custos orçados por pavimento e fck.

3.2.2. Valores aplicados

Com base no levantamento das Notas Fiscais, foi possível calcular os valores gastos com o concreto usinado, durante todo período de execução da estrutura tipo da edificação. Para isso, foi elaborada uma planilha para o cálculo dos custos por fck e por pavimento. Essa informação, alinhada às revisões do preço do concreto fornecido pela concreteira, foi útil para o estudo da variação dos valores dos concretos com as mesmas características.

3.2.3. Correção com INCC

Em vista das revisões de preço que ocorrem no intervalo de tempo da elaboração do orçamento a execução da obra, fez-se necessário corrigir o orçamento com base no INCC – Índice Nacional de Custo da Construção. A correção mensal dos custos de concreto foi calculada conforme Equação (1).

$$Orc = (Orc_a - C) \times I \quad (1)$$

Onde:

Orc_a – Orçamento corrigido do mês anterior

Orc – Orçamento corrigido do mês posterior

C – Custo do mês anterior

I – Variação do índice mês a mês (%)

A variação do índice mês a mês (I) é disponibilizada pelo FGV – Fundação Getúlio Vargas. Porém, caso necessário, pode ser calculado conforme a Equação 2.

$$I = \left(\frac{\text{Índice}_a}{\text{Índice}} - 1 \right) \times 100 \quad (2)$$

Onde:

Índice_a – Índice qualquer mês anterior

Índice – Índice mês em foco

3.3. Análise do sobreconsumo

Para essa análise, foi feito o levantamento do volume de concreto teórico (Vt), com base nos projetos estruturais e do volume de concreto real utilizado na execução (Vu), para determinar se houve ou não sobreconsumo de concreto.

O sobreconsumo é calculado conforme Equação (3).

$$S = \left(\frac{Vu}{Vt} - 1 \right) \times 100 \quad (3)$$

Onde:

S – Sobreconsumo (%)

Vu – Volume utilizado

Vt – Volume teórico

Com o objetivo de analisar as causas do sobreconsumo, foi feita uma análise das fichas de verificação do concreto estrutural e da fabricação/montagem de fôrma.

3.3.1. Volume teórico (Vt)

Com base nos projetos estruturais e com a elaboração de planilhas, obteve-se o volume de concreto teórico por pavimento e por fck.

3.3.2. Volume utilizado (Vu)

O volume utilizado (Vu), na estrutura tipo da edificação é a soma dos volumes conforme Notas Fiscais entregues pela concreteira, durante o processo de descarga, e nas rastreabilidades elaboradas pela equipe da obra. Com estes dados já levantados, em seguida, calculou-se o volume de concreto utilizado por pavimento e por fck.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Valores orçados

Foi realizado o levantamento do orçamento do material de concreto por pavimento e por fck, no Quadro 2 e 3, respectivamente. Com isso, o custo orçado com o material de concreto, por pavimento tipo, foi de R\$ 905.411,47.

Quadro 2 – Custo orçado por pavimento

PAVIMENTO	CUSTO ORÇADO (R\$)
5°	40.291,87
6°	36.152,53
7°	36.152,53
8°	36.989,19
9°	36.989,19
10°	36.989,19
11°	36.989,19
12°	36.989,19
13°	37.991,79
14°	37.991,79
15°	37.991,79
16°	37.991,79
17°	37.991,79
18°	37.991,79
19°	37.991,79
20°	37.991,79
21°	37.991,79
22°	37.991,79
23°	37.991,79
24°	37.991,79
25°	37.991,79
26°	37.991,79
27°	37.991,79
28°	37.991,79
SOMA	905.411,47

Fonte: Próprios autores (2023)

Quadro 3 – Custo orçado por fck

FCK (MPa)	CUSTO ORÇADO (R\$)
40	40.291,87
35	72.305,07
30	792.814,54
SOMA	905.411,47

Fonte: Próprios autores (2023)

4.2. Valores aplicados

Com base nos dados coletados nas Notas Fiscais apresentadas pela coordenação da obra, foi possível afirmar que o custo gasto com a concreteira, excetuando-se os custos com a bomba, para a execução da estrutura de pavimento tipo, foi de R\$ 1.368.579,90. No Quadro 4, está discriminado o custo aplicado por pavimento e no Quadro 5, por fck.

