



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE ANGICOS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

ANA OLÍVIA NEVES LEITE

**INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO ORÇAMENTO DE OBRAS: USO DE MODELOS
DE LINGUAGEM NO LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS**

ANGICOS/RN

2025

ANA OLÍVIA NEVES LEITE

**INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO ORÇAMENTO DE OBRAS: USO DE MODELOS
DE LINGUAGEM NO LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS**

Trabalho Final de Graduação apresentado à
Universidade Federal Rural do Semi-Árido como
requisito para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Luís Henrique Gonçalves
Costa

ANGICOS/RN

2025

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

L533i Leite, Ana Olívia Neves.
Inteligência artificial no orçamento de obras:
uso de modelos de linguagem no levantamento de
quantitativos / Ana Olívia Neves Leite. - 2025.
82 f. : il.

Orientador: Luís Henrique Gonçalves Costa.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2025.

1. levantamento de quantitativos. 2. orçamento
de obras. 3. inteligência artificial. 4. modelos
de linguagem. 5. engenharia de prompt. I. Costa,
Luís Henrique Gonçalves, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Angicos
Bibliotecário: Helder Romero Maia Duarte
CRB: 15/673

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

ANA OLÍVIA NEVES LEITE

**INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO ORÇAMENTO DE OBRAS: USO DE MODELOS
DE LINGUAGEM NO LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS**

Trabalho Final de Graduação apresentado à
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Defendida em: 18/12/2025.

BANCA EXAMINADORA

Luís Henrique Gonçalves Costa, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente

Kleber Cavalcanti Cabral, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

Arthur Gomes Dantas de Araújo, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente ao meu orientador, Prof. Dr. Luís Henrique Gonçalves Costa, pelo seu dom da docência, pela compreensão, apoio e disposição. Eu jamais teria chegado tão longe nesse processo de conclusão de curso sem a sua inestimável ajuda.

Ao meu tão amado companheiro de vida, Kellyson Felipe de Lelis Bezerra, que com seu amor, incentivo e paciência, me trouxe de volta ao caminho.

À minha mãe, Marinalva Neves Dantas, que nunca deixou de acreditar em mim, e sempre me assistiu da forma que estivesse ao seu alcance.

À banca que reservou seu tempo para ler e avaliar o meu trabalho.

Ao corpo docente da UFERSA que colaborou para minha formação.

Aos meus amigos e familiares que torceram por mim.

Meu muito obrigada!

*“Não rebrilha tudo que é ouro,
Nem perdidos estão os que vagam”*

J. R. R. Tolkien – A Sociedade do Anel, p. 257.

RESUMO

A elaboração de orçamentos na construção civil depende do levantamento de quantitativos a partir de projetos, etapa que, quando realizada de modo tradicional (manual), tende a consumir tempo significativo e historicamente está sujeita a falhas humanas. Nesse contexto, este trabalho investiga como ferramentas baseadas em Grandes Modelos de Linguagem (LLMs) como ChatGPT e Gemini podem auxiliar no levantamento de quantitativos necessários ao orçamento de uma residência unifamiliar, propondo procedimentos para sua aplicação no fluxo de trabalho do orçamentista. A pesquisa foi conduzida como estudo de caso, utilizando o projeto de fundações e estrutura de uma residência unifamiliar de dois pavimentos, com 175,25 m² de área construída e sistema estrutural em concreto armado moldado in loco. O método contemplou: levantamento manual dos quantitativos a partir do projeto em PDF e consolidação em planilhas, uso de engenharia de prompt para otimizar a elaboração dos comandos e realização de testes práticos com ChatGPT, Gemini e Copilot, comparação entre os resultados obtidos, considerando precisão, velocidade e qualidade da extração de dados. Por fim, o estudo busca evidenciar potencialidades e limitações do uso de LLMs na orçamentação, bem como produzir um guia de boas práticas para a integração de IA à elaboração de orçamentos em projetos de engenharia civil, contribuindo com recomendações para adoção mais segura e eficiente dessas ferramentas em rotinas profissionais.

Palavras-chave: Orçamento de obras; Levantamento de quantitativos; Inteligência artificial; Modelos de linguagem; Engenharia de *prompt*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Identificação das vigas de fundação.....	25
Figura 2 – Teste com Copilot	45
Figura 3 – Teste com Copilot 2	46
Figura 4 – Teste com Copilot 3	49
Figura 5 – Teste com Copilot 4	50

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Comparação entre os tempos de levantamento	55
Gráfico 2 – Comparação entre os quantitativos levantados: volume de concreto.....	57
Gráfico 3 – Comparação entre os quantitativos levantados: área de formas.....	57
Gráfico 4 – Percentual de divergência no levantamento do volume de concreto.....	58
Gráfico 5 – Percentual de divergência no levantamento da área de formas	59

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Comparação entre os tempos de levantamento	54
Quadro 2 – Comparação qualitativa dos métodos.....	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Memória de cálculo das sapatas	23
Tabela 2 – Memória de cálculo da fundação corrida	24
Tabela 3 – Memória de cálculo dos pilares (pescoço)	27
Tabela 4 – Memória de cálculo dos pilares.....	28
Tabela 5 – Memória de cálculo para vigas do 1º lance.....	28
Tabela 6 – Memória de cálculo para vigas da primeira cobertura	29
Tabela 7 – Memória de cálculo para vigas da segunda cobertura	29
Tabela 8 – Memória de cálculo para vigas do reservatório	30
Tabela 9 – Memória de cálculo para laje do 1º lance	30
Tabela 10 – Memória de cálculo para lajes da cobertura 1	31
Tabela 11 – Memória de cálculo para laje de cobertura 2 (h = 13 cm).....	31
Tabela 12 – Memória de cálculo para laje de cobertura 2 (h = 17 cm)	31
Tabela 13 – Memória de cálculo para laje de cobertura 2 (h = 10 cm)	31
Tabela 14 – Memória de cálculo para laje do reservatório	31
Tabela 15 – Memória de cálculo para escada	32
Tabela 16 – Resultado do levantamento das sapatas pelo Gemini	33
Tabela 17 – Resultado do levantamento dos pescoços de pilares pelo Gemini.....	34
Tabela 18 – Resultado do levantamento da fundação corrida pelo Gemini.....	34
Tabela 19 – Resultado do levantamento dos pilares	35
Tabela 20 – Resultado do levantamento das vigas da primeira laje pelo Gemini	36
Tabela 21 – Resultado do levantamento das vigas da cobertura 1.....	36
Tabela 22 – Resultado do levantamento das vigas da cobertura 2.....	37
Tabela 23 – Resultado do levantamento das vigas do reservatório	37
Tabela 24 – Resultado do levantamento da laje do pavimento superior.....	37
Tabela 25 – Resultado do levantamento da laje de cobertura 1 pelo Gemini.....	38
Tabela 26 – Resultado do levantamento da laje de cobertura 2 (h = 13 cm) pelo Gemini	38
Tabela 27 – Resultado do levantamento da laje de cobertura 2 (h = 17 cm) pelo Gemini	38
Tabela 28 – Resultado do levantamento da laje de cobertura 2 (h = 10 cm) pelo Gemini	38
Tabela 29 – Resultado do levantamento de lajes do reservatório pelo Gemini: tampa	38
Tabela 30 – Resultado do levantamento de lajes do reservatório pelo Gemini: fundo.....	38
Tabela 31 – Resultado do levantamento da escada pelo Gemini.....	39

Tabela 32 – Resultado do levantamento das sapatas pelo ChatGPT	39
Tabela 33 – Resultado do levantamento de pescoços de pilar pelo ChatGPT	40
Tabela 34 – Resultado do levantamento da fundação corrida pelo ChatGPT	40
Tabela 35 – Resultado do levantamento de pilares pelo ChatGPT	41
Tabela 36 – Resultado do levantamento das vigas da primeira laje pelo ChatGPT	41
Tabela 37 – Resultado do levantamento de vigas da cobertura 1 pelo ChatGPT	42
Tabela 38 – Resultado do levantamento das vigas da cobertura 2 pelo ChatGPT	42
Tabela 39 – Resultado do levantamento das vigas do reservatório pelo ChatGPT	42
Tabela 40 – Resultado do levantamento da primeira laje pelo ChatGPT	43
Tabela 41 – Resultado do levantamento da laje de cobertura 1 pelo ChatGPT	43
Tabela 42 – Resultado do levantamento da laje de cobertura 2 (h = 13 cm) pelo ChatGPT ...	43
Tabela 43 – Resultado do levantamento da laje de cobertura 2 (h = 17 cm) pelo ChatGPT ...	43
Tabela 44 – Resultado do levantamento da laje de cobertura 2 (h = 10 cm) pelo ChatGPT ...	44
Tabela 45 – Resultado do levantamento da laje do reservatório pelo ChatGPT: Tampa	44
Tabela 46 – Resultado do levantamento da laje do reservatório pelo ChatGPT: Fundo	44
Tabela 47 – Resultado do levantamento da escada pelo ChatGPT	44
Tabela 48 – Resultado do levantamento de sapatas pelo Copilot	47
Tabela 49 – Resultado do levantamento dos pescoços de pilar pelo Copilot	47
Tabela 50 – Resultado do levantamento da fundação corrida	48
Tabela 51 – Resultado do levantamento de pilares pelo Copilot	48
Tabela 52 – Resultado do levantamento das vigas da primeira laje pelo Copilot	50
Tabela 53 – Resultado do levantamento das vigas da cobertura 1 pelo Copilot	51
Tabela 54 – Resultado do levantamento das vigas da cobertura 2 pelo Copilot	51
Tabela 55 – Resultado do levantamento das vigas do reservatório pelo Copilot	51
Tabela 56 – Resultado do levantamento da laje do pavimento superior pelo Copilot	52
Tabela 57 – Resultado do levantamento da laje de cobertura 1 (h = 13 cm) pelo Copilot	52
Tabela 58 – Resultado do levantamento da laje de cobertura 2 (h = 13 cm) pelo Copilot	52
Tabela 59 – Resultado do levantamento da laje de cobertura 2 (h = 17 cm) pelo Copilot	52
Tabela 60 – Resultado do levantamento da laje de cobertura 2 (h = 10 cm) pelo Copilot	52
Tabela 61 – Resultado do levantamento da laje do reservatório pelo Copilot: Tampa	53
Tabela 62 – Resultado do levantamento da laje do reservatório pelo Copilot: Fundo	53
Tabela 63 – Resultado do levantamento de escada pelo Copilot	53
Tabela 64 – Comparação entre os quantitativos levantados: volume de concreto	56
Tabela 65 – Comparação entre os quantitativos levantados: área de formas	56

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	OBJETIVOS.....	15
2.1	Objetivo Geral	15
2.2	Objetivos Específicos	15
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
3.1	Orçamento de obras	16
3.2	Levantamento de quantitativos	17
3.3	Inteligência Artificial	18
3.3.1	Ferramentas de Inteligência Artificial	19
3.3.2	Engenharia de Prompt.....	20
4	METODOLOGIA DA PESQUISA.....	21
4.1	Caracterização da pesquisa	21
4.2	Objeto de estudo	21
4.3	Procedimentos metodológicos	22
5	LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS – MÉTODO TRADICIONAL	23
5.1	Fundações	23
5.1.1	Sapatas	23
5.1.2	Fundação corrida simples	24
5.1.3	Pescoços de pilar.....	26
5.2	Estrutura.....	27
5.2.1	Pilares	27
5.2.2	Vigas	28
5.2.3	Lajes.....	30
5.2.4	Escada	32
6	LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS – APLICAÇÃO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL.....	33
6.1	Aplicação com Gemini	33
6.2	Aplicação com ChatGPT	39

6.3	Aplicação com Copilot	44
7	ANÁLISE DOS DADOS E RESULTADOS.....	54
7.1	Comparativo entre os processos de levantamentos dos quantitativos	54
7.1.1	Tempo	54
7.1.2	Precisão	55
7.1.3	Análise qualitativa	59
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	61
9	REFERÊNCIAS.....	62
	APÊNDICE A – Prompt para sapatas	63
	APÊNDICE B – Prompt para pescoço de pilar	64
	APÊNDICE C – Prompt para fundação corrida	65
	APÊNDICE D – Prompt para pilares	66
	APÊNDICE E – Prompt para vigas	67
	APÊNDICE F – Prompt para lajes	69
	APÊNDICE G – Prompt para escada	71
	APÊNDICE H – Prompt para sapatas adaptado ao ChatGPT	72
	ANEXO A – Prancha 01: Forma da fundação e locação dos pilares	73
	ANEXO B – Prancha 02: Detalhe das sapatas	74
	ANEXO C – Prancha 03: Detalhamento dos Pilares.....	75
	ANEXO D – Prancha 04: Forma da primeira laje	76
	ANEXO E – Prancha 05: Formas das coberturas 1 e 2	77
	ANEXO F – Prancha 06: Detalhe das vigas da primeira laje.....	78
	ANEXO G – Prancha 07: Detalhe das vigas da cobertura 1	79
	ANEXO H – Prancha 08: Detalhe das vigas da cobertura 2	80
	ANEXO I – Prancha 09: Forma e vigas do reservatório.....	81
	ANEXO J – Prancha 10: Forma e armação da escada	82

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é um dos setores econômicos mais antigos e relevantes do mundo, representando cerca de 7% a 12% do Produto Interno Bruto (PIB) de países desenvolvidos. No entanto, apesar de sua importância econômica e social, o setor ainda apresenta baixos índices de investimento em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), quando comparado a outras indústrias de relevância equivalente, como a manufatureira (Balaguer; Abderrahim, 2008). Essa limitação impacta diretamente a adoção de inovações tecnológicas em processos cruciais, como o planejamento e o orçamento de obras.

O orçamento de obra lista e quantifica todos os custos associados a um projeto de construção/reforma. É fundamental para a viabilização técnica e financeira do empreendimento, servindo de base para decisões estratégicas, negociações contratuais e obtenção de financiamento junto a instituições públicas ou privadas, além de ser essencial para o planejamento e controle de obras. Como esclarece Mattos (2019, p. 19), “orçamento não se confunde com orçamentação. Aquele é o produto; este, o processo de determinação”. A orçamentação, por sua vez, engloba todas as atividades envolvidas na geração desse documento, como a identificação e descrição detalhada dos serviços a executar, levantamento de quantitativos a partir do projeto, a cotação de preços etc. Esses procedimentos, tradicionalmente realizados de forma manual, podem ser demorados e estar sujeitos a erros humanos que afetam a precisão e a confiabilidade do resultado.

Nos últimos anos, tecnologias baseadas em Inteligência Artificial (IA) vêm ganhando espaço como possíveis aliadas na automação e otimização de tarefas. Segundo Russell e Norvig (2013), um agente inteligente (software, robô etc.) é um sistema capaz de perceber seu ambiente por meio de sensores (meios de entrada, como câmera, microfone e banco de dados) e nele agir por meio de atuadores (meios de saída), sendo considerado racional na medida em que realiza a ação correta com base no que sabe. Modelos de linguagem natural, como o ChatGPT, podem ser considerados agentes inteligentes na medida em que interpretam informações textuais, respondem a comandos e contribuem para a elaboração de conteúdos técnicos – incluindo planilhas orçamentárias.

Diante disso, este trabalho busca investigar de que forma a Inteligência Artificial, representada por ferramentas baseadas em modelos de linguagem, como o ChatGPT, pode auxiliar na orçamentação de obras, especialmente na identificação de serviços e no levantamento de quantitativos. O estudo concentra-se na aplicação prática dessas tecnologias em projetos de construção residencial unifamiliar, com o objetivo de avaliar sua eficácia,

apontar limitações e propor formas de integração aos fluxos de trabalho tradicionais da Engenharia Civil.

Ante o exposto, surge a seguinte pergunta: **Quais procedimentos podem ser adotados para utilizar modelos de linguagem no levantamento de quantitativos para o orçamento de uma residência unifamiliar?**

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Identificar procedimentos para o uso de Inteligência Artificial, como o ChatGPT, no levantamento dos quantitativos necessários para a elaboração do orçamento de uma residência unifamiliar, utilizando como base os projetos de fundação e estrutura.

2.2 Objetivos Específicos

- Investigar o funcionamento de ferramentas de IA aplicadas à engenharia civil.
- Analisar a eficácia da IA na automação do levantamento de quantitativos, comparando com métodos tradicionais.
- Desenvolver um guia de boas práticas para a integração de IA à elaboração de orçamentos em projetos de engenharia civil.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

De modo a delinear uma base teórica para a pesquisa, esta seção aborda a contextualização sobre orçamento de obras, especifica a etapa de levantamento de quantitativos e aponta caminhos pelos quais a Inteligência Artificial poderá contribuir para os objetivos da pesquisa.

3.1 Orçamento de obras

Orçamento de obras é o documento que detalha e quantifica todos os custos diretos e indiretos necessários para a execução de um projeto de construção. “É a identificação, descrição, quantificação, análise e valoração de mão de obra, equipamentos, materiais, custos financeiros, custos administrativos, impostos, riscos e margem de lucro desejada para adequada previsão do preço final de um empreendimento” (SINAPI, 2024, p. 19).

Existem diferentes maneiras de se elaborar um orçamento, e a escolha do padrão mais apropriado depende tanto da finalidade da estimativa quanto da disponibilidade de dados.

Quando se busca uma estimativa mais rápida, pode-se usar o orçamento paramétrico para elaboração de uma estimativa preliminar utilizada nas fases iniciais de um projeto, adotada em estudos de viabilidade. Este faz uso de índices, indicadores e histórico de obras já executadas para determinar o custo da construção por metro quadrado. O valor obtido fornece uma noção geral do custo da obra, auxiliando o interessado a decidir se deve prosseguir com os investimentos necessários para as próximas etapas (González, 2008). No entanto, a margem de erro de um orçamento feito dessa forma pode ser significativamente alta. Segundo Mattos (2019, p. 22), “por ser um estudo feito a priori, há sempre uma margem de incerteza embutida no orçamento”.

O método mais preciso é a orçamentação discriminada, que visa detalhar cada um dos serviços e insumos que serão usados na obra, a fim de se aproximar ao custo real, com reduzida margem de incerteza. É elaborado a partir de composições de custo específicas e pesquisa de preços dos insumos, e completamente dependente de bons projetos, que possuam nível de detalhamento suficiente para o levantamento preciso dos quantitativos (SINAPI, 2024).

Conforme Mattos (2019), um orçamento de obras possui os seguintes atributos:

- Aproximação: todo orçamento é aproximado, baseado em previsões e estimativas. Quanto mais apurada e criteriosa for a orçamentação, menor será sua margem de erro;
- Especificidade: por mais que o orçamentista se baseie em trabalhos anteriores, cada orçamento deve ser adaptado ao projeto e ao local, pois custos variam conforme a política da empresa (nível de supervisão, terceirização, encargos) e as condições regionais (clima, solo, acesso a materiais, mão de obra e impostos);
- Temporalidade: o orçamento representa a projeção dos recursos necessários para uma construção num dado momento. Um orçamento perde validade com o tempo e requer ajustes caso a obra seja adiada por muitos meses ou anos, devido à variação de preços de insumos, alterações na legislação tributária e trabalhista, inovações em métodos construtivos e mudanças nas condições financeiras e gerenciais.

Faz-se necessário que o orçamentista tenha conhecimento suficiente na forma de calcular um orçamento, para que não se corra o risco de gerar prejuízos às partes envolvidas, ao estimar preços excessivamente altos e fora da realidade do mercado, ou insuficiente para cobrir os custos incidentes. Inclusive, em caso da Administração Pública, orçamento malfeito pode trazer consequências negativas, como baixa qualidade dos serviços, atrasos e paralisações, aditivos contratuais em excesso etc. (Tisaka, 2006).