Quadro 4– Custo aplicado por pavimento

PAVIMENTO	CUSTO APLICADO (R\$)
5°	53.366,43
6°	55.091,86
7°	51.940,00
8°	53.279,84
9°	48.608,00
10°	50.807,38
11°	49.754,76
12°	52.172,25
13°	53.191,74
14°	54.479,47
15°	55.154,84
16°	54.704,59
17°	54.479,47
18°	54.929,71
19°	64.041,16
20°	63.496,43
21°	63.496,43
22°	64.008,50
23°	63.752,46
24°	63.824,19
25°	61.448,16
26°	61.448,16
27°	61.448,16
28°	60.936,09
SOMA	1.368.579,90

Fonte: Próprios autores (2023)

Com base no Quadro 4, o 9° pavimento foi o que atingiu o menor custo com o material de concreto, e o 19° o maior.

Quadro 5 – Custo aplicado por fck

FCK (MPa)	CUSTO APLICADO (R\$)
40	108.458,29
35	105.219,84
30	1.154.901,76
SOMA	1.368.579,90

Fonte: Próprios autores (2023)

4.3. Análise do custo excedente ao orçamento de concreto

Pode-se dizer que, analisado o custo orçado total nos Quadros 2 e 3, comparado ao custo aplicado total apresentado nos Quadros 4 e 5, foi possível confirmar que o custo excedeu R\$ 463.168,43 do orçamento com o concreto.

Com base na Figura 7, o 9º pavimento obteve o menor percentual de acréscimo do custo aplicado em relação ao valor orçado com aproximadamente 31,41% ficando com o custo excedente de R\$ 11.618,81 e o 19º pavimento foi o que mais excedeu o valor orçado,

com um aumento de aproximadamente 68,57%, excedendo o custo orçado em R\$ 26.049,37.

Figura 7 – Custo excedido



Fonte: Próprios autores (2023)

Para um estudo mais detalhado, primeiramente, fez-se necessário confrontar o orçamento ao projeto. Com isso, foi verificada divergência em relação à resistência do concreto por pavimento. Os Quadros 6 e 7 apresentam, respectivamente, a resistência projetada e a considerada no orçamento. O Quadro 6 foi elaborado com base no corte esquemático da obra, apresentado no Anexo A, no qual é possível ver a variação de fck.

Quadro 6 – Resistência projetada por pavimento

FCK (MPa)	PAVIMENTO
40	5º AO 6º
35	7º AO 8º
30	9º AO 28º

Fonte: Próprios autores (2023)

Quadro 7 – Resistência por pavimento no orçamento

FCK (MPa)	PAVIMENTO
40	5º
35	6º AO 7º
30	8º AO 28º

Fonte: Próprios autores (2023)

Com a divergência entre as resistências, o valor total do orçamento ficou abaixo do que exige o projeto, pois, conforme o Quadro 8, o custo orçado do concreto varia de acordo com a resistência e slump.

Quadro 8 – Custo orçado por material

DESCRIÇÃO	CUSTO (R\$)
40 MPa SLUMP 10+/-2	348,43
35 MPa SLUMP 10+/-2	312,63
30 MPa SLUMP 14+/-2 e 16+/-2	328,54

Fonte: Próprios autores (2023)

Outra divergência observada foi em relação ao volume projetado e ao considerado no orçamento. O Quadro 9 apresenta os resultados obtidos dos volumes. Dessa forma, constatou-se diferença de 20,54 m³ em relação aos volumes.

Quadro 9 – Volume projeto e no orçamento

PAVIMENTO	VOLUME DE PROJETO (m³)	VOLUME NO ORÇAMENTO (m³)
5º ao 11º	116,00	115,64
12º ao 28º	116,70	115,64
SOMA	2.795,90	2.775,36

Fonte: Próprios autores (2023)

Em contato com a construtora não foi possível identificar a causa das divergências apresentadas. Vale ressaltar que os projetos foram entregues em todas as revisões e o orçamento na 3ª revisão, ademais nas revisões dos projetos não foi identificada modificação em relação às resistências e aos volumes.

Posto isto, conforme Quadro 10, o valor do orçamento passaria de R\$ 905.411,47 para R\$ 915.446,58, isto é, o erro técnico gerou uma diferença de R\$ 10.035,11.