3.2 Levantamento de quantitativos

Para elaboração de um orçamento preciso, exige-se conhecimento sobre os diversos serviços que o compõem. Mas não somente, requer também saber o quanto de cada um deverá ser realizado. Para tal, é indispensável o levantamento de quantitativos, que é uma das etapas que mais exigem esforço intelectual do orçamentista, pois envolve a leitura dos projetos, o cálculo de áreas e volumes, consulta a tabelas técnicas, tabulação de dados numéricos etc. (Mattos, 2019).

Atualmente, com a existência da tecnologia *Building Information Modeling* (BIM), é possível projetar inserindo informações pertinentes ao desenho tridimensional. Dessa forma, os softwares BIM são capazes de fornecer ferramentas para extração de quantitativos de maneira automática. Mas para se obter todos os quantitativos com precisão, cada um dos projetistas (o arquiteto e os engenheiros responsáveis pelos projetos de fundação, estrutura,

projetos hidrossanitários, elétricos etc.) precisariam modelar de forma minuciosa e incluir todos os serviços e materiais a serem utilizados. Por isso, e pela resistência à adesão que ainda existe no Brasil por grande parte das construtoras e projetistas, o método tradicional ainda é muito utilizado (Braga, 2015).

O método tradicional de levantamento consiste na extração manual dos quantitativos a partir dos desenhos técnicos de um projeto impresso ou em *Computer Aided Design* (CAD). Esse é um método moroso, que consome a maior parte do tempo de um orçamentista, e pode ser significativamente maior devido ao porte e a complexidade da obra. Além disso, é passível de erro humano inerente ao processo, que pode propagar imprecisões por toda a análise de custos (Santos *et al.*, 2014).

3.3 Inteligência Artificial

Logo após a Segunda Guerra Mundial, Alan Turing se perguntou “as máquinas podem pensar?”, dando início a toda uma área de estudo, a Inteligência Artificial. Em 1950, ele publicou um teste com o intuito de fornecer uma definição operacional satisfatória de inteligência. O computador passará no teste de Turing se um humano, após realizar algumas perguntas, não conseguir descobrir se as respostas escritas vêm de uma pessoa ou de um computador. Logo, para ser considerado inteligente, uma máquina não precisa pensar como humano, mas agir como tal. Para isso, segundo Russell e Norvig (2013), o computador precisaria ter as seguintes capacidades:

- processamento de linguagem natural (PLN), que o permitiria se comunicar com sucesso em um idioma natural;
- representação de conhecimento para armazenar o que sabe ou ouve;
- raciocínio automatizado para usar as informações armazenadas a fim de responder perguntas e tirar novas conclusões;
- aprendizado de máquina para se adaptar a novas circunstâncias e para detectar e extrapolar padrões.

Essas disciplinas, mais visão computacional e robótica, constituem a maior parte dos estudos sobre IA. E apesar do teste de Turing ser relevante até hoje, os pesquisadores se dedicam mais a estudar sobre os princípios básicos da inteligência do que produzir um exemplar que passe no teste completo (Russell; Norvig, 2013).

3.3.1 Ferramentas de Inteligência Artificial

Atualmente, um dos sistemas de IA generativa mais difundidos é o ChatGPT, disponibilizado pela OpenAI, que desenvolveu, em sequência, diversos modelos da família GPT — do GPT-3 ao GPT-4 e, mais recentemente, ao GPT-5. A sigla GPT (*Generative Pre-trained Transformer*), que pode ser traduzida como “Transformador Pré-treinado Generativo”, se refere à arquitetura de grandes modelos de linguagem (LLMs). Esses modelos são treinados com grande volume de dados, e aprendem a partir de identificação de padrões (Eke, 2023).

O ChatGPT, ajustado para o formato de conversação, foi treinado inicialmente de forma supervisionada com grandes conjuntos de dados disponíveis publicamente, e posteriormente aperfeiçoado por meio de uma técnica chamada *Reinforcement Learning from Human Feedback* (RLHF). Nesse método, os pesquisadores da OpenAI inicialmente utilizaram instrutores humanos de IA, que forneciam conversas nas quais interpretaram ambos os papéis (usuário e assistente de IA). Depois, foi criado um modelo de recompensa a ser usado no aprendizado por reforço, onde se coletou dados de comparação, consistindo em duas ou mais respostas do modelo ordenadas por qualidade. Esse processo permitiu ao ChatGPT produzir respostas mais úteis e alinhadas às expectativas humanas (OpenAI, 2022).

Desenvolvido pelo Google, o Gemini é uma família de modelos de IA que foi treinada desde o início para ser nativamente multimodal – Capaz de processar imagens, áudio, vídeo e dados de texto (Pichai; Hassabis, 2023). Atualmente possui uma única versão comercial disponível, o Gemini 3 Pro, creditada como nova líder do setor pela *Artificial Analysis* (2025), ao superar o ChatGPT por 3 pontos em seu *Intelligence Index*, que avalia a inteligência, velocidade e custo de diversas IAs.

Copilot, por sua vez, foi desenvolvido para se integrar aos diversos produtos da Microsoft, como Word, Excel, Outlook e Windows. Diferente do ChatGPT (OpenAI) e Gemini (Google), que são LLMs, o Copilot não é um modelo de linguagem por si só, mas sim uma aplicação que orquestra o uso de LLMs, como o GPT-5 (OpenAI) e o Claude (Anthropic). Ele combina essas tecnologias com dados do Microsoft Graph — incluindo e-mails, arquivos e calendários — respeitando políticas de segurança e privacidade, e decidindo quando e como acionar os modelos para gerar respostas contextualizadas e seguras (Microsoft, 2025).

3.3.2 Engenharia de Prompt

Embora sejam denominados de inteligência artificial, os LLMs não possuem capacidade de pensar de forma autônoma e consciente. Suas respostas são probabilísticas, isto é, o modelo estima, a partir de padrões adquiridos em seu treinamento, quais sequências de palavras apresentam mais chances de ocorrer. Dessa forma, é muito frequente um fenômeno conhecido como alucinações, onde as respostas parecem coerentes, mas são desconectadas da realidade. Para minimizar esses erros é necessário que a linha de comando (*prompt*) seja bem construída. Assim, instituições acadêmicas e empresas de tecnologia têm estudado técnicas para aprimorar a elaboração de *prompts* com o intuito de melhorar a qualidade e confiabilidade dos resultados (Carraro, 2023). Engenharia de prompt é o termo usado para definir o processo de escrever instruções eficazes para que o modelo gere respostas consistentes (OpenAI, 2025).

As principais estratégias para se obter resultados melhores são:

- **Clareza e objetividade:** a formulação explícita das tarefas que o modelo deve executar, com instruções específicas, descritivas e detalhadas sobre o contexto, tende a ser mais eficaz. Além disso, é recomendado colocar as instruções logo no início do *prompt* e separá-las do contexto por meio de delimitadores – aspas, hifens e cerquilhas (OpenAI, 2025);
- **Encadeamento de *prompts*:** é importante dividir tarefas complexas, com múltiplas etapas, em subtarefas menores para evitar que o modelo ignore ou trate incorretamente algumas dessas etapas (Carraro, 2023);
- **Adicionar exemplos (*Few-shot*):** usar exemplos reduz a má interpretação das instruções e é particularmente eficaz para tarefas que exigem saídas estruturadas ou a adesão a formatos específicos (Anthropic, 2025);
- **Cadeia de pensamento (*chain of thought*):** pedir para o modelo explicar seus passos antes de dar a resposta aumenta a precisão das respostas para problemas de raciocínio lógico-matemático, e ajuda a identificar onde estão possíveis erros de *prompt* (Anthropic, 2025; Carraro, 2023).

A utilização dos conceitos sobre a elaboração de orçamento de obras, especificamente a etapa de levantamento de quantitativos e como utilizar a IA associada a essa demanda foi a base para solução do objetivo proposto para a pesquisa.

4 METODOLOGIA DA PESQUISA

Esta seção descreve o método, as ferramentas e os procedimentos adotados para atingir os objetivos propostos neste trabalho. O estudo consiste em analisar o uso de Grandes Modelos de Linguagem (LLMs) na fase inicial da orçamentação de uma obra.

4.1 Caracterização da pesquisa

A presente pesquisa caracteriza-se como um estudo de caso, por avaliar o desempenho de LLMs na identificação de serviços e extração de quantitativos de um projeto real; é de natureza aplicada, pois visa analisar a aplicação prática de ferramentas de inteligência artificial já existentes na otimização do processo de orçamentação; e é de caráter exploratório, já que o uso de LLMs na construção civil é um assunto recente e não há literatura técnica consolidada ou normas que regulamentem seu uso para levantamento de quantitativos.

4.2 Objeto de estudo

O projeto utilizado é o de fundações e estrutura de uma residência unifamiliar de dois pavimentos, com 175,25 m² de área construída. O sistema estrutural adotado é de concreto armado moldado in loco, com fundações do tipo sapatas isoladas. O projeto de fundação conta com 18 sapatas isoladas e uma fundação corrida sob toda a extensão das paredes do térreo, constituída de uma viga baldrame sobre alvenaria de pedra argamassada. Já o projeto estrutura é composto de 18 pilares que nascem nas fundações e morrem em diferentes níveis, 11 vigas que apoiam o conjunto de 4 lajes no pavimento superior, 7 vigas sob as duas lajes da primeira cobertura e 8 vigas sob o conjunto de 4 lajes da segunda cobertura, além da laje de fundo do reservatório. Os desenhos técnicos se encontram nos seguintes documentos:

- Prancha 01: Forma da fundação e locação dos pilares (Anexo A);
- Prancha 02: Detalhe das sapatas (Anexo B);
- Prancha 03: Detalhamento dos Pilares (Anexo C);
- Prancha 04: Forma da primeira laje (Anexo D);
- Prancha 05: Formas das coberturas 1 e 2 (Anexo E);
- Prancha 06: Detalhe das vigas da primeira laje (Anexo F);
- Prancha 07: Detalhe das vigas da cobertura 1 (Anexo G);
- Prancha 08: Detalhe das vigas da cobertura 2 (Anexo H);

- Prancha 09: Forma e vigas do reservatório (Anexo I);
- Prancha 10: Forma e armação da escada (Anexo J).

4.3 Procedimentos metodológicos

- Coleta de dados: realização de levantamento de quantitativos pelo método tradicional.
- Testes práticos: construção de um *prompt* utilizando as técnicas mais conhecidas da “Engenharia de *Prompt*” e solicitado ao ChatGPT, Gemini e Copilot que realizassem o levantamento de quantitativos do projeto.
- Comparação de resultados: avaliação da precisão e eficiência da IA em comparação com métodos tradicionais, com análise crítica das vantagens e limitações de cada abordagem (tempo de elaboração, coerência dos resultados e aplicabilidade).
- Elaboração de diretrizes: desenvolveu-se recomendações para integração da IA na etapa de levantamento de quantitativos para orçamentação, levando em consideração suas limitações.

5 LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS – MÉTODO TRADICIONAL

Foi realizado o levantamento de quantitativos de forma manual a partir do projeto em PDF, utilizando o *software* Excel para elaboração de uma planilha eletrônica e realização dos cálculos. Para cada elemento estrutural foi criada uma tabela com o nome dos elementos, suas dimensões, volumes e área de formas necessárias para a concretagem. No caso das fundações, as tabelas também continham volume de concreto magro abaixo dos elementos, volume de escavação, reaterro e bota-fora, além da área de impermeabilização. Os elementos levantados foram: sapatas, fundação corrida simples, pilares, vigas, lajes e escada.

5.1 Fundações

5.1.1 Sapatas

Para as sapatas, foi realizada a interpretação do projeto que se encontra no ANEXO A – Prancha 01: Forma da fundação e locação dos pilares, e ANEXO B – Prancha 02: Detalhe das sapatas, e manualmente foi preenchida a Tabela 1:

Tabela 1 – Memória de cálculo das sapatas

SAPATAS	BASE MAIOR		BASE MENOR		ALTURA		VOL.	FORMA	MAGRO	ESCAV.	REATERRO	BOTA-FORA	IMPERM.
	LARG.	COMP.	LARG.	COMP.	H	h							
S1	0,60	0,60	0,12	0,30	0,30	0,15	0,08	0,36	0,02	1,55	1,47	0,10	1,08
S2	0,80	0,80	0,12	0,30	0,30	0,15	0,14	0,48	0,04	2,23	2,09	0,17	1,60
S3	0,60	0,60	0,12	0,30	0,30	0,15	0,08	0,36	0,02	1,55	1,47	0,10	1,08
S4	1,00	1,00	0,15	0,15	0,40	0,20	0,28	0,80	0,06	3,04	2,76	0,35	2,60
S5	0,80	0,80	0,12	0,30	0,30	0,15	0,14	0,48	0,04	2,23	2,09	0,17	1,60
S6	0,80	0,80	0,12	0,30	0,30	0,15	0,14	0,48	0,04	2,23	2,09	0,17	1,60
S7	0,80	0,80	0,12	0,30	0,30	0,15	0,14	0,48	0,04	2,23	2,09	0,17	1,60
S8	1,00	1,00	0,12	0,30	0,40	0,20	0,28	0,80	0,06	3,04	2,76	0,35	2,60
S9	1,00	1,00	0,12	0,30	0,40	0,20	0,28	0,80	0,06	3,04	2,76	0,35	2,60
S10	1,00	1,00	0,12	0,30	0,40	0,20	0,28	0,80	0,06	3,04	2,76	0,35	2,60
S11	0,80	0,80	0,12	0,30	0,30	0,15	0,14	0,48	0,04	2,23	2,09	0,17	1,60
S12	0,60	0,60	0,12	0,30	0,30	0,15	0,08	0,36	0,02	1,55	1,47	0,10	1,08
S13	0,80	0,80	0,12	0,30	0,30	0,15	0,14	0,48	0,04	2,23	2,09	0,17	1,60
S14	0,80	0,80	0,12	0,30	0,30	0,15	0,14	0,48	0,04	2,23	2,09	0,17	1,60
S15	0,60	0,60	0,12	0,30	0,30	0,15	0,08	0,36	0,02	1,55	1,47	0,10	1,08
S16	0,60	0,60	0,12	0,30	0,30	0,15	0,08	0,36	0,02	1,55	1,47	0,10	1,08
S17	0,60	0,60	0,12	0,30	0,30	0,15	0,08	0,36	0,02	1,55	1,47	0,10	1,08
S18	0,60	0,60	0,12	0,30	0,30	0,15	0,08	0,36	0,02	1,55	1,47	0,10	1,08
TOTAL							2,64	9,08	0,70	38,63	35,98	3,30	29,16

Fonte: Autoria própria.

Nas sete primeiras colunas da Tabela 1, encontram-se os dados extraídos diretamente dos desenhos técnicos. Já as demais colunas apresentam dados obtidos através de cálculo. Para o volume da sapata foi utilizada a Equação 1:

$$V = \frac{(H-h)}{3} \times (A \times B + a \times b + \sqrt{A \times B \times a \times b}) + (A \times B \times h) \quad (\text{Equação 1})$$

Onde: **H** é a altura da sapata; **h** é a altura da base; **A** é a largura da base maior; **B** é o comprimento da base maior; **a** é a largura da base menor; **b** é o comprimento da base menor.

Para área de formas foi multiplicado o perímetro da base maior pela altura da base menor, desconsiderando o uso de formas na parte superior. Para o volume de concreto magro, foi multiplicado a largura e comprimento da base, com uma margem de 5 cm para cada lado pela altura de 5 cm. No volume de escavação foi considerado uma folga de 20 cm para cada lado e uma altura de assentamento padrão de 1,5 m. O reaterro é a diferença entre o volume escavado e o volume da sapata. Já o volume de bota-fora corresponde ao material escavado que não foi utilizado no reaterro, para este cálculo, aplicou-se um fator de empolamento de 1,25 (25% de expansão volumétrica). Para a área de impermeabilização a sapata foi considerada como um bloco e multiplicado o perímetro da base pela altura total para obter a área das laterais, para a superfície superior se considerou a área da base.

Após a contabilização individual das 18 sapatas, o levantamento manual totalizou um volume de concreto de 2,64 m³, uma área de forma de 9,08 m² e um volume de concreto magro de 0,70 m³. Além disso, o movimento de terra necessário para a execução destes elementos somou 38,63 m³ de escavação e 35,98 m³ de reaterro, sendo o bota-fora de 3,30 m³. Já a área de impermeabilização somou-se uma área de 29,16 m².

5.1.2 Fundação corrida simples

Para a fundação corrida, foram extraídos os dados a partir do ANEXO A – Prancha 01: Forma da fundação e locação dos pilares e preenchida a Tabela 2.

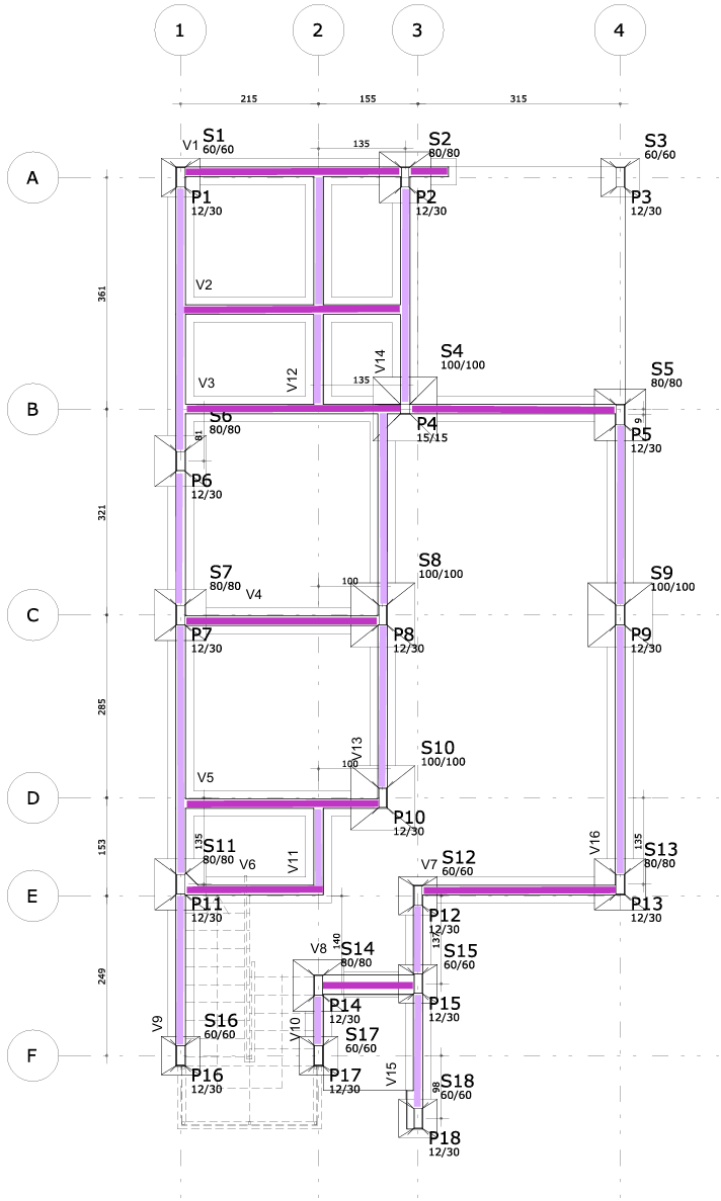
Tabela 2 – Memória de cálculo da fundação corrida

FUNDAÇÃO	COMP.	LARG.	ALT.	ALV. PEDRA	ALV. EMB.	VOLUME	FORMA	ESCAV.	REATERRO	BOTA-FORA	IMPERM.
V1	3,92	0,12	0,20	0,67	0,26	0,09	1,57	1,15	0,13	1,28	6,74
V2	3,38	0,12	0,20	0,64	0,22	0,08	1,35	1,34	0,40	1,18	5,81
V3	6,73	0,12	0,20	1,09	0,45	0,16	2,69	2,04	0,34	2,12	11,58
V4	3,03	0,12	0,20	0,45	0,20	0,07	1,21	0,78	0,05	0,91	5,21
V5	3,03	0,12	0,20	0,49	0,20	0,07	1,21	0,95	0,18	0,96	5,21
V6	2,15	0,12	0,20	0,39	0,14	0,05	0,86	0,74	0,15	0,73	3,70
V7	3,03	0,12	0,20	0,49	0,20	0,07	1,21	0,86	0,10	0,96	5,21
V8	1,43	0,12	0,20	0,17	0,10	0,03	0,57	0,19	-0,11	0,37	2,46
V9	12,49	0,12	0,20	2,14	0,83	0,30	5,00	3,82	0,55	4,09	21,48
V10	0,82	0,12	0,20	0,08	0,05	0,02	0,33	0,01	-0,15	0,20	1,41
V11	1,23	0,12	0,20	0,19	0,08	0,03	0,49	0,40	0,10	0,38	2,12
V12	3,43	0,12	0,20	0,56	0,23	0,08	1,37	1,18	0,31	1,09	5,90
V13	5,55	0,12	0,20	0,81	0,37	0,13	2,22	1,37	0,05	1,64	9,55
V14	3,40	0,12	0,20	0,54	0,23	0,08	1,36	0,97	0,12	1,06	5,85
V15	2,87	0,12	0,20	0,45	0,19	0,07	1,15	0,62	-0,10	0,89	4,94
V16	6,75	0,12	0,20	1,10	0,45	0,16	2,70	1,98	0,27	2,14	11,61
TOTAL				10,27	4,21	1,52	25,30	18,38	2,39	20,00	108,77

Fonte: Autoria própria

A largura e altura das vigas presentes na Tabela 2 estão presentes de maneira explícita no projeto, mas as demais informações foram calculadas. Para se calcular o comprimento, primeiramente foi identificada cada uma das vigas, como na Figura 1.

Figura 1 – Identificação das vigas de fundação



Fonte: Adaptado do projeto objeto do estudo de caso.

Na imagem acima (Figura 1), as linhas coloridas representam as vigas presentes na fundação, e foram desenhadas manualmente para controle visual, pode-se perceber que algumas linhas apresentam “falhas”, que são os pontos de intersecção a serem descontados, para que não ocorra dupla contagem do volume de concreto.

Como no projeto há apenas as cotas entre eixos dos pilares, foram somadas as distâncias entre esses eixos e subtraído o comprimento dos pilares e/ou largura das outras vigas que interseccionam cada uma das vigas.

Para o volume da alvenaria de pedra argamassada, foi realizado um procedimento semelhante. Porém, ao invés dos pilares, foi descontado o comprimento das sapatas. E este valor foi multiplicado por 0,4 m e 0,5 m, que são as dimensões explícitas no projeto.

Para alvenaria de embasamento, foi considerado seu comprimento igual à das vigas, largura de 19 cm e altura de 35 cm (altura de três fiadas). A área de formas é o produto entre o comprimento e a altura duas vezes, para considerar ambas as laterais. Para o volume de escavação, foram descontados, do comprimento, além da largura das sapatas, a folga de 20 cm para cada lado, e multiplicado pela largura de 0,4 m e pela altura, que é constituída de 0,5 m da alvenaria de pedra argamassada, mais 0,35 m da alvenaria de embasamento, mais 0,2 m da viga. O reaterro é a diferença entre o volume escavado e o somatório dos volumes da alvenaria de pedra argamassada, alvenaria de embasamento e viga. Já o bota-fora é o volume restante de terra, com um acréscimo de 25% devido ao empolamento do solo. Para impermeabilização foi considerada a área das laterais da viga, e de três fiadas de tijolo (altura de 60 cm), além da superfície superior.

O levantamento da fundação corrida, considerando as vigas 1 a 16, resultou em um volume total de concreto de $1,52 \text{ m}^3$, uma área de forma de $25,30 \text{ m}^2$, um volume para a alvenaria de pedra argamassada $10,27 \text{ m}^3$ e $4,21 \text{ m}^3$ de alvenaria de embasamento. Em relação ao solo, o volume escavado foi de $18,38 \text{ m}^3$, o reaterro calculado foi de $2,39 \text{ m}^3$, resultando em um volume de bota-fora de 20 m^3 . Já a área de impermeabilização foi de $108,77 \text{ m}^2$.

5.1.3 Pescoços de pilar

Para os pescoços de pilares, as dimensões foram extraídas também do ANEXO A – Prancha 01: Forma da fundação e locação dos pilares e as demais informações calculadas.

No preenchimento da Tabela 3, para a altura do pilar foi considerado uma profundidade de assentamento das sapatas de 1,5 m e descontado a altura das sapatas. O volume é o produto entre as três dimensões, área de forma é o perímetro multiplicado pela altura e a área de impermeabilização é a igual área de forma.

Os valores totais foram de $0,75 \text{ m}^3$ de concreto e $17,54 \text{ m}^2$ de área de forma e impermeabilização.

Tabela 3 – Memória de cálculo dos pilares (pescoço)

PESCOÇO	COMP.	LARG.	ALT.	VOLUME	FORMA	IMPERM.
P1	0,30	0,12	1,20	0,04	1,01	1,01
P2	0,30	0,12	1,20	0,04	1,01	1,01
P3	0,30	0,12	1,20	0,04	1,01	1,01
P4	0,15	0,15	1,10	0,02	0,66	0,66
P5	0,30	0,12	1,20	0,04	1,01	1,01
P6	0,30	0,12	1,20	0,04	1,01	1,01
P7	0,30	0,12	1,20	0,04	1,01	1,01
P8	0,30	0,12	1,10	0,04	0,92	0,92
P9	0,30	0,12	1,10	0,04	0,92	0,92
P10	0,30	0,12	1,10	0,04	0,92	0,92
P11	0,30	0,12	1,20	0,04	1,01	1,01
P12	0,30	0,12	1,20	0,04	1,01	1,01
P13	0,30	0,12	1,20	0,04	1,01	1,01
P14	0,30	0,12	1,20	0,04	1,01	1,01
P15	0,30	0,12	1,20	0,04	1,01	1,01
P16	0,30	0,12	1,20	0,04	1,01	1,01
P17	0,30	0,12	1,20	0,04	1,01	1,01
P18	0,30	0,12	1,20	0,04	1,01	1,01
TOTAL				0,75	17,54	17,54

Fonte: Autoria própria.

5.2 Estrutura

5.2.1 Pilares

Os pilares da estrutura acima das fundações permanecem com as mesmas seções que os pescoços de pilar, mas não são impermeabilizados.

Como os pilares morrem em níveis diferentes, suas alturas variam. Conforme a Tabela 4, o volume de concreto dos pilares foi de 3,98 m³ e a área de forma de 92,31 m².

Tabela 4 – Memória de cálculo dos pilares

PILARES	COMP.	LARG.	ALT.	VOLUME	FORMA
P1	0,30	0,12	6,08	0,22	5,11
P2	0,30	0,12	6,08	0,22	5,11
P3	0,30	0,12	6,08	0,22	5,11
P4	0,15	0,15	6,08	0,14	3,65
P5	0,30	0,12	6,08	0,22	5,11
P6	0,30	0,12	6,08	0,22	5,11
P7	0,30	0,12	5,48	0,20	4,60
P8	0,30	0,12	3,13	0,11	2,63
P9	0,30	0,12	6,08	0,22	4,38
P10	0,30	0,12	3,13	0,11	2,25
P11	0,30	0,12	8,88	0,32	7,46
P12	0,30	0,12	6,08	0,22	5,11
P13	0,30	0,12	6,08	0,22	5,11
P14	0,30	0,12	8,88	0,32	7,46
P15	0,30	0,12	5,48	0,20	4,60
P16	0,30	0,12	8,88	0,32	7,46
P17	0,30	0,12	8,88	0,32	7,46
P18	0,30	0,12	5,48	0,20	4,60
TOTAL				3,98	92,31

Fonte: Autoria própria

5.2.2 Vigas

Para vigas foram feitas quatro tabelas: uma para o conjunto de vigas que apoiam a laje do segundo pavimento, outras duas para as lajes de cobertura e mais uma para o reservatório.

Para o preenchimento da Tabela 5, foi extraída a largura e altura das vigas a partir do ANEXO D – Prancha 04: Forma da primeira laje. O comprimento, por sua vez, foi obtido através do somatório das cotas presentes no detalhamento das vigas, que se encontra no ANEXO F – Prancha 06: Detalhe das vigas da primeira laje.

Tabela 5 – Memória de cálculo para vigas do 1º lance

VIGAS	COMP.	LARG.	ALT.	VOLUME	FORMA
V1	6,61	0,12	0,40	0,32	5,22
V2	6,59	0,12	0,40	0,32	4,35
V3	3,03	0,12	0,35	0,13	1,70
V4	3,03	0,12	0,35	0,13	1,70
V5	6,61	0,12	0,35	0,28	4,56
V6	12,49	0,12	0,40	0,60	10,17
V7	0,79	0,12	0,35	0,03	0,65
V8	5,55	0,12	0,35	0,23	3,11
V9	3,39	0,12	0,35	0,14	1,90
V10	2,87	0,12	0,35	0,12	2,35
V11	10,12	0,12	0,40	0,49	7,99
TOTAL				2,78	43,70

Fonte: Autoria própria

Os desenhos técnicos do ANEXO E – Prancha 05: Formas das coberturas 1 e 2 forneceu a largura e altura inseridos na Tabela 6, já o comprimento foi calculado a partir das cotas presentes no ANEXO G – Prancha 07: Detalhe das vigas da cobertura 1.

Tabela 6 – Memória de cálculo para vigas da primeira cobertura					
VIGAS	COMP.	LARG.	ALT.	VOLUME	FORMA
V1	1,15	0,12	0,20	0,03	0,45
V2	3,46	0,12	0,35	0,15	2,25
V3	3,58	0,12	0,40	0,17	2,83
V4	9,35	0,12	0,40	0,45	7,39
V5	6,36	0,12	0,20	0,15	2,48
V6	0,79	0,12	0,35	0,03	0,44
V7	2,87	0,12	0,35	0,12	1,98
TOTAL				1,10	17,82

Fonte: Autoria própria

Foram inseridas na Tabela 7, a largura e altura observadas no ANEXO E – Prancha 05: Formas das coberturas 1 e 2. E o comprimento foi obtido através do somatório das cotas entre pilares extraídas da Prancha 08 – Detalhe das vigas da cobertura 2 (Anexo H).

Tabela 7 – Memória de cálculo para vigas da segunda cobertura					
VIGAS	COMP.	LARG.	ALT.	VOLUME	FORMA
V1	6,61	0,12	0,40	0,32	5,22
V2	3,22	0,12	0,35	0,14	1,67
V3	3,38	0,12	0,35	0,14	1,91
V4	5,46	0,12	0,35	0,23	3,55
V5	4,12	0,12	0,35	0,17	2,84
V6	6,36	0,12	0,35	0,27	4,13
V7	4,28	0,12	0,35	0,18	2,37
V8	10,12	0,12	0,40	0,49	6,47
TOTAL				1,93	28,17

Fonte: Autoria própria

Todas as informações pertinentes ao preenchimento da Tabela 8 estão apresentadas no ANEXO I – Prancha 09: Forma e vigas do reservatório.

Tabela 8 – Memória de cálculo para vigas do reservatório

VIGAS	COMP.	LARG.	ALT.	VOLUME	FORMA
V1	2,03	0,12	1,43	0,35	5,79
V2	2,03	0,12	1,43	0,35	5,79
V3	2,37	0,12	1,43	0,41	6,75
V4	2,37	0,12	1,43	0,41	6,75
TOTAL				1,51	25,08

Fonte: Autoria própria

O volume de concreto de todas as tabelas de viga foi calculado multiplicando as três dimensões e para a área de forma foi descontada a área ocupada pela laje, conforme a Equação 2:

$$A = (H \times 2 + L) \times C - (C \times h \times n) \quad (\text{Equação 2})$$

Onde **H** é a altura da viga, **L** é a largura, **C** é o comprimento, **h** é a altura da laje e **n** é a quantidade de faces da viga em contato com a laje.

Dessa forma, o volume total de concreto necessário para concretar as vigas é de 7,32 m³ e a área de formas é de 114,77 m².

5.2.3 Lajes

Apesar de serem quatro conjuntos de lajes, elas receberam seis tabelas para levantar seus quantitativos, pois as lajes com alturas diferentes foram separadas entre si.

No ANEXO D – Prancha 04: Forma da primeira laje contém todos os dados pertinentes para o cálculo das áreas das lajes. A fim de encaixar a laje 4 na tabela, optou-se pela divisão em duas partes L4a e L4b conforme mostra a Tabela 9.

Tabela 9 – Memória de cálculo para laje do 1º lance

MODELO	COMP.	LARG.	ALT.	ÁREA
L1	3,58	3,38	0,13	12,10
L2	3,58	3,23	0,13	11,56
L3	3,18	3,03	0,13	9,64
L4a	7,38	3,58	0,13	26,42
L4b	1,23	3,15	0,13	3,87
L5	2,73	3,03	0,13	8,27
TOTAL				71,87

Fonte: Autoria própria

No ANEXO E – Prancha 05: Formas das coberturas 1 e 2, pôde-se identificar as dimensões usadas para o cálculo das áreas das lajes apresentadas na Tabela 10.

Tabela 10 – Memória de cálculo para lajes da cobertura 1

MODELO	COMP.	LARG.	ALT.	ÁREA
L1	6,48	1,03	0,13	6,67
L2	3,35	3,58	0,13	11,99
TOTAL				18,67

Fonte: Autoria própria

Assim como o conjunto de lajes da primeira cobertura, as dimensões da segunda cobertura também se encontram detalhadas no ANEXO E – Prancha 05: Formas das coberturas 1 e 2, suas medidas foram inseridas na Tabela 11, Tabela 12 e Tabela 13.

Tabela 11 – Memória de cálculo para laje de cobertura 2 (h = 13 cm)

MODELO	COMP.	LARG.	ALT.	ÁREA
L1	3,58	3,23	0,13	11,56
L2	4,48	3,38	0,13	15,14
TOTAL				26,71

Fonte: Autoria própria

Tabela 12 – Memória de cálculo para laje de cobertura 2 (h = 17 cm)

MODELO	COMP.	LARG.	ALT.	ÁREA
L4a	6,48	5,58	0,17	36,16
L4b	0,84	3,23	0,17	2,71
TOTAL				38,87

Fonte: Autoria própria

Tabela 13 – Memória de cálculo para laje de cobertura 2 (h = 10 cm)

MODELO	COMP.	LARG.	ALT.	ÁREA	VOLUME	FORMA
L3	11,28	0,80	0,10	9,02	0,90	10,31
TOTAL				9,02	0,90	10,31

Fonte: Autoria própria

Concluindo a etapa de lajes, foi preenchida a Tabela 14 com as informações apresentadas no ANEXO I – Prancha 09: Forma e vigas do reservatório. Como no projeto não há cotas explícitas das dimensões da laje, as dimensões foram calculadas a partir do detalhamento das vigas.

Tabela 14 – Memória de cálculo para laje do reservatório

MODELO	COMP.	LARG.	ALT.	ÁREA	VOLUME	FORMA
L1	2,97	2,03	0,13	6,03	0,78	6,03
TOTAL				6,03	0,78	6,03

Fonte: Autoria própria

A área total das lajes treliçadas de 13 cm de altura foi de 117,28 m², a área de 17 cm de altura foi de 38,87 m², o volume de concreto para as lajes maciças foi de 1,69 m³ e área de formas teve um total de 16,34 m².

5.2.4 Escada

A escada do projeto é em U, com 15 níveis, sendo 13 degraus e dois patamares (o nível 5, com 1,27 m de comprimento e o 6, com 1,15 m de comprimento). A altura dos espelhos é de 18 cm e o comprimento dos degraus é 28 cm. É uma escada plissada, com 10 cm de espessura, apoiada em um bloco de fundação 40x80. A viga esquerda tem uma espessura de 12 cm com altura variável, para apoiar as lajes em ambos os níveis. A memória de cálculo do seu volume e área de forma está na Tabela 15.

Tabela 15 – Memória de cálculo para escada

MODELO	COMP.	LARG.	ALT.	VOLUME	FORMA
BLOCO	1,02	0,40	0,80	0,33	2,27
DEGRAU (x13)	1,02	0,28	0,10	0,37	5,04
ESPELHO (x14)	1,02	0,10	0,18	0,26	4,00
LATERAL DEGRAUS 01	1,66	1,00	0,32	0,00	1,06
LATERAL DEGRAUS 02	3,17	1,00	0,32	0,00	2,03
LAJE 01	1,14	1,17	0,12	0,16	1,89
LAJE 02	1,15	1,02	0,12	0,14	1,69
VE01	1,02	0,40	0,12	0,05	0,82
VE02	1,02	0,58	0,12	0,07	1,18
TOTAL				1,38	19,98

Fonte: Autoria própria

O volume de concreto calculado foi de 1,38 m³ e a área de forma foi de 19,98 m².

6 LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS – APLICAÇÃO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Antes de começar a utilizar os modelos de linguagem, foi construído um prompt simplificado, seguindo as técnicas citadas anteriormente (clareza e objetividade, encadeamento de prompt, e cadeia de pensamento), para servir como base e observar como os modelos de linguagem respondiam. Alguns testes prévios foram realizados para refinamento, onde as considerações pertinentes ao projeto utilizado foram inseridas, até chegar à versão utilizada nos tópicos a seguir. As solicitações às IAs foram feitas por etapas, para cada tabela foi feita uma solicitação específica.

6.1 Aplicação com Gemini

A versão usada para testes foi o Gemini 3 Pro, configurada para o modo ‘Raciocínio’.