Quadro 10 – Análise do orçamento

ORÇAMENTO LIBERADO PELA CONSTRUTORA			
DESCRIÇÃO	LOCAL	VOLUME (m³)	CUSTO (R\$)
40MPa 10+/-2	5°	115,64	40.291,87
35MPa 10+/-2	6° AO 7°	231,28	72.305,07
30MPa 12+/-2	8° AO 12°	578,20	184.945,94
30MPa 14+/-2	13° AO 17°	578,20	189.958,94
30MPa 16+/-2	18° AO 28°	1272,04	417.909,66
SOMA		2.775,36	905.411,47
ORÇAMENTO CONFORME PROJETO			
DESCRIÇÃO	LOCAL	VOLUME (m³)	CUSTO (R\$)
40MPa 10+/-2	5° AO 6°	232,00	80.834,60
35MPa 10+/-2	7° AO 8°	232,00	72.530,16
30MPa 12+/-2	9° AO 12°	464,70	148.641,27
30MPa 14+/-2	13° AO 17°	583,50	191.700,17
30MPa 16+/-2	18° AO 28°	1283,70	421.740,38
SOMA		2.795,90	915.446,58

Fonte: Próprios autores (2023)

A tabela de preços da concreteira que atendeu a obra sofreu revisões, no decorrer da execução. O Quadro 11 indica as revisões do preço do material utilizado, conforme Notas Fiscais.

Quadro 11 – Revisão de preço da concreteira

DESCRIÇÃO			DATA	03/2022	05/2022
FCK (MPa)	SLUMP (cm)	BRITA	%	7,0%	14,0%
			PREÇO (R\$)		
40	10+/-2	1	417,19	433,87	464,24
40	12+/-2	1	449,25	480,70	547,99
35	12+/-2	1	424,00	453,68	517,19
35	14+/-2	1	436,72	467,30	532,72
30	14+/-2	0	432,65	462,93	527,74
30	16+/-2	0	434,50	464,92	530,00
30	14+/-2	1	392,00	419,44	478,16
30	5+/-1	0/1	442,14	473,09	539,32
30	15+/-2	0/1	420,79	450,24	513,28
30	6+/-1 e 18+/-3	0/1	419,80	449,18	512,07

Fonte: Próprios autores (2023)

4.4. Correção do orçamento com INCC

Conforme o item 3.2.3 foi feita a correção do orçamento considerando o INCC-DI. A princípio, fez-se necessário a correção de abril de 2021 (data de referência do orçamento) para janeiro de 2022 (data de início das concretagens da estrutura tipo), calculando a variação de índice mês a mês (*I*), resultando em 9,12%.

Conforme Equação (1), fez-se a correção tanto para o orçamento liberado pela construtora, quanto pelo calculado conforme o projeto. Os índices utilizados estão nos Anexos B e C. O Quadro 12 indica o orçamento corrigido.

Quadro 12 – Correção do orçamento com INCC

ORÇAMENTO LIBERADO PELA CONSTRUTORA			
DATA	CUSTO MENSAL (R\$)	VAR. DE ÍNDICE - I	ORÇAMENTO RESTANTE (R\$)
Abril/2021	-	-	905.411,47
Janeiro/2022	53.366,43	9,12%	987.974,79
Fevereiro/22	208.919,70	0,38%	938.159,87
Março/22	214.931,01	0,86%	735.511,63
Abril/22	264.743,21	0,95%	525.526,14
Mai/22	255.042,51	2,28%	266.728,78
Junho/22	202.585,93	2,14%	11.936,36
Julho/22	170.006,56	0,86%	-192.289,16
Orçamento: 1.176.290,74			
ORÇAMENTO CONFORME PROJETO			
DATA	CUSTO MENSAL (R\$)	VAR. DE ÍNDICE - I	ORÇAMENTO RESTANTE (R\$)
Abril/2021	-	-	915.446,58
Janeiro/2022	53.366,43	9,12%	998.924,98
Fevereiro/22	208.919,70	0,38%	949.151,67
Março/22	214.931,01	0,86%	746.597,96
Abril/22	264.743,21	0,95%	536.717,79
Mai/22	255.042,51	2,28%	278.175,60
Junho/22	202.585,93	2,14%	23.628,14
Julho/22	170.006,56	0,86%	-180.496,82
Orçamento: 1.188.083,08			

Fonte: Próprios autores (2023)

No primeiro caso, o custo excedente passou de R\$ 463.168,43 para R\$ 192.289,16, dessa forma o orçamento liberado pela construtora corrigido conforme INCC ficou R\$ 1.176.290,74. No segundo caso o orçamento corrigido ficaria de R\$ 1.188.083,08, reduzindo o custo excedente de

R\$ 449.997,32 para R\$ 180.496,82. Analisando os resultados, pode-se afirmar que a diferença foi de R\$ 11.792,34, isto é, o erro técnico no momento do planejamento aumentou 17,51% após a correção com INCC.

Vale ressaltar que o custo excedeu em julho de 2022, isto é, no último mês de concretagem.

4.5. Levantamento de volume teórico (Vt) e volume utilizado (Vu)

O levantamento do volume teórico (Vt) e o volume utilizado (Vu) está representado no Quadro 13. Ao analisar os dados que o compõem, nota-se que o 11º pavimento se destaca, pois o volume concretado desse pavimento, de acordo com as Notas Fiscais e a rastreabilidade, apresentou um volume abaixo do projetado.

Quadro 13 – Volume de projeto e volume utilizado

PAVIMENTO	VOLUME PROJETO (m³)	VOLUME UTILIZADO (m³)
5º	116,00	123,00
6º	116,00	124,00
7º	116,00	122,50
8º	116,00	122,00
9º	116,00	124,00
10º	116,00	119,50
11º	116,00	115,00
12º	116,70	118,00
13º	116,70	118,50
14º	116,70	121,00
15º	116,70	122,50
16º	116,70	121,50
17º	116,70	121,00
18º	116,70	122,00
19º	116,70	125,00
20º	116,70	124,00
21º	116,70	124,00
22º	116,70	125,00
23º	116,70	124,50
24º	116,70	124,50
25º	116,70	117,50
26º	116,70	120,00
27º	116,70	120,00
28º	116,70	119,00
SOMA	2.795,90	2.918,00

Fonte: Próprios autores (2023)

Em contato com a construtora não houve explicação para o ocorrido. Conforme os registros nas fichas de verificação de serviço de concretagem estrutural, observou-se a existência de brocas no 11º pavimento, o que, ainda assim não justifica o volume de concreto em desacordo. Não foram identificados quaisquer outros registros que remetesse a não conformidade identificada.

4.6. Sobreconsumo

A construtora informou que solicitava um volume a mais que o projetado, com a intenção de utilizá-lo em outros locais do prédio, ou ratear com a obra ao lado que estava na gestão do mesmo engenheiro. O Quadro 14 apresenta as anotações que justificariam, em parte, o sobreconsumo. Entretanto, do 11º ao 18º e do 27º ao 28º, não foram evidenciados registros.

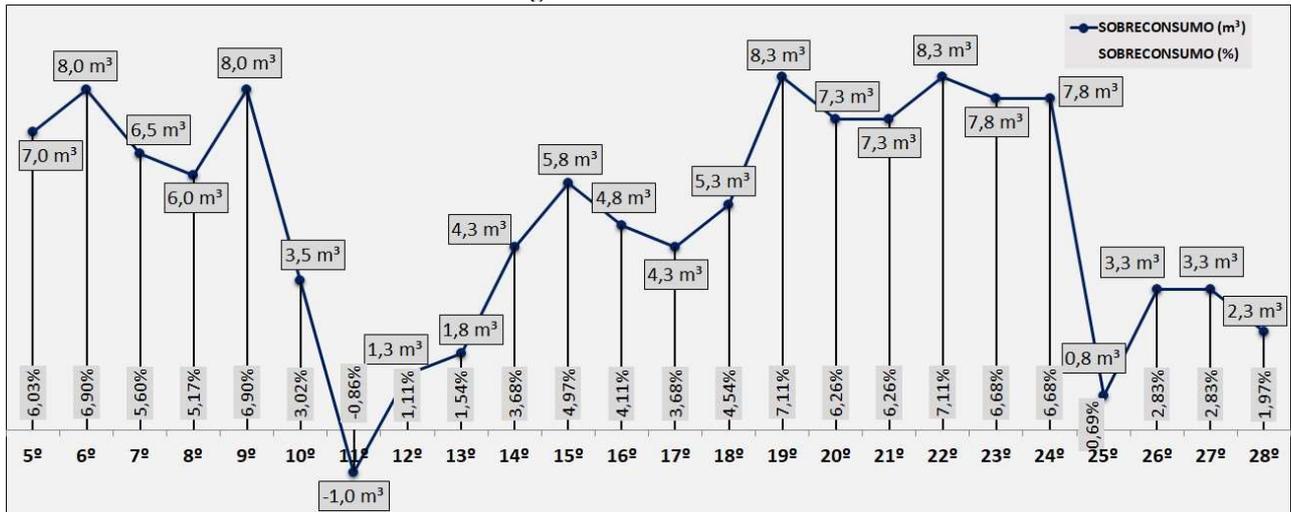
Quadro 14 – Histórico de rastreabilidade