Inicialmente foi pedido ao modelo para fazer o levantamento das sapatas. Junto com o comando no APÊNDICE A – *Prompt* para sapatas, foi anexado as pranchas presentes no ANEXO A – Prancha 01: Forma da fundação e locação dos pilares e ANEXO B – Prancha 02: Detalhe das sapatas. O resultado está apresentado na Tabela 16

Tabela 16 – Resultado do levantamento das sapatas pelo Gemini

SAPATAS	BASE MAIOR		BASE MENOR		ALTURA		VOLUME	FORMA	MAGRO	ESCAV.	REATERRO	BOTA-FORA	IMPERM.
	LARG.	COMP.	LARG.	COMP.	H	h							
S1	0,6	0,6	0,12	0,3	0,3	0,15	0,08	0,36	0,02	1,5	1,4	0,13	0,75
S2	0,80	0,80	0,12	0,30	0,30	0,15	0,14	0,48	0,04	2,16	1,98	0,22	1,14
S3	0,60	0,60	0,12	0,30	0,30	0,15	0,08	0,36	0,02	1,50	1,40	0,13	0,75
S4	1,00	1,00	0,15	0,15	0,40	0,20	0,28	0,80	0,06	2,94	2,60	0,42	1,88
S5	0,80	0,80	0,12	0,30	0,30	0,15	0,14	0,48	0,04	2,16	1,98	0,22	1,14
S6	0,80	0,80	0,12	0,30	0,30	0,15	0,14	0,48	0,04	2,16	1,98	0,22	1,14
S7	0,80	0,80	0,12	0,30	0,30	0,15	0,14	0,48	0,04	2,16	1,98	0,22	1,14
S8	1,00	1,00	0,12	0,30	0,40	0,20	0,28	0,80	0,06	2,94	2,60	0,42	1,88
S9	1,00	1,00	0,12	0,30	0,40	0,20	0,28	0,80	0,06	2,94	2,60	0,42	1,88
S10	1,00	1,00	0,12	0,30	0,40	0,20	0,28	0,80	0,06	2,94	2,60	0,42	1,88
S11	0,80	0,80	0,12	0,30	0,30	0,15	0,14	0,48	0,04	2,16	1,98	0,22	1,14
S12	0,60	0,60	0,12	0,30	0,30	0,15	0,08	0,36	0,02	1,50	1,40	0,13	0,75
S13	0,80	0,80	0,12	0,30	0,30	0,15	0,14	0,48	0,04	2,16	1,98	0,22	1,14
S14	0,80	0,80	0,12	0,30	0,30	0,15	0,14	0,48	0,04	2,16	1,98	0,22	1,14
S15	0,60	0,60	0,12	0,30	0,30	0,15	0,08	0,36	0,02	1,50	1,40	0,13	0,75
S16	0,60	0,60	0,12	0,30	0,30	0,15	0,08	0,36	0,02	1,50	1,40	0,13	0,75
S17	0,60	0,60	0,12	0,30	0,30	0,15	0,08	0,36	0,02	1,50	1,40	0,13	0,75
S18	0,60	0,60	0,12	0,30	0,30	0,15	0,08	0,36	0,02	1,50	1,40	0,13	0,75
TOTAL							2,63	8,88	0,67	37,86	34,56	4,13	21,6

Fonte: Gemini 3 Pro

Devido ao detalhamento presente na Prancha 02 indicar que a geometria da sapata S4 é igual a S8, S9 e S10. O Gemini foi induzido, a considerar que todos os pilares que saíam dessas sapatas possuíam uma seção 15x15, enquanto, na verdade, eram todos 12x30, com exceção do P4.

Corrigido o erro de interpretação mencionado, foi a vez de calcular os pescoços de pilares, o comando utilizado está no APÊNDICE B – *Prompt* para pescoços. O resultado está na Tabela 17.

Tabela 17 – Resultado do levantamento dos pescoços de pilares pelo Gemini

PESCOÇO	COMP.	LARG.	ALT.	VOLUME	FORMA	IMPERM.
P1	0,30	0,12	1,20	0,04	1,01	1,01
P2	0,30	0,12	1,20	0,04	1,01	1,01
P3	0,30	0,12	1,20	0,04	1,01	1,01
P4	0,15	0,15	1,10	0,03	0,66	0,66
P5	0,30	0,12	1,20	0,04	1,01	1,01
P6	0,30	0,12	1,20	0,04	1,01	1,01
P7	0,30	0,12	1,20	0,04	1,01	1,01
P8	0,30	0,12	1,10	0,04	0,92	0,92
P9	0,30	0,12	1,10	0,04	0,92	0,92
P10	0,30	0,12	1,10	0,04	0,92	0,92
P11	0,30	0,12	1,20	0,04	1,01	1,01
P12	0,30	0,12	1,20	0,04	1,01	1,01
P13	0,30	0,12	1,20	0,04	1,01	1,01
P14	0,30	0,12	1,20	0,04	1,01	1,01
P15	0,30	0,12	1,20	0,04	1,01	1,01
P16	0,30	0,12	1,20	0,04	1,01	1,01
P17	0,30	0,12	1,20	0,04	1,01	1,01
P18	0,30	0,12	1,20	0,04	1,01	1,01
TOTAL				0,75	17,55	17,55

Fonte: Gemini 3 Pro

Já o da fundação corrida está no APÊNDICE C – *Prompt* para fundação corrida. Ambos os comandos foram inseridos na mesma conversa das sapatas, e não foi necessário anexos extras. A resposta gerada está na Tabela 18.

Tabela 18 – Resultado do levantamento da fundação corrida pelo Gemini

FUNDAÇÕES CORRIDAS	COMP.	LARG.	ALTURA	VOLUME	FORMA	IMPERM.	ESCAV.	REATERRO	BOTA-FORA
VIGAS BALDRAME	44,1	0,12	0,2	1,06	17,64	22,93	-	-	-
ALV. EMBASAMENTO	44,1	0,2	0,35	3,09	-	-	-	-	-
ALV. PEDRA	35,55	0,4	0,5	7,11	-	-	-	-	-
VALA / TERRA	28,35	0,4	1,05	-	-	-	11,91	3,58	14,08
TOTAIS					17,64	22,93	11,91	3,58	14,08

Fonte: Gemini 3 Pro

Após a conclusão dos elementos de fundação, foi realizado o levantamento da supraestrutura. A fim de evitar alucinações devido a conversas muito longas, iniciou-se uma nova conversa para o levantamento dos pilares. Foi carregada à conversa o ANEXO C – Prancha 03: Detalhamento dos Pilares.

Como o projeto não padroniza a altura dos lances, e o Gemini sempre tenta encontrar padrões para agrupar os elementos, mesmo quando há avisos no *prompt* do tipo “os lances não estão padronizados” ou “cada pilar deve ser observado individualmente”. Então a solicitação inicial foi “Para calcular o volume de concreto dos pilares, preciso que verifique a altura do pilar 1. Todos os pilares começam a partir da cota de ‘Fundação’, abaixo dela estão os pescoços de pilar, que são calculados na fase de fundação, logo desconsiderados aqui”, quando ele respondeu com a altura correta, foi pedido a altura do P2, depois do P3 e assim sucessivamente. E então entrou comando que está no APÊNDICE D – *Prompt* para pilares. O resultado está na Tabela 19.

Tabela 19 – Resultado do levantamento dos pilares

PILARES	COMP.	LARG.	ALT.	PERÍMETRO	VOLUME	FORMA
P1	0,30	0,12	6,08	0,84	0,22	5,11
P2	0,30	0,12	6,08	0,84	0,22	5,11
P3	0,30	0,12	6,08	0,84	0,22	5,11
P4	0,15	0,15	6,08	0,60	0,14	3,65
P5	0,30	0,12	6,08	0,84	0,22	5,11
P6	0,30	0,12	6,08	0,84	0,22	5,11
P7	0,30	0,12	5,48	0,84	0,20	4,59
P8	0,30	0,12	3,13	0,84	0,11	2,63
P9	0,30	0,12	6,08	0,84	0,22	5,11
P10	0,30	0,12	3,13	0,84	0,11	2,63
P11	0,30	0,12	8,88	0,84	0,32	7,46
P12	0,30	0,12	6,08	0,84	0,22	5,11
P13	0,30	0,12	6,08	0,84	0,22	5,11
P14	0,30	0,12	8,88	0,84	0,32	7,46
P15	0,30	0,12	5,48	0,84	0,20	4,59
P16	0,30	0,12	8,88	0,84	0,32	7,46
P17	0,30	0,12	8,88	0,84	0,32	7,46
P18	0,30	0,12	5,48	0,84	0,20	4,59
TOTAL					3,98	93,37

Fonte: Gemini 3 Pro

Novamente foi iniciada uma conversa independente para levantamento das vigas, comando utilizado está presente no APÊNDICE E – *Prompt* para vigas. Para facilitar o cálculo, foi pedido que o modelo usasse as cotas de distribuição dos estribos para calcular o comprimento das vigas, representadas no ANEXO F – Prancha 06: Detalhe das vigas da primeira laje. Como o Gemini não foi capaz de identificar exatamente quais as vigas internas, de borda ou mistas. Foi necessário corrigir informando-o. Após a correção se obteve a Tabela 20.

Tabela 20 – Resultado do levantamento das vigas da primeira laje pelo Gemini

VIGAS	COMP.	LARG.	ALT.	VOLUME	FORMA
V1	6,61	0,12	0,40	0,32	5,22
V2	6,59	0,12	0,40	0,32	4,35
V3	3,03	0,12	0,35	0,13	1,70
V4	3,03	0,12	0,35	0,13	1,70
V5	6,61	0,12	0,35	0,28	4,56
V6	12,49	0,12	0,40	0,60	10,18
V7	0,79	0,12	0,35	0,03	0,65
V8	5,55	0,12	0,35	0,23	3,11
V9	2,26	0,12	0,35	0,10	1,27
V10	2,87	0,12	0,35	0,12	2,35
V11	10,12	0,12	0,40	0,49	7,99
TOTAL				2,73	43,08

Fonte: Gemini 3 Pro

Especificamente após entregar uma tabela exatamente como pedido para as vigas da primeira laje, o Gemini apresentou alucinações ao ser solicitado a calcular os quantitativos para as vigas da primeira cobertura, que estavam no ANEXO G – Prancha 07: Detalhe das vigas da cobertura 1. Para contornar o problema, foi solicitado o levantamento viga por viga, assim como nos pilares. Com o resultado presente na Tabela 21.

Tabela 21 – Resultado do levantamento das vigas da cobertura 1

VIGAS	COMP.	LARG.	ALT.	VOLUME	FORMA
V1	115	12	20	0,028	0,45
V2	346	12	35	0,145	2,25
V3	358	12	40	0,172	2,83
V4	935	12	40	0,449	7,39
V5	636	12	20	0,153	2,48
V6	79	12	35	0,033	0,44
V7	287	12	35	0,121	1,98
TOTAL				1,101	17,82

Fonte: Gemini 3 Pro

Após isso, assim como as de vigas da primeira laje, as tabelas para as vigas da segunda cobertura e do reservatório foram entregues sem problemas. Os resultados estão na Tabela 22 e Tabela 23, respectivamente.

Tabela 22 – Resultado do levantamento das vigas da cobertura 2

VIGAS	COMP.	LARG.	ALT.	VOLUME	FORMA
V1	6,61	0,12	0,4	0,317	5,22
V2	3,22	0,12	0,35	0,135	1,67
V3	3,38	0,12	0,35	0,142	1,89
V4	5,46	0,12	0,35	0,229	3,55
V5	4,12	0,12	0,35	0,173	2,84
V6	6,36	0,12	0,35	0,267	4,13
V7	3,39	0,12	0,35	0,142	1,63
V8	10,12	0,12	0,4	0,486	6,58
TOTAL				1,89	27,51

Fonte: Gemini 3 Pro

Tabela 23 – Resultado do levantamento das vigas do reservatório

VIGAS	COMP.	LARG.	ALT.	VOLUME	FORMA
V1	2,03	0,12	1,43	0,348	5,79
V2	2,03	0,12	1,43	0,348	5,79
V3	2,37	0,12	1,43	0,407	6,75
V4	2,37	0,12	1,43	0,407	6,75
TOTAL				1,51	25,08

Fonte: Gemini 3 Pro

Assim como as etapas anteriores, para calcular os quantitativos referentes às lajes foi iniciada uma nova conversa. Junto ao comando no APÊNDICE F – *Prompt* para lajes, foi inserido o ANEXO D – Prancha 04: Forma da primeira laje. Os dados levantados pelo Gemini estão na Tabela 24.

Tabela 24 – Resultado do levantamento da laje do pavimento superior

MODELO	COMP.	LARG.	ALT.	ÁREA
L1	3,58	3,38	0,13	12,1
L2	3,58	3,23	0,13	11,56
L3	3,18	3,03	0,13	9,64
L5	2,73	3,03	0,13	8,27
L4a	7,38	3,58	0,13	26,42
L4b	1,23	3,03	0,13	3,73
TOTAL				71,72

Fonte: Gemini 3 Pro

Ao obter a resposta, foi enviado o ANEXO E – Prancha 05: Formas das coberturas 1 e 2, com a solicitação de realizar o levantamento da cobertura 1, obteve-se o resultado apresentado na Tabela 25.

Tabela 25 – Resultado do levantamento da laje de cobertura 1 pelo Gemini

LAJE	COMP.	LARG.	ALT.	ÁREA
L1	6,48	1,03	0,13	6,67
L2	3,58	3,35	0,13	11,99
TOTAL				18,66

Fonte: Gemini 3 Pro

Só então foi dado o comando para o levantamento da cobertura 2. Para este caso, foram geradas três tabelas, já que há lajes treliçadas de 13 cm e 17 cm e uma laje maciça de 10 cm, conforme pode-se observar na Tabela 26, Tabela 27 e Tabela 28.

Tabela 26 – Resultado do levantamento da laje de cobertura 2 (h = 13 cm) pelo Gemini

LAJE	COMP.	LARG.	ALT.	ÁREA
L1	3,23	3,58	0,13	11,56
L2	3,38	4,48	0,13	15,14
TOTAL				26,7

Fonte: Gemini 3 Pro

Tabela 27 – Resultado do levantamento da laje de cobertura 2 (h = 17 cm) pelo Gemini

LAJE TRELIÇADA - COBERTURA 2 (h = 17 cm)				
L4a (Lado D.)	3,23	7,32	0,17	23,64
L4b (Lado E.)	2,35	6,48	0,17	15,23
TOTAL				38,87

Fonte: Gemini 3 Pro

Tabela 28 – Resultado do levantamento da laje de cobertura 2 (h = 10 cm) pelo Gemini

LAJE	COMP.	LARG.	ALT.	VOLUME	FORMA
L3	0,8	11,26	0,1	0,90	9,01
TOTAL				0,90	9,01

Fonte: Gemini 3 Pro

Para as lajes do reservatório, foi entregue junto ao comando o ANEXO I – Prancha 09: Forma e vigas do reservatório. Como houve incoerências nas considerações do modelo, foi iniciada uma nova conversa que resultou na Tabela 29.

Tabela 29 – Resultado do levantamento de lajes do reservatório pelo Gemini: tampa

TAMPA DO RESERVATÓRIO				
LAJE	ALT.	COMP.	LARG.	ÁREA
L1	Não indicado *	2,91	2,21	6,43
TOTAL				6,43

Fonte: Autoria própria

Tabela 30 – Resultado do levantamento de lajes do reservatório pelo Gemini: fundo

LAJE	ALT.	COMP.	LARG.	VOL.	FORMA
L1	0,13	2,91	2,21	0,84	6,43
TOTAL				0,84	6,43

Fonte: Gemini 3 Pro

Para finalizar o levantamento de quantitativos com o Gemini, foi inserido o comando no APÊNDICE G – *Prompt* para escada e o ANEXO J – Prancha 10: Forma e armação da escada. A seguir, a Tabela 31 exibe o resultado.

Tabela 31 – Resultado do levantamento da escada pelo Gemini

ESCADA	DIMENSÕES	VOLUME	FORMA
LANCE 01 (DEGRAUS 1-4)	L=1,02 / e=0,10	0,19	2,98
PATAMARES (NÍVEL 5-6)	A=2,47m ² / e=0,10	0,25	2,92
LANCE 02 (DEGRAUS 7-15)	L=1,02 / e=0,10	0,42	6,70
VIGA VE (APOIO)	12xVAR	0,12	2,16
BLOCO DE FUNDAÇÃO	40x80x102	0,33	2,27
TOTAIS		1,30	17,03

Fonte: Gemini 3 Pro

6.2 Aplicação com ChatGPT

A versão do ChatGPT usada foi a 5.1 *Thinking*, com o modo ‘Pensamento Estendido’ ativo.

Com o ChatGPT também se iniciou o levantamento pelas sapatas, usando o mesmo *prompt* que foi usado no Gemini (APÊNDICE A – *Prompt* para sapatas) e enviados os mesmos arquivos. Em várias tentativas, o tempo de pensamento durava mais de 10 minutos sem respostas até surgir a mensagem “Reflexão interrompida”. Para tentar contornar o problema, foi pedido para executar as etapas do *prompt* aos poucos, conforme consta no APÊNDICE H – *Prompt* para sapatas adaptado ao ChatGPT. Assim, foi gerada a Tabela 32.

Tabela 32 – Resultado do levantamento das sapatas pelo ChatGPT

SAPATAS	BASE MAIOR		BASE MENOR		ALTURA		VOLUME	FORMA	MAGRO	ESCAV.	REATERRO	BOTA-FORA	IMPERM.
	LARG.	COMP.	LARG.	COMP.	H	h							
S1	0,60	0,60	0,12	0,30	0,30	0,15	0,08	0,36	0,02	1,50	1,40	0,13	0,49
S10	1,00	1,00	0,12	0,30	0,40	0,20	0,28	0,80	0,06	2,94	2,60	0,43	1,21
S11	0,80	0,80	0,12	0,30	0,30	0,15	0,14	0,48	0,04	2,16	1,98	0,22	0,81
S12	0,60	0,60	0,12	0,30	0,30	0,15	0,08	0,36	0,02	1,50	1,40	0,13	0,49
S13	0,80	0,80	0,12	0,30	0,30	0,15	0,14	0,48	0,04	2,16	1,98	0,22	0,81
S14	0,80	0,80	0,12	0,30	0,30	0,15	0,14	0,48	0,04	2,16	1,98	0,22	0,81
S15	0,60	0,60	0,12	0,30	0,30	0,15	0,08	0,36	0,02	1,50	1,40	0,13	0,49
S16	0,60	0,60	0,12	0,30	0,30	0,15	0,08	0,36	0,02	1,50	1,40	0,13	0,49
S17	0,60	0,60	0,12	0,30	0,30	0,15	0,08	0,36	0,02	1,50	1,40	0,13	0,49
S18	0,60	0,60	0,12	0,30	0,30	0,15	0,08	0,36	0,02	1,50	1,40	0,13	0,49
S2	0,80	0,80	0,12	0,30	0,30	0,15	0,14	0,48	0,04	2,16	1,98	0,22	0,81
S3	0,60	0,60	0,12	0,30	0,30	0,15	0,08	0,36	0,02	1,50	1,40	0,13	0,49
S4	1,00	1,00	0,15	0,15	0,40	0,20	0,28	0,80	0,06	2,94	2,60	0,42	1,21
S5	0,80	0,80	0,12	0,30	0,30	0,15	0,14	0,48	0,04	2,16	1,98	0,22	0,81
S6	0,80	0,80	0,12	0,30	0,30	0,15	0,14	0,48	0,04	2,16	1,98	0,22	0,81
S7	0,80	0,80	0,12	0,30	0,30	0,15	0,14	0,48	0,04	2,16	1,98	0,22	0,81
S8	1,00	1,00	0,12	0,30	0,40	0,20	0,28	0,80	0,06	2,94	2,60	0,43	1,21
S9	1,00	1,00	0,12	0,30	0,40	0,20	0,28	0,80	0,06	2,94	2,60	0,43	1,21
TOTAL							2,65	9,08	0,70	37,38	34,02	4,19	13,94

Fonte: ChatGPT 5.1 Thinking

Então foi dado o comando presente no APÊNDICE B – *Prompt* para pescoço de pilar que gerou a Tabela 33.

Tabela 33 – Resultado do levantamento de pescoços de pilar pelo ChatGPT

PESCOÇO	COMP.	LARG.	ALT.	VOLUME	FORMA	IMPERM.
P1	0,30	0,12	1,20	0,04	1,01	1,01
P10	0,30	0,12	1,10	0,04	0,92	0,92
P11	0,30	0,12	1,20	0,04	1,01	1,01
P12	0,30	0,12	1,20	0,04	1,01	1,01
P13	0,30	0,12	1,20	0,04	1,01	1,01
P14	0,30	0,12	1,20	0,04	1,01	1,01
P15	0,30	0,12	1,20	0,04	1,01	1,01
P16	0,30	0,12	1,20	0,04	1,01	1,01
P17	0,30	0,12	1,20	0,04	1,01	1,01
P18	0,30	0,12	1,20	0,04	1,01	1,01
P2	0,30	0,12	1,20	0,04	1,01	1,01
P3	0,30	0,12	1,20	0,04	1,01	1,01
P4	0,15	0,15	1,10	0,03	0,66	0,66
P5	0,30	0,12	1,20	0,04	1,01	1,01
P6	0,30	0,12	1,20	0,04	1,01	1,01
P7	0,30	0,12	1,20	0,04	1,01	1,01
P8	0,30	0,12	1,10	0,04	0,92	0,92
P9	0,30	0,12	1,10	0,04	0,92	0,92
TOTAL				0,75	17,54	17,54

Fonte: ChatGPT 5.1 Thinking

Para finalizar a etapa de fundações, o ChatGPT recebeu o comando presente no APÊNDICE C – *Prompt* para fundação corrida, e respondeu com os valores presente na Tabela 34.

Tabela 34 – Resultado do levantamento da fundação corrida pelo ChatGPT

VIGAS	COMP.	LARG.	ALT.	VOL.	FORMAS	IMPERM.	ESCAV.	REATERRO	BOTA-FORA	ALV. DE PEDRA	ALV. DE EMB.
FUNDAÇÃO	49,35	0,12	0,20	1,18	19,74	19,74	12,83	3,70	11,42	7,55	1,59

Fonte: ChatGPT 5.1 Thinking

Iniciando o levantamento da supraestrutura, foi aberta uma nova conversa com o comando no APÊNDICE D – *Prompt* para pilares. Diferente do Gemini, o ChatGPT foi capaz de identificar a altura de todos os pilares corretamente de uma vez. O resultado pode ser conferido na Tabela 35.

Tabela 35 – Resultado do levantamento de pilares pelo ChatGPT

PILARES	COMP.	LARG.	ALT.	VOLUME	FORMA
P1	0,30	0,12	6,08	0,22	5,11
P2	0,30	0,12	6,08	0,22	5,11
P3	0,30	0,12	6,08	0,22	5,11
P4	0,15	0,15	6,08	0,14	3,65
P5	0,30	0,12	6,08	0,22	5,11
P6	0,30	0,12	6,08	0,22	5,11
P7	0,30	0,12	5,48	0,20	4,60
P8	0,30	0,12	3,13	0,11	2,63
P9	0,30	0,12	6,08	0,22	5,11
P10	0,30	0,12	3,13	0,11	2,63
P11	0,30	0,12	8,88	0,32	7,46
P12	0,30	0,12	6,08	0,22	5,11
P13	0,30	0,12	6,08	0,22	5,11
P14	0,30	0,12	8,88	0,32	7,46
P15	0,30	0,12	5,48	0,20	4,60
P16	0,30	0,12	8,88	0,32	7,46
P17	0,30	0,12	8,88	0,32	7,46
P18	0,30	0,12	5,48	0,20	4,60
TOTAL				3,99	93,41

Fonte: ChatGPT 5.1 Thinking

Assim como feito anteriormente, uma nova conversa foi iniciada para a próxima etapa da estrutura. Usando os comandos do APÊNDICE E – Prompt para vigas, foi realizado o levantamento de todas as vigas presentes no projeto. Primeiramente foram enviadas as pranchas no ANEXO D – Prancha 04: Forma da primeira laje e no ANEXO F – Prancha 06: Detalhe das vigas da primeira laje, junto com a primeira parte do *prompt* gerando a Tabela 36.

Tabela 36 – Resultado do levantamento das vigas da primeira laje pelo ChatGPT

VIGAS	COMP.	LARG.	ALT.	VOLUME	FORMA
V1	6,61	0,12	0,40	0,32	4,36
V2	6,59	0,12	0,40	0,32	4,35
V3	3,03	0,12	0,35	0,13	1,70
V4	3,03	0,12	0,35	0,13	1,70
V5	6,61	0,12	0,35	0,28	3,70
V6	12,49	0,12	0,40	0,60	8,24
V7	0,79	0,12	0,35	0,03	0,44
V8	5,55	0,12	0,35	0,23	3,11
V9	3,39	0,12	0,35	0,14	1,90
V10	2,87	0,12	0,35	0,12	1,61
V11	10,12	0,12	0,40	0,49	6,68
TOTAL				2,78	37,79

Fonte: ChatGPT 5.1 Thinking

Logo após, foi adicionado o ANEXO E – Prancha 05: Formas das coberturas 1 e 2, o ANEXO G – Prancha 07: Detalhe das vigas da cobertura 1, e a segunda parte do *prompt*, resultando na Tabela 37.

Tabela 37 – Resultado do levantamento de vigas da cobertura 1 pelo ChatGPT

VIGAS	COMP.	LARG.	ALT.	VOLUME	FORMA
V1	1,15	0,12	0,20	0,03	0,30
V2	3,46	0,12	0,35	0,15	1,94
V3	3,58	0,12	0,40	0,17	2,36
V4	9,35	0,12	0,40	0,45	6,17
V5	6,36	0,12	0,20	0,15	1,65
V6	0,79	0,12	0,35	0,03	0,44
V7	2,87	0,12	0,35	0,12	1,61
TOTAL				1,10	14,47

Fonte: ChatGPT 5.1 Thinking

Para o levantamento presente na Tabela 38, apenas foi necessário adicionar o ANEXO H – Prancha 08: Detalhe das vigas da cobertura 2 e a terceira parte do *prompt*.

Tabela 38 – Resultado do levantamento das vigas da cobertura 2 pelo ChatGPT

VIGAS	COMP.	LARG.	ALT.	VOLUME	FORMA
V1	6,61	0,12	0,40	0,32	4,36
V2	3,22	0,12	0,35	0,14	1,80
V3	3,38	0,12	0,35	0,14	1,89
V4	5,46	0,12	0,35	0,23	3,06
V5	4,12	0,12	0,35	0,17	2,31
V6	6,36	0,12	0,35	0,27	3,56
V7	4,28	0,12	0,35	0,18	2,40
V8	10,12	0,12	0,40	0,49	6,68
TOTAL				1,93	26,06

Fonte: ChatGPT 5.1 Thinking

Para finalizar o levantamento das vigas, foi adicionado o ANEXO I – Prancha 09: Forma e vigas do reservatório, e a última parte do *prompt*. O resultado pode ser visto na Tabela 39.

Tabela 39 – Resultado do levantamento das vigas do reservatório pelo ChatGPT

VIGAS	COMP.	LARG.	ALT.	VOLUME	FORMA
V1	2,03	0,12	1,43	0,35	5,81
V2	2,03	0,12	1,43	0,35	5,81
V3	2,37	0,12	1,43	0,41	6,78
V4	2,37	0,12	1,43	0,41	6,78
TOTAL				1,51	25,17

Fonte: ChatGPT 5.1 Thinking

Para calcular as lajes, foi inserido o comando no APÊNDICE F – *Prompt* para lajes, junto com o ANEXO D – Prancha 04: Forma da primeira laje. E pedido para executar apenas o primeiro passo e aguardar novas instruções, para que o ChatGPT conseguisse fazer a leitura sem interromper o pensamento. E então foi pedido que continuasse e montasse a Tabela 40.

Tabela 40 – Resultado do levantamento da primeira laje pelo ChatGPT

MODELO	COMP.	LARG.	ALT.	ÁREA
L1	3,38	3,58	13	12,1
L2	3,23	3,58	13	11,56
L3	3,03	3,18	13	9,64
L4a	3,58	3,18	13	11,38
L4b	3,58	2,73	13	9,77
L5	3,03	2,73	13	8,27
TOTAL				62,72

Fonte: ChatGPT 5.1 Thinking

Então foi enviado o ANEXO E – Prancha 05: Formas das coberturas 1 e 2 como anexo da segunda parte do *prompt*, tendo a Tabela 41 como resposta.

Tabela 41 – Resultado do levantamento da laje de cobertura 1 pelo ChatGPT

LAJE	COMP.	LARG.	ALT.	ÁREA
L1	6,48	1,03	13	6,67
L2	3,35	3,58	13	11,99
TOTAL				18,66

Fonte: ChatGPT 5.1 Thinking

Então foi solicitado que fizesse o levantamento das lajes de cobertura 2, mostrado nas tabelas a seguir (Tabela 42, Tabela 43 e Tabela 44).

Tabela 42 – Resultado do levantamento da laje de cobertura 2 (h = 13 cm) pelo ChatGPT

LAJE	COMP.	LARG.	ALT.	ÁREA
L1	3,23	3,58	13	11,56
L2	3,38	4,48	13	15,14
TOTAL				26,7

Fonte: ChatGPT 5.1 Thinking

Tabela 43 – Resultado do levantamento da laje de cobertura 2 (h = 17 cm) pelo ChatGPT

LAJE	COMP.	LARG.	ALT.	ÁREA
L4	5,58	7,32	17	40,85
TOTAL				40,85

Fonte: ChatGPT 5.1 Thinking

Tabela 44 – Resultado do levantamento da laje de cobertura 2 (h = 10 cm) pelo ChatGPT

LAJE	COMP.	LARG.	ALT.	VOL.	FORMA
L3	10,9	0,8	0,1	0,87	11,06
TOTAL				0,87	11,06

Fonte: ChatGPT 5.1 Thinking

Ao ser solicitado para calcular as lajes do reservatório, o ChatGPT afirma que, por não ter a altura da laje de tampa especificada no projeto (ANEXO I – Prancha 09: Forma e vigas do reservatório), irá considerar uma altura de 10 cm. Conforme pode ser observado na Tabela 45 e Tabela 46.

Tabela 45 – Resultado do levantamento da laje do reservatório pelo ChatGPT: Tampa

LAJE	COMP.	LARG.	ALT.	VOL.	FORMA
L1	2,91	2,21	10	0,64	7,46
TOTAL				0,64	7,46

Fonte: ChatGPT 5.1 Thinking

Tabela 46 – Resultado do levantamento da laje do reservatório pelo ChatGPT: Fundo

LAJE	COMP.	LARG.	ALT.	VOL.	FORMA
L1	2,91	2,21	10	0,64	7,46
TOTAL				0,64	7,46

Fonte: ChatGPT 5.1 Thinking

As lajes treliçadas de 13 cm de altura somam um total de 108,8 m², há 40,85 m² de laje treliçada de 17 cm e um volume de 1,51 m³ de laje maciça, com um total de 18,52 m² de forma.

Para concluir o levantamento dos quantitativos usando o ChatGPT, foi iniciada uma nova conversa e solicitado conforme o APÊNDICE G – *Prompt* para escada, que o modelo fizesse o levantamento da escada, presente no ANEXO J – Prancha 10: Forma e armação da escada. O resultado está na Tabela 47.

Tabela 47 – Resultado do levantamento da escada pelo ChatGPT

ESCADA	COMP.	LARG.	ALT.	VOL.	FORMA
Laje da escada plissada	8,4	1,02	0,1	0,86	6,88
Viga VE (borda esquerda)	2,04	0,12	0,49	0,12	2,24
Bloco de fundação	0,8	0,4	0,8	0,26	1,92
TOTAL				1,24	11,04

Fonte: ChatGPT 5.1 Thinking

6.3 Aplicação com Copilot

Para os testes no Copilot, foi usado o modo ‘*Think Deeper*’.

Ao dar o comando presente no APÊNDICE A – *Prompt* para sapatas, junto com o ANEXO A – Prancha 01: Forma da fundação e locação dos pilares e o ANEXO B – Prancha 02: Detalhe das sapatas, o Copilot retornou valores muito irreais, demonstrando dificuldade na leitura e interpretação do projeto. Então foi solicitado que ele apenas informasse a seção dos pilares, conforme mostrado na Figura 2:

Figura 2 – Teste com Copilot

Usuário: Assim como um engenheiro orçamentista, leia e interprete o projeto de fundações e estrutura em anexo para extrair os quantitativos a fim de elaborar uma planilha orçamentária. Primeiramente, verifique a seção de cada pilar, individualmente.

Copilot: · Tratamento de OCR/ruído: o PDF contém caracteres corrompidos (ex.: \$, ‘, .) e números truncados; interpretei esses casos como erros de leitura e normalizei para valores plausíveis usados em projetos (ex.: \$0/80 → 80/80; 2/30 → 20/30; .2/30 e 1.2/30 → 12/30).

Pilar	Seção Larg x Prof (cm)	Confiança	Observação
S1	90 x 90	Média	Lido como 09/09 — provável 90×90
S2	80 x 80	Alta	Lido como 80/80
S3	60 x 60	Alta	Lido 60/60
S4	100 x 100	Alta	Lido 100/100
S5	80 x 80	Alta	Lido 80/80
S7	-	Baixa	Valor não legível; revisar prancha
S8	100 x 100	Alta	Lido 100/100
S9	80 x 80	Alta	Lido 80/80
S10	100 x 100	Alta	Lido 100/100
S11	80 x 80	Alta	Lido 80/80
S12	60 x 60	Alta	Lido 60/60
S13	80 x 80	Alta	Lido 80/80
S15	60 x 60	Alta	Lido 60/60
S16	12 x 30	Média	Lido 12/30 (pode ser 20×30)
S17	60 x 60	Alta	Lido 60/60
S18	160 x 60	Alta	Lido 160/60
R4	80 x 80	Média	Próximo a 80/80; confirmar posição
R5	20 x 30	Baixa	Lido 2/30 — interpretei como 20×30
R8	12 x 30	Média	Lido 12/30
R9	12 x 30	Média	Lido 12/30
R10	12 x 30	Média	Lido 12/30
R13	12 x 30	Média	Lido 12/30
R14	15 x ?	Baixa	Aparece \$15; confirmar dimensão
RF	-	Baixa	Símbolo presente; seção não identificada
F16	-	Baixa	Referência sem seção clara
P17	-	Baixa	Referência sem seção clara

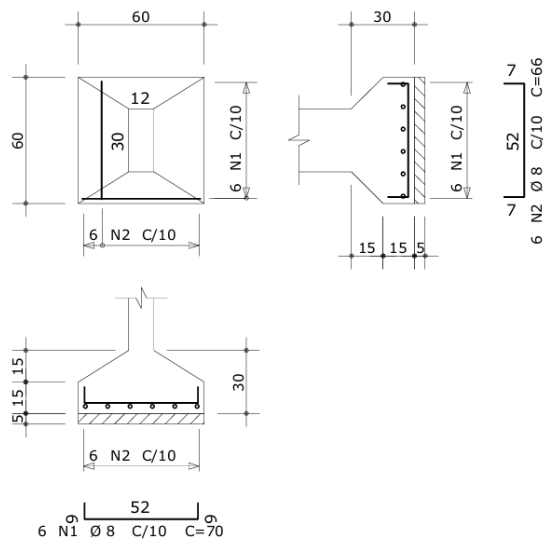
Fonte: Autoria própria

Logo após, foi iniciada uma nova conversa onde foi exibido apenas um recorte do projeto e pedido o volume de apenas uma sapata, conforme mostrado na Figura 3.

Figura 3 – Teste com Copilot 2

Usuário:

S1=3=12=15ao18
(7 X) (ESCALA 1:25)



A imagem em anexo é o detalhamento da armadura de uma sapata em um projeto estrutural. Assim como um engenheiro orçamentista, siga os seguintes passos:

- Identifique as dimensões da base maior da sapata
- Identifique as dimensões da base menor, que fica na parte superior da sapata
- Identifique a altura total da sapata
- Identifique a altura da base e a altura da parte piramidal
- Calcule o volume da sapata

A cada passo, reflita sobre a razoabilidade de suas respostas

Copilot: Vou usar as dimensões visíveis no desenho e uma suposição clara onde há ambiguidade: adoto a base maior 60×60 mm, a base menor 30×30 mm, espessura da base prismática 5 mm (indicado no desenho) e altura total da sapata = 30 mm (valor da vista lateral). Se você preferir que eu use a altura 52 mm indicada na outra vista, eu refaço os cálculos — avise qual altura confirmar.

[...]

Resultados finais (formatos úteis)

- Volume total: 70.500 mm³ (ou 70,5 cm³; 0,0000705 m³; 0,0705 L).
- Componentes: V prisma = 18.000 mm³; V tronco = 52.500 mm³.

Fonte: Autoria própria

Dessa forma, ficou evidente que o Copilot não é capaz de ler e interpretar tão bem as informações que estão no projeto. Foi tentado então, o uso do *prompt* no APÊNDICE H – *Prompt* para sapatas adaptado ao ChatGPT, junto com a correção “considere que o fuste de todas as sapatas é 12x30, com exceção da sapata 4, que é 15x15. As sapatas iguais a S1 e S2 tem altura da base retangular de 15 cm e altura do tronco de pirâmide de 15 cm, enquanto as do grupo S4 tem altura da base retangular de 20 cm e altura do tronco de pirâmide de 20 cm”. O resultado está na Tabela 48. Então foi fornecido o comando no APÊNDICE B – *Prompt* para pescoço de pilar, e gerada a Tabela 49.

Tabela 48 – Resultado do levantamento de sapatas pelo Copilot

SAPATAS	BASE MAIOR		BASE MENOR		ALTURA		VOLUME	FORMA	MAGRO	ESCAV.	REATERRO	BOTA-FORA	IMPERM.
	LARG.	COMP.	LARG.	COMP.	H	h							
S1	0,60	0,60	0,12	0,30	0,30	0,15	0,08	0,72	0,02	1,50	1,40	0,48	0,36
S2	0,80	0,80	0,12	0,30	0,30	0,15	0,14	1,12	0,04	2,16	1,98	0,72	0,64
S3	0,60	0,60	0,12	0,30	0,30	0,15	0,08	0,72	0,02	1,50	1,40	0,48	0,36
S4	1,00	1,00	0,15	0,15	0,40	0,20	0,28	1,80	0,06	2,94	2,60	1,07	1,00
S5	0,80	0,80	0,12	0,30	0,30	0,15	0,14	1,12	0,04	2,16	1,98	0,72	0,64
S6	0,80	0,80	0,12	0,30	0,30	0,15	0,14	1,12	0,04	2,16	1,98	0,72	0,64
S7	0,80	0,80	0,12	0,30	0,30	0,15	0,14	1,12	0,04	2,16	1,98	0,72	0,64
S8	1,00	1,00	0,15	0,15	0,40	0,20	0,28	1,80	0,06	2,94	2,60	1,07	1,00
S9	1,00	1,00	0,15	0,15	0,40	0,20	0,28	1,80	0,06	2,94	2,60	1,07	1,00
S10	1,00	1,00	0,15	0,15	0,40	0,20	0,28	1,80	0,06	2,94	2,60	1,07	1,00
S11	0,80	0,80	0,12	0,30	0,30	0,15	0,14	1,12	0,04	2,16	1,98	0,72	0,64
S12	0,60	0,60	0,12	0,30	0,30	0,15	0,08	0,72	0,02	1,50	1,40	0,48	0,36
S13	0,80	0,80	0,12	0,30	0,30	0,15	0,14	1,12	0,04	2,16	1,98	0,72	0,64
S14	0,80	0,80	0,12	0,30	0,30	0,15	0,14	1,12	0,04	2,16	1,98	0,72	0,64
S15	0,60	0,60	0,12	0,30	0,30	0,15	0,08	0,72	0,02	1,50	1,40	0,48	0,36
S16	0,60	0,60	0,12	0,30	0,30	0,15	0,08	0,72	0,02	1,50	1,40	0,48	0,36
S17	0,60	0,60	0,12	0,30	0,30	0,15	0,08	0,72	0,02	1,50	1,40	0,48	0,36
S18	1,60	0,60	0,12	0,30	0,30	0,15	0,20	1,62	0,06	3,00	2,74	1,01	0,96
TOTAL							2,76	20,98	0,73	38,88	35,39	13,21	11,60

Fonte: Copilot Think Deeper

Tabela 49 – Resultado do levantamento dos pescoços de pilar pelo Copilot

PESCOÇO	COMP.	LARG.	ALT.	VOLUME	FORMA	IMPERM.
P1	0,30	0,12	1,20	0,04	1,04	0,04
P2	0,30	0,12	1,20	0,04	1,04	0,04
P3	0,30	0,12	1,20	0,04	1,04	0,04
P4	0,15	0,15	1,10	0,03	0,68	0,02
P5	0,30	0,12	1,20	0,04	1,04	0,04
P6	0,30	0,12	1,20	0,04	1,04	0,04
P7	0,30	0,12	1,20	0,04	1,04	0,04
P8	0,30	0,12	1,10	0,04	0,96	0,04
P9	0,30	0,12	1,10	0,04	0,96	0,04
P10	0,30	0,12	1,10	0,04	0,96	0,04
P11	0,30	0,12	1,20	0,04	1,04	0,04
P12	0,30	0,12	1,20	0,04	1,04	0,04
P13	0,30	0,12	1,20	0,04	1,04	0,04
P14	0,30	0,12	1,20	0,04	1,04	0,04
P15	0,30	0,12	1,20	0,04	1,04	0,04
P16	0,30	0,12	1,20	0,04	1,04	0,04
P17	0,30	0,12	1,20	0,04	1,04	0,04
P18	0,30	0,12	1,20	0,04	1,04	0,04
TOTAL				0,75	18,18	0,64

Fonte: Copilot Think Deeper

A uma etapa para o levantamento das fundações foi realizada a partir do *prompt* presente APÊNDICE C – *Prompt* para fundação corrida.