PAVIMENTO	ANOTAÇÕES
5º	3 m³ guarda-rodas
6º	1,5 m³ guarda-rodas do 1º e 2º pavimento
	3 m³ guarda-rodas do 1º pavimento
7º	2,5 m³ guarda-rodas do 1º pavimento e
	2,5 m³ guarda-rodas do 1º e 2º pavimento
8º	2,0 m³ rampa do térreo
9º	3,5 m³ guarda-rodas do 3º pavimento
10º	0,5 m³ guarda-rodas do 3º pavimento
	0,5 m³ devolvido
19º	3 m³ magro no subsolo 2
20º	2 m³ vigas do muro do 3º pavimento
21º	2 m³ obra ao lado
22º	4 m³ obra ao lado
23º	1 m³ obra ao lado
24º	1 m³ obra ao lado
25º	0,5 m³ concreto nas tubulações (envelopamento de canos) do subsolo 2
26º	2 m³ vigas de muro do 2º e 3º pavimento
SOMA	34,50 m³

Fonte: Próprios autores (2023)

No cálculo do sobreconsumo, vale ressaltar que para uma melhor análise, foi desconsiderado o 11º pavimento. Dessa forma, o sobreconsumo global, calculado conforme a Equação (3), foi de 4,59%, isto é, o volume utilizado ultrapassou 123,10 m³ do volume de projeto. De acordo com a Figura 8, o 19º e o 22º pavimento obtiveram o maior sobreconsumo, e o 25º o menor.

Figura 8 – Sobreconsumo



Fonte: Próprios autores (2023)

4.7. Análise do impacto do sobreconsumo no orçamento

Para analisar o impacto do sobreconsumo em relação ao orçamento, fez-se uma simulação conforme o Quadro 15.

Quadro 15 – Simulação do custo conforme volume de projeto

PAVIMENTO	CUSTO APLICADO (RS)	CUSTO TOTAL (RS)
5º	53.366,43	50.329,32
6º	55.091,86	52.112,89
7º	51.940,00	49.184,00
8º	53.279,84	50.659,52
9º	48.608,00	45.472,00
10º	50.807,38	45.472,00
11º	49.754,76	50.187,41
12º	52.172,25	51.597,47
13º	53.191,74	51.597,47
14º	54.479,47	52.543,42
15º	55.154,84	52.543,42
16º	54.704,59	52.543,42
17º	54.479,47	52.543,42
18º	54.929,71	52.543,42
19º	64.041,16	59.899,50
20º	63.496,43	59.758,33
21º	63.496,43	59.758,33
22º	64.008,50	59.758,33
23º	63.752,46	59.758,33
24º	63.824,19	59.758,33
25º	60.167,99	59.758,33
26º	61.448,16	59.758,33
27º	61.448,16	59.758,33
28º	60.936,09	59.758,33
SOMA	1.368.579,90	1.307.053,68

Fonte: Próprios autores (2023)

O custo total remete-se ao valor pago, caso fosse solicitado o volume conforme projeto. Dessa forma,

pode-se afirmar que o sobreconsumo de 4,59% do material custou R\$ 61.526,22.

4.8. Fatores do custo excedente no orçamento

No Quadro 16 estão apresentados os fatores do custo excedente no orçamento do concreto liberado pela construtora e para o orçamento corrigido conforme INCC.

Quadro 16 – Fatores do custo excedente no orçamento

ORÇAMENTO LIBERADO PELA CONSTRUTORA		
FATORES	CUSTO EXCEDENTE	
	(RS)	(%)
SOBRECONSUMO	61.526,22	13,28%
ERROS TÉCNICOS	10.035,11	2,17%
REVISÃO DOS PREÇOS	391.607,10	84,55%
SOMA	463.168,43	100%
ORÇAMENTO CORRIGIDO CONFORME INCC		
FATORES	CUSTO EXCEDENTE	
	(RS)	(%)
SOBRECONSUMO	61.526,22	32,00%
ERROS TÉCNICOS	11.792,34	6,13%
REVISÃO DOS PREÇOS	118.970,60	61,87%
SOMA	192.289,16	100%

Fonte: Próprios autores (2023)

5 CONCLUSÕES

Esta pesquisa teve como objetivo identificar os principais fatores do custo excedente no orçamento de concreto. O valor estimado para a execução da estrutura tipo foi de R\$ 905.411,47 em junho de 2021 com base no INCC de abril de 2021, e o custo real

aplicado foi de R\$ 1.368.579,90, provocando um custo excedente de R\$ 463.168,43. Sendo feita a correção mensal do orçamento liberado pela construtora conforme INCC, o custo orçado passou para R\$ 1.176.290,74, dessa forma o custo excedente total passou para R\$ 192.289,16, sendo 61,87% com revisão de preços, isto é, ainda que corrigido o orçamento, o custo excedente apenas reduziu de R\$ 391.607,10 para R\$ 118.970,60.

Houve erros técnicos que geraram divergência no orçamento em relação ao projeto, sendo responsável por R\$ 10.035,11 de custo excedente, porém quando corrigido conforme o INCC esse valor passa para R\$ 11.792,34.

O sobreconsumo de 4,59% gerou custo excedente de R\$ 61.526,22. Vale ressaltar que 5% de sobreconsumo do concreto é um nível aceitável de perdas, considerando as perdas naturais. Ademais, não foram identificados registros suficientes nas fichas de verificação de serviço (FVS).

À vista disso, esta pesquisa é de suma relevância aos departamentos de engenharia civil, ligados à área de orçamento, planejamento e execução, visando à importância de um controle de custos durante a execução da obra, além da viabilização dos erros técnicos cometidos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABESC, A. B. DAS E. DE S. DE C. DO B. **Manual Do Concreto Dosado Em Central Empresas Associadas**. Disponível em: <<http://www.abesc.org.br/assets/files/manual-cdc.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2022.

ANDRADE, F. K. G. DE; PINHO, S. A. C.; LORDSLEEM JR, A. C. **Perdas e produtividade da mão-de-obra na concretagem de edifícios**. PERNANBUCO: Universidade de PERNANBUCO, 2012.

AVILA, A. V.; LIBRELOTTO, I. L.; LOPES, O. C. **Orçamento de Obras**. [s.l.] Universidade do Sul de Catarina, 2003.

AZEREDO, H. A. DE. **O edifício até sua cobertura**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher LTDA, 1997.

BASTOS, P. S. **Fundamentos do Concreto Armado**. [s.l.] Universidade Estadual Paulista, 2019.

CANI, B. DE F. **Implementação de um sistema de acompanhamento da qualidade, informatizado, em uma obra de construção civil**. [s.l.] Universidade Federal de Santa Catarina, 2015.

CLEMENTINO, F. DE C.; BARROS, G. R.; SANTOS, P. G. D. **Processo Produtivo Em Uma Indústria De Artefatos De Concreto**. [s.l.] Universidade Federal de Goiás, 2013.

COELHO, R. S. DE A. **Concreto armado na prática**. São Luiz: EUMA, 2008.

FONSECA, A. C. V. R. **Orçamento na construção civil: Análise de custo estrutural de uma edificação mista na cidade de Campanha, MG**. [s.l.] Centro Universitário do Sul de Minas - UNIS MG, 2016.

HELENE, P. **Concreto de Cimento Portland**. In: ISAIA, G. C. (Ed.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. 3. ed. [s.l.] IBRACON, 2017. p. 970-1005.