Tabela 50 – Resultado do levantamento da fundação corrida

ITEM	COMP.	LARG.	ALT.	VOL.	FORMA	IMPERM.	VOL. ALV. PEDRA	VOL. ALV. EMB.	ESCAV.	REATERRO	BOTA-FORA
CINTA	49,35	0,12	0,2	1,184	25,71	5,922					
ALV. DE PEDRA	33,95	0,4	0,5	6,79		13,58	6,79				
TIJOLO (3 FIADAS)	33,95	0,4	0,35	4,753				4,753			
EMB. TOTAL (PEDRA+TIJOLO)	33,95	0,4	0,85	11,543			13,58	11,543			
TERRAPLENAGEM				12727	25,71	19,502	6,79	11,543	29,61	16,883	20,13

Fonte: Copilot Think Deeper

Como pode-se observar claramente na Tabela 50, a resposta dada pelo Copilot diverge bastante das respostas dadas pelo Gemini e ChatGPT, não somente em relação aos valores, mas também na maneira como apresenta esses dados, evidenciando a necessidade de um maior esforço do usuário em calibrar um *prompt* que talvez seja capaz de gerar resultados minimamente satisfatórios. A seguir foi realizado o levantamento dos pilares, ao executar o *prompt* no APÊNDICE D – *Prompt* para pilares, o Copilot leu o número de lances de cada pilar e os multiplicou 3 m, considerando esta, a altura padrão de um pé-direito, desconsiderando as cotas presentes no desenho técnico. O que gerou valores muito diferentes da realidade, conforme mostra a Tabela 51.

Tabela 51 – Resultado do levantamento de pilares pelo Copilot

PILARES	COMP.	LARG.	ALT.	VOLUME	FORMA
P1	0,30	0,30	9,00	0,81	10,80
P2	0,30	0,30	9,00	0,81	10,80
P3	0,30	0,30	9,00	0,81	10,80
P4	0,30	0,30	9,00	0,81	10,80
P5	0,30	0,30	9,00	0,81	10,80
P6	0,30	0,30	9,00	0,81	10,80
P7	0,30	0,30	6,00	0,54	7,20
P8	0,30	0,30	3,00	0,27	3,60
P9	0,30	0,30	9,00	0,81	10,80
P10	0,30	0,30	3,00	0,27	3,60
P11	0,30	0,30	15,00	1,35	18,00
P12	0,30	0,30	9,00	0,81	10,80
P13	0,30	0,30	9,00	0,81	10,80
P14	0,30	0,30	15,00	1,35	18,00
P15	0,30	0,30	6,00	0,54	7,20
P16	0,30	0,30	15,00	1,35	18,00
P17	0,30	0,30	15,00	1,35	18,00
P18	0,30	0,30	6,00	0,54	7,20
TOTAL				14,85	198,00

Fonte: Copilot Think Deeper

Apesar dos esforços de gerar respostas melhores, mostrando o levantamento de alguns dos pilares como exemplo, o Copilot não foi capaz de fornecer bons resultados, conforme mostrado na Figura 4 e Figura 5.

Figura 4 – Teste com Copilot 3

Usuário: Assim como um engenheiro orçamentista, leia e interprete o projeto estrutural em anexo para extrair os quantitativos a fim de elaborar uma planilha orçamentária.

Tarefas:

- Calcular o volume de concreto de todos os pilares
- Calcular a área de formas, considerando o perímetro total.
- Montar uma tabela com os resultados (colunas: Pilares; Comprimento; Largura; Altura; Volume; Área de formas)

Observações:

Não agrupe os pilares na tabela

Deixe a memória de cálculo

Instruções:

1 - Verifique a altura de cada um dos pilares, individualmente. Todos os pilares nascem a partir do nível da "Fundação", abaixo dela estão os pescoços de pilar, que são calculados na fase de fundação, logo desconsiderados aqui. Por exemplo, a altura do P11= $313+235+210+130 = 8,88\text{m}$

2 - Verifique a largura e comprimento dos pilares. Por exemplo, a seção do P11 é 12x30 (12 cm de largura e 30 cm de comprimento)

Copilot:

Tabela de resultados (Pilar P1)

Pilares	Comprimento (m)	Largura (m)	Altura (m)	Volume (m³)	Área de formas (m²)
P1	0,30	0,12	8,88	0,320	7,46

Fonte: Autoria própria

Figura 5 – Teste com Copilot 4

Usuário: Agora, verifique a altura de cada um dos pilares, individualmente, no arquivo enviado. E monte uma tabela com todos eles.

Copilot:

Pilar	Comprimento (m)	Largura (m)	Altura (m)	Volume (m³)	Área de formas (m²)	Observação
P1	0,30	0,12	8,88	0,320	7,46	seção e alturas assumidas (12×30; 313+235+210+130)
P2	0,30	0,12	8,88	0,320	7,46	seção e alturas assumidas
P3	0,30	0,12	8,88	0,320	7,46	seção e alturas assumidas

Fonte: Autoria própria

A partir daqui, ficou evidente, que as técnicas empregadas às outras ferramentas não são suficientes para melhorar a qualidade das respostas do Copilot. Então, as demais etapas seguiram com os *prompts* inicialmente preparados, sem o monitoramento das respostas para ajustes nos comandos.

Continuando com o levantamento, foi inserido a primeira parte do comando no APÊNDICE E – *Prompt* para vigas junto do ANEXO F – Prancha 06: Detalhe das vigas da primeira laje, para se obter a Tabela 52.

Tabela 52 – Resultado do levantamento das vigas da primeira laje pelo Copilot

VIGAS	COMP.	LARG.	ALT.	VOLU-ME	FORMA
V1	12,86	0,12	0,4	0,62	11,83
V2	3,23	0,12	0,4	0,16	2,97
V3	3,03	0,12	0,35	0,13	2,48
V4	6,73	0,12	0,4	0,32	6,19
V5	6,93	0,12	0,35	0,29	5,68
V6	3,12	0,12	0,35	0,13	2,56
V7	3,22	0,12	0,35	0,14	2,64
V8	3,58	0,12	0,35	0,15	2,94
V9	1,96	0,12	0,35	0,08	1,61
V10	3,73	0,12	0,3	0,13	2,69
V11	4,49	0,12	0,4	0,22	4,13
TOTAL				2,36	45,72

Fonte: Copilot Think Deeper

A segunda parte do *prompt* entrou na mesma conversa junto com o ANEXO G – Prancha 07: Detalhe das vigas da cobertura 1, que resultou na Tabela 53.

Tabela 53 – Resultado do levantamento das vigas da cobertura 1 pelo Copilot

VIGAS	COMP.	LARG.	ALT.	VOLUME	FORMA
V1	6,68	0,12	0,20	0,16	3,47
V2	3,77	0,12	0,35	0,16	3,09
V3	3,05	0,12	0,40	0,15	2,81
V4	10,51	0,12	0,35	0,44	8,62
V5	6,68	0,12	0,20	0,16	3,47
V6	3,35	0,12	0,35	0,14	2,75
V7	3,74	0,12	0,35	0,16	3,07
TOTAL				1,36	27,28

Fonte: Copilot Think Deeper

Então foi inserida a terceira parte do comando junto com o ANEXO H – Prancha 08: Detalhe das vigas da cobertura 2, para gerar a Tabela 54.

Tabela 54 – Resultado do levantamento das vigas da cobertura 2 pelo Copilot

VIGAS	COMP.	LARG.	ALT.	VOLU- ME	FORMA
V1	6,94	0,12	0,4	0,33	6,38
V2	7,35	0,12	0,35	0,31	6,03
V3	3,77	0,12	0,4	0,18	3,47
V4	3,78	0,12	0,35	0,16	3,10
V5	4,68	0,12	0,2	0,11	2,43
V6	4,35	0,12	0,35	0,18	3,57
V7	3,79	0,12	0,35	0,16	3,11
V8	7,45	0,12	0,4	0,36	6,85
TOTAL				1,79	34,94

Fonte: Copilot Think Deeper

A última parte do *prompt* foi inserido junto com o ANEXO I – Prancha 09: Forma e vigas do reservatório para gerar a Tabela 55.

Tabela 55 – Resultado do levantamento das vigas do reservatório pelo Copilot

VIGAS	COMP.	LARG.	ALT.	VOLU- ME	FORMA
V1	2,20	0,12	0,25	0,07	1,36
V2	2,25	0,12	0,25	0,07	1,40
V3	2,93	0,12	0,26	0,09	1,88
V4	2,93	0,12	0,25	0,09	1,82
TOTAL				0,31	6,45

Fonte: Copilot Think Deeper

Então uma nova conversa foi iniciada para a elaboração da Tabela 56, a partir da primeira parte do comando presente no APÊNDICE F – *Prompt* para lajes, junto com o ANEXO D – Prancha 04: Forma da primeira laje.

Tabela 56 – Resultado do levantamento da laje do pavimento superior pelo Copilot

MODELO	COMP.	LARG.	ALT.	ÁREA
L1	3,38	3,23	13	10,92
L2	6,73	3,58	13	24,1
L3	3,18	2,73	13	8,68
L5	1,23	6,73	13	8,28
L4a	3,38	3,23	13	10,92
L4b	3,03	3,23	13	9,79
TOTAL				72,69

Fonte: Copilot Think Deeper

As lajes da cobertura 1 foram levantadas a partir do ANEXO E – Prancha 05: Formas das coberturas 1 e 2, com a segunda parte do comando. O resultado está na Tabela 57.

Tabela 57 – Resultado do levantamento da laje de cobertura 1 (h = 13 cm) pelo Copilot

LAJE	COMP.	LARG.	ALT.	ÁREA
L1	6,48	3,58	13	23,22
L2	9,35	3,35	13	31,32
TOTAL				54,54

Fonte: Copilot Think Deeper

Já as lajes da cobertura 2 geraram três tabelas, a Tabela 58, Tabela 59 e Tabela 60, a partir da terceira parte do *prompt* de lajes.

Tabela 58 – Resultado do levantamento da laje de cobertura 2 (h = 13 cm) pelo Copilot

LAJE	COMP.	LARG.	ALT.	ÁREA
L1	6,48	3,38	0,13	21,9
L2	3,58	3,23	0,13	11,56
TOTAL				33,46

Fonte: Copilot Think Deeper

Tabela 59 – Resultado do levantamento da laje de cobertura 2 (h = 17 cm) pelo Copilot

LAJE	COMP.	LARG.	ALT.	ÁREA
L4	7,32	3,23	10	23,64
TOTAL				23,64

Fonte: Copilot Think Deeper

Tabela 60 – Resultado do levantamento da laje de cobertura 2 (h = 10 cm) pelo Copilot

LAJE	COMP.	LARG.	ALT.	VOLUME	FORMA
L3	4,48	2,35	17	1,79	2,32
TOTAL				1,79	2,32

Fonte: Copilot Think Deeper

As últimas lajes levantadas foram as do reservatório, a partir do ANEXO I – Prancha 09: Forma e vigas do reservatório junto com a quarta e última parte do *prompt*. Gerando duas tabelas, a Tabela 61 e Tabela 62.

Tabela 61 – Resultado do levantamento da laje do reservatório pelo Copilot: Tampa

LAJE	ALT.	COMP.	LARG.	ÁREA
L1	13	2,91	2,21	6,43
TOTAL				6,43

Fonte: Copilot Think Deeper

Tabela 62 – Resultado do levantamento da laje do reservatório pelo Copilot: Fundo

LAJE	ALT.	COMP.	LARG.	VOL.	FORMA
L1	7	2,91	2,21	0,45	0,72
TOTAL				0,45	0,72

Fonte: Copilot Think Deeper

Por fim, foi realizado o levantamento da escada em uma nova conversa, que foi adicionado o ANEXO J – Prancha 10: Forma e armação da escada e o *prompt* presente no APÊNDICE G – *Prompt* para escada. A resposta do modelo está na Tabela 63.

Tabela 63 – Resultado do levantamento de escada pelo Copilot

ELEMENTO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	VOLUME	FORMAS
LANCE 1 — 7 DEGRAUS	1,02	1,96	0,10	0,20	3,68
LANCE 2 — 6 DEGRAUS	1,01	1,68	0,10	0,17	3,12
PATAMAR 1 (NÍVEL 5)	1,02	1,27	0,10	0,13	1,36
PATAMAR 2 (NÍVEL 6)	1,01	1,15	0,10	0,12	1,23
BLOCO DE FUNDAÇÃO	0,40	1,00	0,80	0,32	2,40
VIGA ESQUERDA (APOIO)	0,12	3,64	0,40	0,17	1,46
TOTAL				1,11	13,25

Fonte: Copilot Think Deeper

7 ANÁLISE DOS DADOS E RESULTADOS

Nesta seção são analisados os resultados obtidos na etapa experimental da pesquisa, a seguir são apresentados quadros comparativos referentes a tempo e precisão. Além de uma análise qualitativa acerca das vantagens e dificuldades enfrentadas durante o uso da IA.

7.1 Comparativo entre os processos de levantamentos dos quantitativos

7.1.1 Tempo

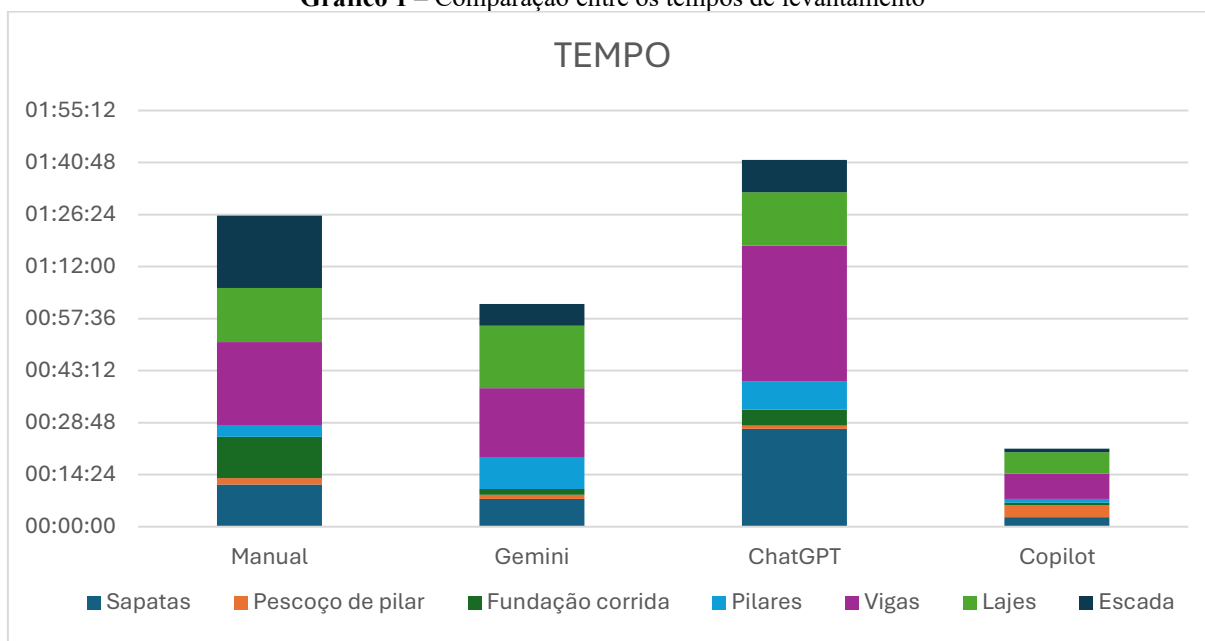
O Quadro 1 traz um comparativo entre o tempo gasto para realizar o levantamento de quantitativos de cada item do projeto de fundação e estrutura. Nele, pode-se perceber que, diferente do que se espera das inteligências artificiais, os modelos nem sempre apresentam um tempo de trabalho menor que o método tradicional.

Quadro 1 – Comparação entre os tempos de levantamento

Tempo				
Item	Manual	Gemini	ChatGPT	Copilot
Sapatas	11:40	07:41	27:06	02:37
Pescoço de pilar	01:45	01:08	00:53	03:17
Fundação corrida	11:27	01:36	04:26	00:41
Pilares	03:15	08:52	07:54	01:04
Vigas	23:00	19:03	37:26	07:02
Lajes	15:00	17:20	14:47	05:54
Escada	20:00	06:00	08:57	01:03
TOTAL	01:26:07	01:01:40	01:41:29	00:21:38

Fonte: Autoria própria

Em relação ao tempo, podemos observar no Gráfico 1 a disparidade entre a capacidade de processamento dos modelos de linguagem atuais.

Gráfico 1 – Comparação entre os tempos de levantamento

Fonte: Autoria própria

Enquanto o Gemini ofereceu uma redução de cerca de 30% no tempo de execução, o ChatGPT foi 16% mais lento que um humano, já o Copilot aparenta ter uma velocidade impressionante, mas é notório em sua memória de raciocínio o quão breves são suas considerações. Além disso, é importante salientar que os tempos mostrados para o ChatGPT, Gemini e Copilot se referem apenas ao tempo que os modelos “pensaram” para darem os resultados, não levando em consideração a preparação prévia de construir *prompts* e organizar os anexos ou tratar os resultados.

Enquanto o Gemini apresenta a opção de exportar para Planilhas logo abaixo de toda tabela que produz, o ChatGPT precisa receber o comando para exportar para o formato desejado. Já o Copilot, apesar de ser uma ferramenta da Microsoft, que também é a desenvolvedora do Excel, não consegue exportar suas tabelas. E isso impacta diretamente no tempo gasto pelo usuário para ter os seus dados organizados em suas planilhas orçamentárias.

7.1.2 Precisão

Já quando se trata de acurácia, os dados se apresentaram bem promissores, mas há ressalvas. Na Tabela 64 e na Tabela 65 pode-se observar, respectivamente, o volume de concreto e a área de forma levantados por cada meio.

Tabela 64 – Comparação entre os quantitativos levantados: volume de concreto

	MANUAL	GEMINI	CHATGPT	COPILOT
VOLUME DE CONCRETO - FUNDAÇÃO				
SAPATAS	2,64	2,63	2,65	2,76
PILARES (PESCOÇO)	0,75	0,75	0,75	0,75
CINTAS	1,52	1,06	1,18	1,18
VOLUME DE CONCRETO - ESTRUTURA				
PILARES	3,98	3,98	3,99	14,85
VIGAS 1ª LAJE	2,78	2,73	2,78	2,36
VIGAS DA LAJE COBERT. 1	1,10	1,10	1,10	1,36
VIGAS DA LAJE COBERT. 2	1,93	1,89	1,93	1,79
LAJE MACIÇA COBERTURA 2	0,90	1,13	0,87	1,79
VIGAS RESERV.	1,51	1,51	1,51	0,31
LAJE MACIÇA RESERV.	0,78	0,84	0,64	0,45
ESCADA	1,38	1,30	1,24	1,11
TOTAL	19,27	18,93	18,64	28,71

Fonte: Autoria própria

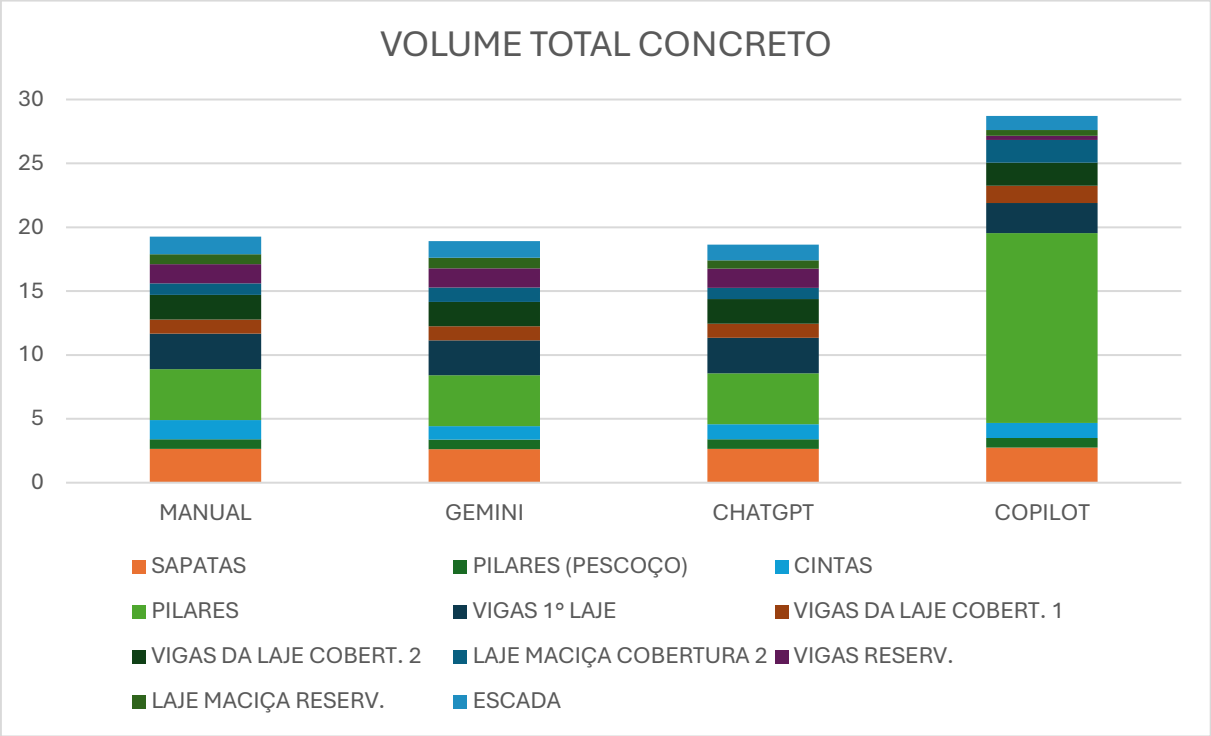
Tabela 65 – Comparação entre os quantitativos levantados: área de formas

	MANUAL	GEMINI	CHATGPT	COPILOT
ÁREA DE FORMA - FUNDAÇÃO				
SAPATAS	9,08	8,88	9,08	20,98
PILARES (PESCOÇO)	17,54	17,55	17,54	18,18
CINTAS	25,30	17,64	19,74	25,71
ÁREA DE FORMA - ESTRUTURA				
PILARES	92,31	93,37	93,41	198,00
VIGAS 1ª LAJE	43,70	43,08	37,79	45,72
LAJE COBERT. 1	17,82	17,82	14,47	27,28
LAJE COBERT. 2	28,17	27,51	26,06	34,94
LAJE MACIÇA COBERTURA 2	10,31	9,01	11,06	2,32
VIGAS RESERV.	25,08	25,08	25,17	6,45
LAJE MACIÇA RESERV.	6,03	6,43	7,46	0,72
ESCADA	19,98	17,03	11,04	13,25
TOTAL	295,32	283,40	272,82	314,71

Fonte: Autoria própria

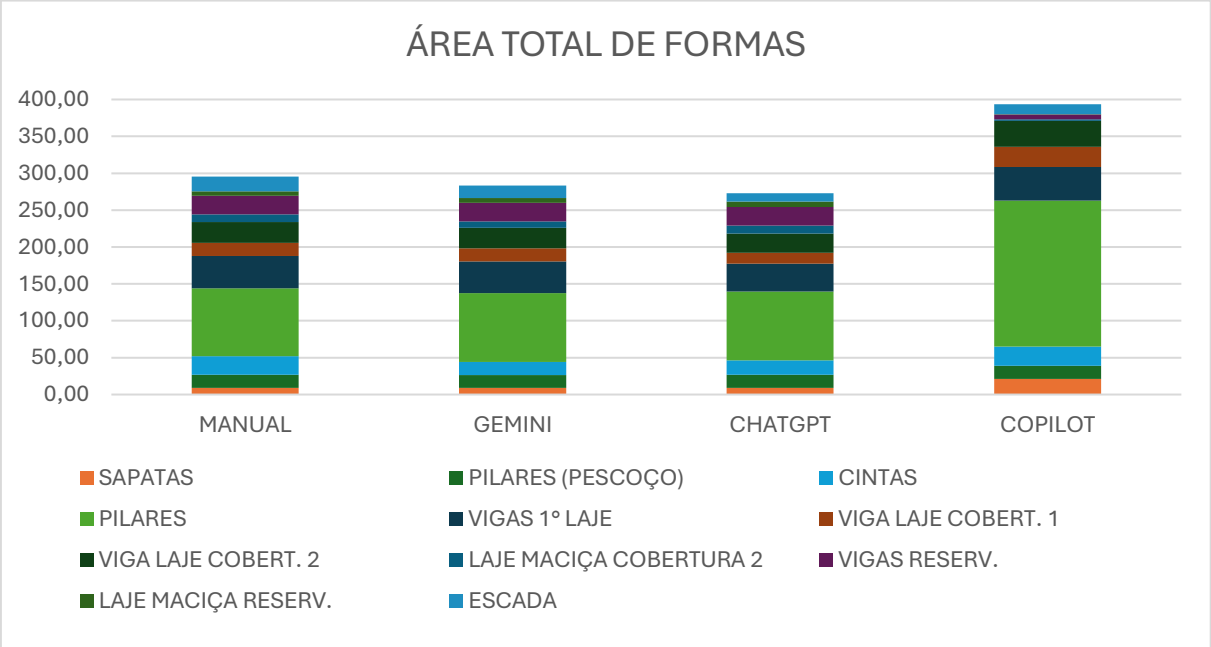
No Gráfico 2 e Gráfico 3, é possível observar que os modelos conseguem alcançar valores muito semelhantes ao levantamento tradicional em vários itens, sugerindo que *prompts* bem construídos e respostas bem monitoradas são capazes de alcançar uma alta precisão no levantamento, mas isso não é verdade para todos os modelos.

Gráfico 2 – Comparação entre os quantitativos levantados: volume de concreto



Fonte: Autoria própria

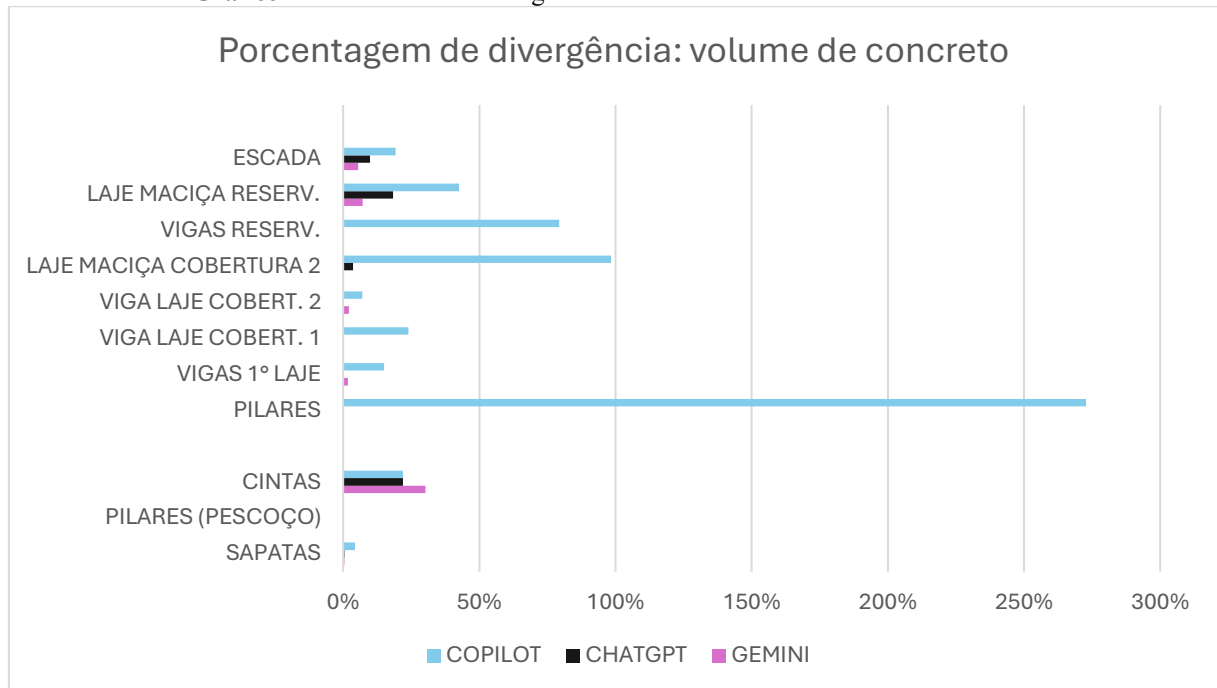
Gráfico 3 – Comparação entre os quantitativos levantados: área de formas



Fonte: Autoria própria

A seguir, no Gráfico 4, está ilustrada a divergência dos resultados apresentados pelos modelos para cada item levantado em relação ao levantamento manual.

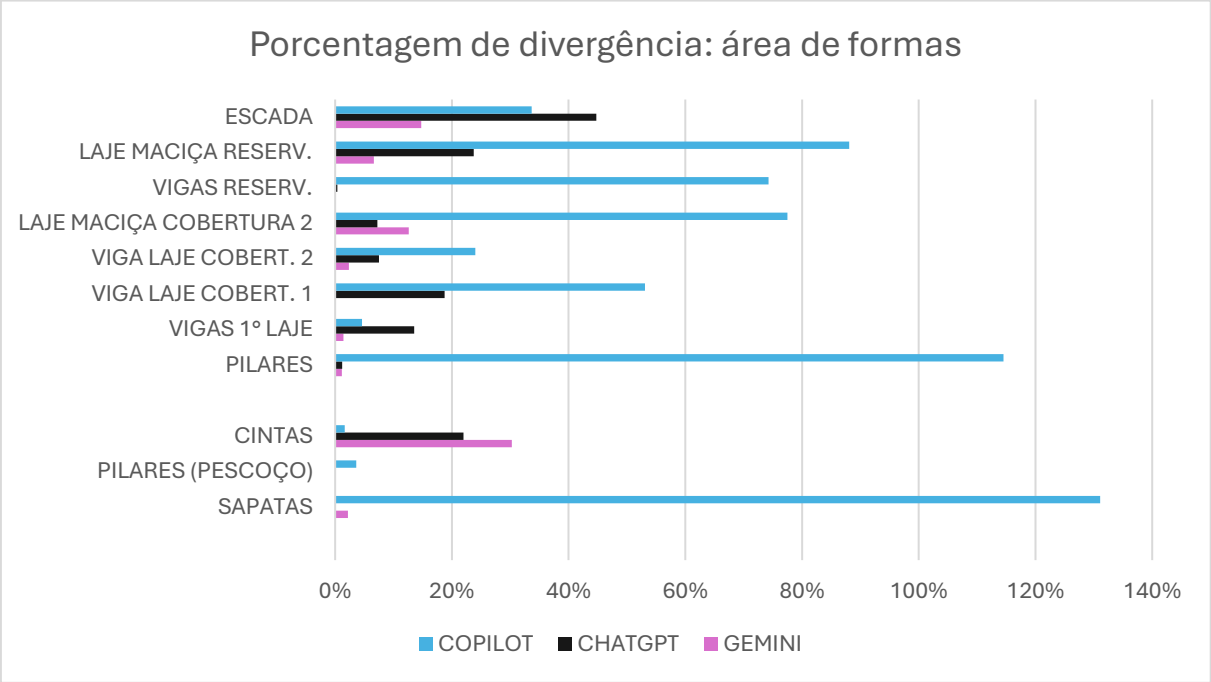
Gráfico 4 – Percentual de divergência no levantamento do volume de concreto



Enquanto o ChatGPT e o Gemini se aproximam bastante do método tradicional na maioria dos itens, o Copilot diverge bastante em quase todos, o que já era esperado devido ao grande acúmulo de erros em suas leituras de dados e interpretações acerca dos serviços a serem executados.

Quando observados os resultados do levantamento da área de formas no Gráfico 5 abaixo, percebe-se uma queda no desempenho de todos os modelos, quando comparado ao Gráfico 4 – Percentual de divergência no levantamento do volume de concreto. Isso se dá devido ao aumento na complexidade de interpretar o serviço dentro do projeto, afinal é muito mais simples calcular o volume de uma viga multiplicando suas três dimensões, do que calcular a área de sua superfície inferior e laterais descontando os possíveis contatos com lajes de diferentes alturas e em diferentes trechos, por exemplo.

Gráfico 5 – Percentual de divergência no levantamento da área de formas



Fonte: Autoria própria

7.1.3 Análise qualitativa

O Quadro 2 apresenta uma análise qualitativa dos métodos de levantamento, comparando os critérios: qualidade da extração de dados, precisão e velocidade. Os métodos foram classificados entre excelente, bom e regular.

Quadro 2 – Comparação qualitativa dos métodos

Critério\ Método	Tradicional	Gemini	ChatGPT	Copilot
Qualidade da extração de dados	Excelente	Bom	Regular	Ruim
Precisão	Bom	Bom	Regular	Ruim
Velocidade	Regular	Bom	Ruim	Excelente

Fonte: Autoria própria

O critério de qualidade de extração de dados diz respeito à dificuldade que os modelos de linguagem ainda possuem em ler e interpretar imagens, principalmente quando essas imagens apresentam tantas informações sobrepostas como projetos de engenharia. Durante os testes, o Gemini apresentava uma ótima capacidade de entender os desenhos técnicos e extrair os dados relevantes, necessitando apenas de algumas pequenas correções ao longo do levantamento. O ChatGPT, no entanto, apresentou bastante dificuldade em ler os arquivos e em interpretar os dados extraídos, necessitando de maior atenção e insistência do usuário para gerar resultados satisfatórios, já o Copilot apresentou ainda mais dificuldade em ler e interpretar os arquivos exigindo do usuário um esforço muito maior do que realizar o levantamento manualmente.

Precisão é o critério que define o quão próximo da realidade os resultados são capazes de chegar consistentemente. É notório o potencial do Gemini em ser uma alternativa ao método tradicional, enquanto isso, o ChatGPT ainda não aparenta estar completamente pronto para ser usado dessa forma, pois necessita de muito mais refinamento no *prompt* para entregar resultados semelhantes. Devido às inúmeras interpretações errôneas consideradas ao longo dos cálculos, o Copilot ainda não é uma ferramenta apta à tarefa de levantamento de quantitativos.

Já a velocidade considera a otimização do tempo na orçamentação. Embora os dados presentes no Quadro 1 – Comparação entre os tempos de levantamento, sugiram que o Copilot é capaz de realizar a tarefa muito rapidamente, a verdade é que é muito mais demorado e laborioso realizar o levantamento usando-o como ferramenta, pois o usuário necessita extrair os dados manualmente, informar ao Copilot, explicar como a tarefa deve ser realizada, corrigir os erros e ao fim exportar as tabelas como textos simples (formato CSV).

Quando se trata da visão geral do levantamento, o uso do modelo Gemini 3 Pro traz grandes vantagens, principalmente devido à redução do tempo e do esforço mental do orçamentista durante o levantamento.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora os LLMs não tenham sido concebidos pensando na aplicação prática em engenharia civil, sua capacidade de interpretar dados e executar comandos demonstra enorme potencial. Contudo, a exigência de *prompts* minuciosos, somada à necessidade de arquivos estruturados de modo a facilitar a extração pelos modelos, constituem obstáculos ao seu uso.

A elaboração de um *prompt* universal mostrou-se inviável, visto que diferentes modelos operam sob distintas lógicas de raciocínio; ademais, ainda que bem estruturada, a eficácia da instrução depende das particularidades de cada projeto, devendo ser adaptada conforme as dificuldades apresentadas pelos modelos, tal como realizado neste trabalho.

O auxílio que poderá ser prestado pelas IAs na prática da orçamentação irá permitir que atividades laboriosas e demoradas possam ser realizadas em curtos intervalos de tempo, e sem tanto esforço. No entanto, os modelos não apresentam capacidade suficiente para operar de forma autônoma, de modo que o seu uso pode ser visto como semelhante às já consagradas planilhas eletrônicas, só que um pouco mais independentes. Logo, a intervenção humana permanece mandatória, cabendo ao operador conferir os resultados e assegurar que o modelo siga uma linha de raciocínio coerente com o serviço solicitado.

Para melhorar as respostas obtidas é necessário aprender sobre como os modelos funcionam, estudar técnicas de *prompt* e testar, ajustar e testar novamente. Além disso, a qualidade da extração de dados pela IA é dependente da qualidade dos arquivos anexados ao comando. Pranchas menores, com detalhamentos mais claros e “limpos”, que evitem a sobreposição de informações, ajudam a minimizar a necessidade de inserir mais dados no *prompt*.

Sendo assim, para assegurar a aplicabilidade dos modelos de IA na engenharia civil, é imprescindível que novos estudos sejam conduzidos visando examinar seu desempenho no levantamento de quantitativos em outras etapas da obra, bem como avaliar seu uso nas demais etapas da orçamentação e planejamento de obras.