LEITE, T. R. et al. **Comparação de custos de estrutura pré-moldada variando vãos**. [s.l.] Universidade de Passos Fundos, 2018.

LUIZ FILHO, A. **Concreto Auto Adensável: Aplicabilidade E Viabilidade Econômica Na Construção Civil**. [s.l.] Universidade do Sul de Santa Catarina, 2022.

MATTOS, A. D. **Orçamento de obras**. 1. ed. São Paulo: Pini, 2006.

MATTOS, A. D. **Planejamento e Controle de Obras**. 2. ed. [s.l.] Oficina de textos, 2010.

MESQUITA, E. P. **Lean construction**. In: MESQUITA, L. S. (Ed.). **1ª Temporada de Minicursos**. [s.l.] PET CIVIL UFG, 2012. p. 18-27.

METHA, P.K.; MONTEIRO, P.J. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: Pini Editora, 1994.

NAKAGAWA, Y.; SHIMIZU, Y. **Toyota Production System Adopted by Building Construction in Japan**. [s.l.] Saitama Prefecture, 2004.

OLIVEIRA, D. M. DE; COELHO, T. S. **Estudo comparativo entre estrutura mista de aço e concreto e estrutura de concreto armado na ampliação das faculdades DOCTUM de Caratinga-MG**. Caratinga: Faculdades Doctum de Caratinga, 2019.

PEDROSO, F. L. **Concreto: Material Construtivo Mais Consumido No Mundo**. **Revista Concreto & Construções - Instituto Brasileiro de Concreto (IBRACON)**, v. XXXVII, n. 53, p. 14-77, 2009.

RIBEIRO, R. W. G. **Estudo de Orçamento em Edificação Multifamiliar**. [s.l.] Universidade Federal da Paraíba, 2018.

SALGADO, J. C. P. **Técnicas e Práticas Construtivas: da Implantação ao Acabamento**. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/64851369-Tecnicas-e-praticas-construtivas-da-implantacao-ao-acabamento.html>>. Acesso em: 15 nov. 2022.

SANTOS, J. P. DE C. **Dimensionamento de fundação profunda: estudo de caso de uma obra em Patos de Minas**. [s.l.] Finom Patos de Minas, 2017.

SILVA JUNIOR, J. H. DA. **Índice De Preço Do Material De Construção**. [s.l.] Universidade Fumec, 2020.

SOIBELMAN, L. **As perdas de materiais na construção de edificações: sua incidência e seu controle**. [s.l.] Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1993.

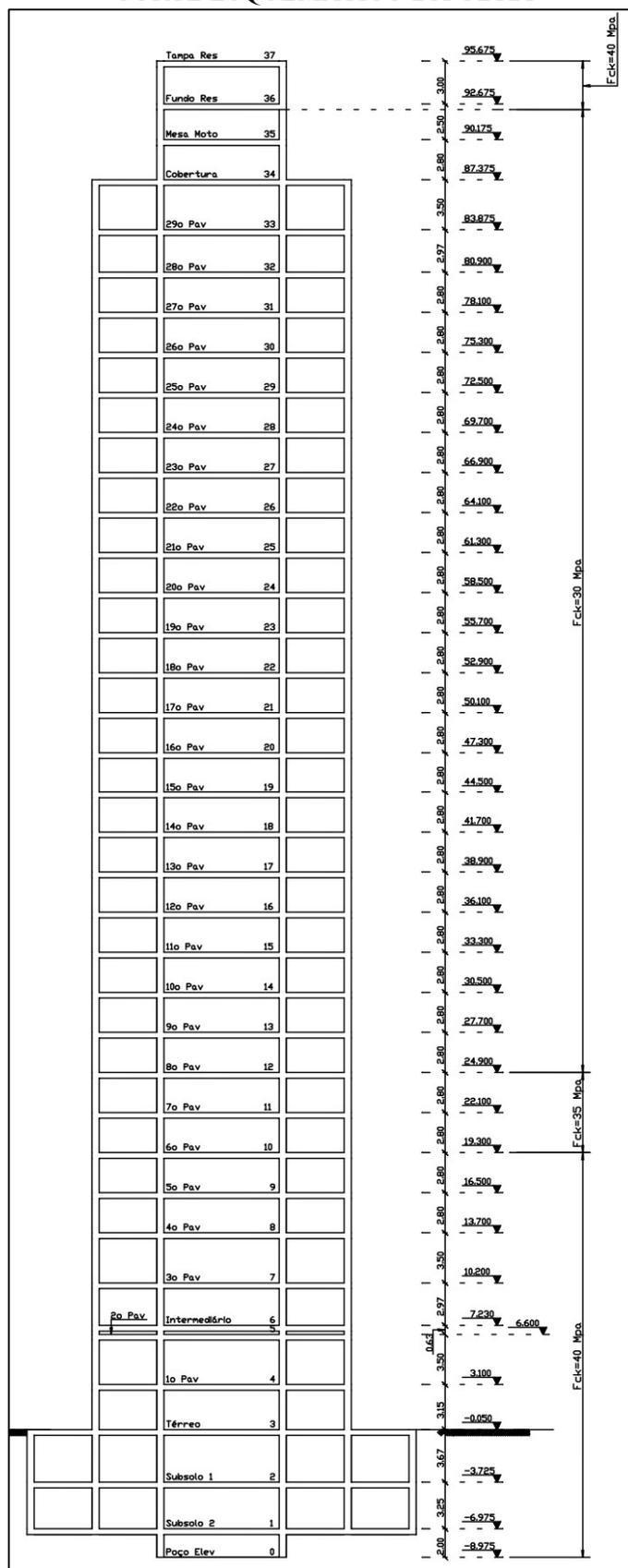
XAVIER, I. **Orçamento, planejamento e custos de obras**. São Paulo: FUPAM - Fundação de Apoio a Pesquisa Ambiental, 2008.

XAVIER, I. S. DE L. **Orçamento, Planejamento e Gerenciamento de Obras**. 1. ed. Rio de Janeiro: Rio Books, 2017.

ZALAF, R. S.; FILHO, S. R. M.; BRAZ, T. C. **Estudo do controle tecnológico e recebimento do concreto em obra**. [s.l.] Universidade Federal de Goiás, 2014.

7 ANEXOS E APÊNDICES

ANEXO A
CORTE ESQUEMÁTICO DA OBRA



Fonte: Corte esquemático da obra (2021)

ANEXO B
ÍNDICE DE PREÇO: INCC-DI/FGV 2021

2020		Ano: 2021			2022
Índice					
Mês	Índice	Var% Mês	Acum. Ano%	Acum. 12 meses%	
JAN	852,809	0,89%	0,89%	9,37%	
FEV	868,929	1,89%	2,80%	11,07%	
MAR	880,265	1,30%	4,14%	12,23%	
ABR	888,191	0,90%	5,08%	12,99%	
MAI	907,899	2,22%	7,41%	15,26%	
JUN	927,512	2,16%	9,73%	17,36%	
JUL	935,359	0,85%	10,66%	16,98%	
AGO	939,699	0,46%	11,17%	16,68%	
SET	944,520	0,51%	11,74%	15,93%	
OUT	952,596	0,86%	12,70%	14,94%	
NOV	959,001	0,67%	13,46%	14,25%	
DEZ	962,321	0,35%	13,85%	13,85%	

Fonte: FGV (2021)

ANEXO C
ÍNDICE DE PREÇO: INCC-DI/FGV 2022

2021		Ano: 2022			2023
Índice					
Mês	Índice	Var% Mês	Acum. Ano%	Acum. 12 meses%	
JAN	969,184	0,71%	0,71%	13,65%	
FEV	972,904	0,38%	1,10%	11,97%	
MAR	981,244	0,86%	1,97%	11,47%	
ABR	990,543	0,95%	2,93%	11,52%	
MAI	1.013,164	2,28%	5,28%	11,59%	
JUN	1.034,824	2,14%	7,53%	11,57%	
JUL	1.043,760	0,86%	8,46%	11,59%	
AGO	1.044,679	0,09%	8,56%	11,17%	
SET	1.045,616	0,09%	8,66%	10,70%	
OUT	1.046,896	0,12%	8,79%	9,90%	
NOV	1.050,701	0,36%	9,18%	9,56%	
DEZ	1.051,632	0,09%	9,28%	9,28%	

Fonte: FGV (2022)