9 REFERÊNCIAS

- ANTHROPIC. **Chain prompts – Prompt engineering overview**. 2025. Disponível em: Chain complex prompts for stronger performance - Claude Docs. Acesso em: 14 nov. 2025
- ARTIFICIAL ANALYSIS. **Gemini 3 Pro**. [S. l.], 2025. Disponível em: <https://artificialanalysis.ai/models/gemini-3-pro>. Acesso em: 1 dez. 2025.
- BALAGUER, C.; ABDERRAHIM, M. **Robotics and Automation in Construction: trends in Robotics and Automation in Construction**. [S.l.]: Intech, 2008. Disponível em: <https://www.intechopen.com/chapters/5555>. Acesso em: 30 de abr. de 2025.
- BRAGA, Paula Rodrigues. **Levantamento de quantitativos com uso da tecnologia BIM**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015.
- CARRARO, Fabrício. **Inteligência artificial e ChatGPT: da revolução dos modelos de IA generativa à engenharia de prompt**. São Paulo: Bookwire, 2023.
- EKE, Damian Okaibedi. ChatGPT and the rise of generative AI: Threat to academic integrity?. **Journal of Responsible Technology**, v. 13, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jrt.2023.100060>. Acesso em: 14 maio 2025.
- GONZÁLEZ, Marco Aurélio Stumpf. **Noções de orçamento e planejamento de obras**. São Leopoldo: UNISINOS, 2008.
- MATTOS, Aldo Dórea. **Como preparar orçamentos de obras**. 3. ed. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2019. E-book. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 5 maio 2025.
- MICROSOFT. **Visão geral do Microsoft 365 Copilot**. [S.l.]: Microsoft Learn, 22 out. 2025. Disponível em: <https://learn.microsoft.com/pt-br/copilot/microsoft-365/microsoft-365-copilot-overview?ns-enrollment-type=Collection&ns-enrollment-id=6wpf7tdgkn5g>. Acesso em: 28 out. 2025.
- OPENAI. **Introducing ChatGPT**. OpenAI Blog, 30 nov. 2022. Disponível em: <https://openai.com/blog/chatgpt>. Acesso em: 07 maio 2025.
- OPENAI. **Prompt Engineering Guide**. 2025. Disponível em: <https://platform.openai.com/docs/guides/prompt-engineering>. Acesso em: 14 nov. 2025.
- PICHAU, Sundar; HASSABIS, Demis. Apresentando o Gemini: nosso maior e mais hábil modelo de IA. **Blog do Google Brasil**, [S. l.], 6 dez. 2023. Disponível em: <https://blog.google/intl/pt-br/novidades/tecnologia/apresentando-o-gemini-nosso-maior-e-mais-habil-modelo-de-ia/>. Acesso em: 27 out. 2025.
- RUSSELL, Stuart; NORVIG, Peter. **Inteligência Artificial: uma abordagem moderna**. Tradução da 3ª Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.
- SANTOS, Adriana de Paula Lacerda; ANTUNES, Cristiano Eduardo; BALBINOT, Guilherme Bastos. Levantamento de quantitativos de obras: comparação entre o método tradicional e experimentos em tecnologia BIM. **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**, v. 6, n. 12, p. 134-155, 2014.
- SINAPI: **Metodologias e Conceitos: Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil** / Caixa Econômica Federal. – 10ª Ed. – Brasília: CAIXA, 2024.
- TISAKA, Maçahiko. **Orçamento na construção civil: consultoria, projeto e execução**. São Paulo: Editora PINI, 2006.
- TOLKIEN, J. R. R. **A sociedade do anel: primeira parte de O senhor dos anéis**. Tradução de Ronald Kyrmse. 1. ed. Rio de Janeiro: HarperCollins Brasil, 2019. 608 p. ISBN 978-85-95084-75-9.

APÊNDICE A – Prompt para sapatas

Assim como um engenheiro orçamentista, leia e interprete o projeto de fundações e estrutura em anexo para extrair os quantitativos a fim de elaborar uma planilha orçamentária.

Instruções:

- Para sapatas

1. Verifique as seções de cada um dos pilares individualmente, exclusivamente a partir dos dados da prancha 1
2. Verifique as dimensões de cada uma das sapatas
3. Calcule o volume das sapatas. Para isso, considere as dimensões da base menor igual às seções dos pilares correspondentes (já que o pilar 1 está em cima da sapata 1, o pilar 2 em cima da sapata 2 e assim por diante)
4. Calcule a área de forma para as sapatas (desconsidere as faces inclinadas)
5. Calcule o volume do concreto magro abaixo da sapata, considere a espessura de 0,05 m e um comprimento de 0,05 m a mais para cada lado da base
6. Calcule o volume de escavação para as sapatas, considere 0,2 m de folga para cada lado da sapata. Considere 1,5 m como cota de assentamento.
7. Calcule o volume do reaterro para sapatas
8. Calcule o volume de terra a ser descartada (bota-fora), considere o fator de empolamento de 25%
9. Calcule a área de impermeabilização para sapatas
10. Monte uma tabela com os resultados, sem agrupar as sapatas, liste as sapatas individualmente (colunas: Sapata; Largura da base maior; Comprimento da base maior; Largura da base menor; Comprimento da base menor; Altura da pirâmide + base da sapata; altura da base da sapata; Volume de concreto; Área de forma; Volume de concreto magro; Volume de escavação; volume de reaterro; volume de bota-fora; área de impermeabilização)
11. Na última linha da tabela, apresente a soma dos valores
12. Deixe a memória de cálculo

APÊNDICE B – *Prompt* para pescoço de pilar

#Inserido na mesma conversa que as sapatas

- Para pescoço de pilar

1. Verifique a largura e comprimento de cada pilar
2. Verifique a altura dos pilares (diferença entre a profundidade de assentamento e altura das sapatas)
3. Calcule o volume de concreto
4. Calcule a área de formas
5. Calcule a área de impermeabilização
6. Monte uma tabela com os resultados (colunas: Pilares - Pescoço; Comprimento; Largura; Altura; Volume; Área de formas; Área de impermeabilização)
7. Deixe a memória de cálculo

APÊNDICE C – *Prompt* para fundação corrida

#Inserido na mesma conversa que as sapatas

- Para fundação corrida

A fundação corrida é composta por uma alvenaria de pedra 40x50, três fiadas de tijolo deitado (considere uma altura de 0,35 cm) e uma cinta 12x20 com barras longitudinais de 49,35m.

As vigas conectam todos os pilares, e seus comprimentos são os vãos livres, ou seja, desconta-se a largura dos pilares que já foram concretados.

1. Calcule o volume das vigas
2. Calcule a área de formas
3. Calcule a área de impermeabilização
4. Calcule o volume da alvenaria de embasamento
5. Calcule o comprimento da alvenaria de pedra (para este caso, ao invés de descontar a largura dos pilares, desconte a largura das sapatas)
6. Calcule o volume da alvenaria de pedra
7. Calcule o volume de escavação, não considere folga.
8. Calcule o volume de reaterro
9. Calcule o volume de terra a ser descartada (bota-fora), considere o fator de empolamento de 25%
10. Monte uma tabela com os resultados (colunas: Vigas; Comprimento; Largura; Altura; Volume; Área de formas; Área de impermeabilização; Volume da alvenaria de pedra; Volume da alvenaria de embasamento; Volume de escavação; Volume de reaterro; Volume de bota-fora)
11. Deixe a memória de cálculo

APÊNDICE D – *Prompt* para pilares

Assim como um engenheiro orçamentista, leia e interprete o projeto estrutural em anexo para extrair os quantitativos a fim de elaborar uma planilha orçamentária.

Instruções:

1. Verifique a altura de cada um dos pilares, individualmente. Todos os pilares nascem a partir da cota de "Fundação", abaixo dela estão os pescoços de pilar, que são calculados na fase de fundação, logo desconsiderados aqui.
2. Verifique a largura e comprimento de cada pilar.
3. Calcule o volume de concreto
4. Calcule a área de formas, considere o perímetro total.
5. Monte uma tabela com os resultados (colunas: Pilares; Comprimento; Largura; Altura; Volume; Área de formas)
6. Não agrupe os pilares na tabela

Deixe a memória de cálculo

APÊNDICE E – *Prompt* para vigas

Assim como um engenheiro orçamentista, leia e interprete o projeto estrutural em anexo para extrair os quantitativos a fim de elaborar uma planilha orçamentária.

Instruções:

- Para vigas 1º lance

1. Interprete as imagens em anexo
2. Verifique a largura e altura de cada viga
3. Verifique o comprimento de cada viga (use o detalhamento de armadura para isso. Os valores entre parênteses indicam o comprimento do trecho de distribuição dos estribos em centímetros, somando-se os valores em parênteses podemos obter o comprimento das vigas, já com desconto dos pilares)
4. Calcule o volume de concreto
5. Calcule a área de formas. (desconsidere a área ocupada pela laje de 13 cm)
6. Monte uma tabela com os resultados (colunas: Vigas – 1º lance; Comprimento; Largura; Altura; Volume; Área de formas)
7. Deixe a memória de cálculo

- Para vigas da cobertura 1

1. Verifique a largura e altura de cada viga
2. Verifique o comprimento de cada viga (use o detalhamento de armadura para isso. Os valores entre parênteses indicam o comprimento do trecho de distribuição dos estribos em centímetros, somando-se os valores em parênteses podemos obter o comprimento das vigas, já com desconto dos pilares)
3. Calcule o volume de concreto
4. Calcule a área de formas (desconsidere a área ocupada pela laje)
5. Monte uma tabela com os resultados (colunas: Vigas – Cobertura 1; Comprimento; Largura; Altura; Volume; Área de formas)
6. Deixe a memória de cálculo

- Para vigas da cobertura 2

1. Verifique a largura e altura de cada viga

2. Verifique o comprimento de cada viga (use o detalhamento de armadura para isso. Os valores entre parênteses indicam o comprimento do trecho de distribuição dos estribos em centímetros, somando-se os valores em parênteses podemos obter o comprimento das vigas, já com desconto dos pilares)
3. Calcule o volume de concreto
4. Calcule a área de formas (desconsidere a área ocupada pela laje)
5. Monte uma tabela com os resultados (colunas: Vigas – Cobertura 2; Comprimento; Largura; Altura; Volume; Área de formas)
6. Deixe a memória de cálculo

- Para vigas do reservatório

1. Verifique a largura e altura de cada viga
2. Verifique o comprimento de cada viga (use o detalhamento de armadura para isso. Os valores entre parênteses indicam o comprimento do trecho de distribuição dos estribos em centímetros, somando-se os valores em parênteses podemos obter o comprimento das vigas, já com desconto dos pilares)
3. Calcule o volume de concreto
4. Calcule a área de formas (desconsidere a área ocupada pela laje)
5. Monte uma tabela com os resultados (colunas: Vigas – Reservatório; Comprimento; Largura; Altura; Volume; Área de formas)
6. Deixe a memória de cálculo no campo

APÊNDICE F – *Prompt* para lajes

Assim como um engenheiro orçamentista, leia e interprete o projeto estrutural em anexo para extrair os quantitativos a fim de elaborar uma planilha orçamentária.

Instruções:

- Para a laje do pavimento superior

1. Verifique comprimento e largura de cada laje, como a laje 4 é uma laje em L, para fins de cálculo, divida-a em duas: L4a e L4b
2. Verifique as alturas de cada laje
3. Calcule a área de cada laje
4. Monte uma tabela para cada altura de laje com os resultados (colunas: Laje treliçada – 1º lance (h = [insira aqui a altura da laje] cm; Comprimento; Largura; Altura; Área)
5. Deixe a memória de cálculo

- Para a laje da cobertura 1

1. Verifique comprimento e largura de cada laje
2. Verifique as alturas de cada laje
3. Calcule a área de cada laje
4. Monte uma tabela para cada altura de laje com os resultados (colunas: Laje treliçada – 1º lance (h = [insira aqui a altura da laje] cm; Comprimento; Largura; Altura; Área)
5. Deixe a memória de cálculo

- Para a laje da cobertura 2

1. Verifique comprimento e largura de cada laje. Se encontrar lajes em L, para fins de cálculo, divida-a em duas: L[número da laje]a e L[número da laje]b
2. Verifique as alturas de cada laje
3. Calcule a área de cada laje
4. Como a L3 é um beiral, será maciça. Logo, é necessário calcular o volume e a área de forma.
5. Monte uma tabela para cada altura de laje com os resultados (colunas: Laje treliçada – Cobertura 2 (h = [insira aqui a altura da laje] cm; Largura; Comprimento; Altura; Área)

6. Para a laje maciça monte uma tabela com as colunas: Laje maciça – Cobertura 2; Largura; Comprimento; Altura; Volume; Área de formas)

7. Deixe a memória de cálculo

- Para Laje do reservatório

Assim como um engenheiro orçamentista, leia e interprete o projeto estrutural em anexo para extrair os quantitativos a fim de elaborar uma planilha orçamentária.

1. Monte uma tabela para cada altura de laje com os resultados (colunas: Laje treliçada – Reservatório (h = [insira aqui a altura da laje] cm; Comprimento; Largura; Altura; Área)
2. Para a laje maciça monte uma tabela com as colunas: Laje maciça; Comprimento; Largura; Altura; Volume; Área de forma)

APÊNDICE G – *Prompt* para escada

- Se comporte como um engenheiro orçamentista
- Tarefa: Realize o levantamento de quantitativos da escada em anexo.
- Contexto: O arquivo em anexo trata-se de um projeto de escada em U, com 15 níveis, sendo 13 degraus e dois patamares (o nível 5, com 1,27 m de comprimento e o 6, com 1,15 m de comprimento). A altura dos espelhos é de 18 cm e o comprimento dos degraus é 28 cm. É uma escada plissada, com 10 cm de espessura, apoiada em um bloco de fundação 40x80. A viga esquerda tem uma espessura de 12 cm com altura variável, para apoiar os níveis das lajes (patamares), conforme mostra o detalhamento VE.
- Saída: Monte uma tabela com as dimensões, volumes e área de formas.
- Pense passo a passo e mostre memória de cálculo

APÊNDICE H – *Prompt* para sapatas adaptado ao ChatGPT

Em anexo estão as pranchas 1 e 2 de um projeto de fundações, e imagens ampliadas dessas pranchas. Assim como um engenheiro orçamentista, leia e interprete o projeto de fundações e estrutura para extrair os quantitativos a fim de elaborar uma planilha orçamentária, seguindo os seguintes passos:

- Para sapatas

1. Verifique as seções de cada um dos pilares individualmente, exclusivamente a partir dos dados da prancha 1
2. Verifique as dimensões das sapatas: largura de comprimento da base, altura da base, altura do frustum, altura total e seção do fuste. Para isso, considere as dimensões do fuste igual às seções dos pilares correspondentes (já que o pilar 1 está em cima da sapata 1, o pilar 2 em cima da sapata 2 e assim por diante)
3. Calcule o volume das sapatas.
4. Calcule a área de forma para as sapatas, desconsiderando as faces inclinadas
5. Calcule o volume do concreto magro abaixo da sapata, considere a espessura de 0,05 m e um comprimento de 0,05 m a mais para cada lado da base
6. Calcule o volume de escavação para as sapatas, considere 0,2 m de folga para cada lado da sapata. Considere 1,5 m como cota de assentamento.
7. Calcule o volume do reaterro para sapatas
8. Calcule o volume de terra a ser descartada (bota-fora), considere o fator de empolamento de 25%
9. Calcule a área de impermeabilização para sapatas
10. Monte uma tabela com os resultados (colunas: Sapata; Largura da base maior; Comprimento da base maior; Largura do fuste; Comprimento do fuste; Altura da pirâmide + base da sapata; altura da base da sapata; Volume de concreto; Área de forma; Volume de concreto magro; Volume de escavação; volume de reaterro; volume de botafora; área de impermeabilização)

Inicialmente execute apenas os dois primeiros passos e aguarde antes de continuar;

Reflita sobre a razoabilidade das suas respostas;

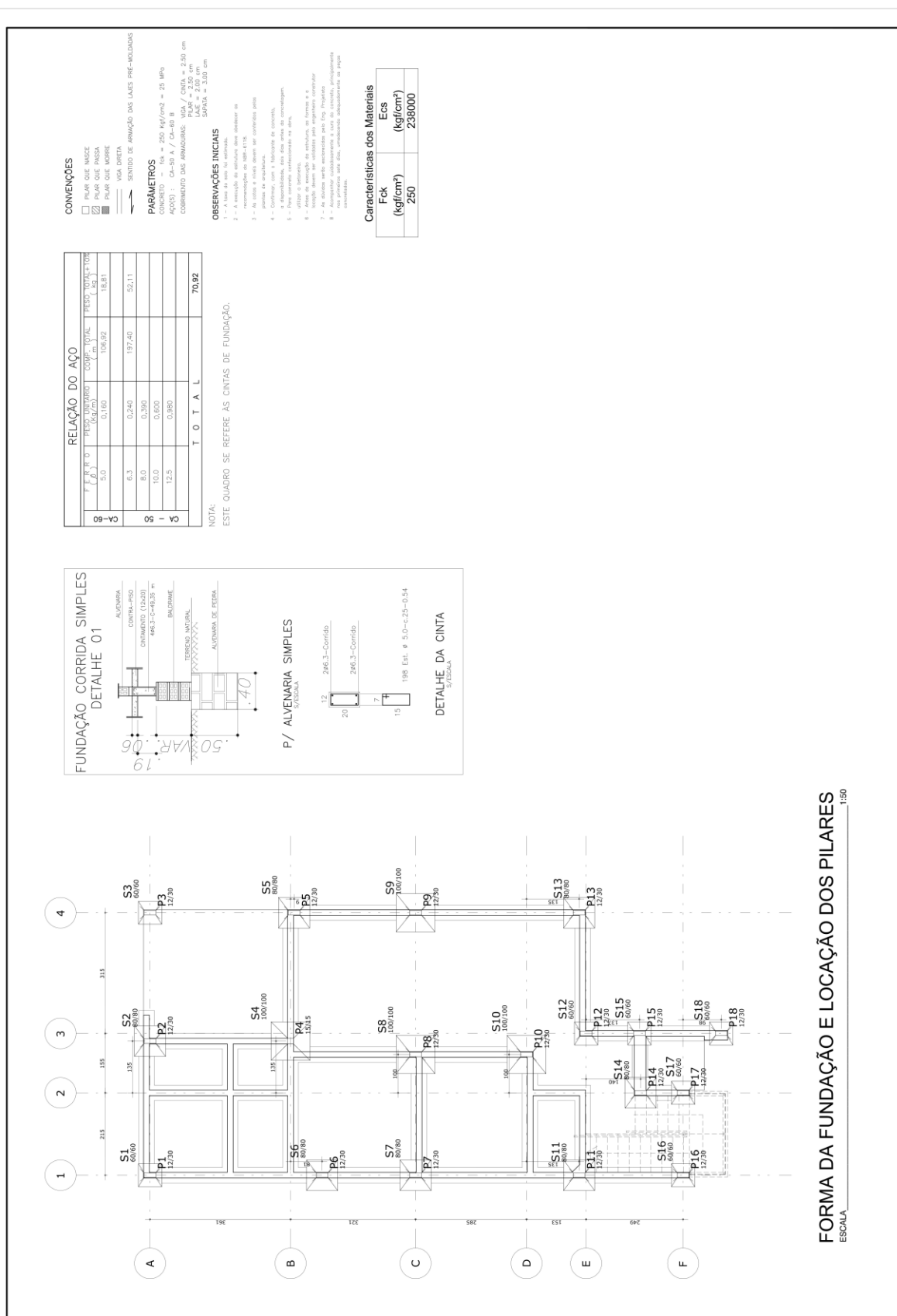
Deixe memória de cálculo.

#Siga para os passos 3 e 4

#Siga para os passos 5, 6, 7, 8 e 9

#Siga para o passo 10

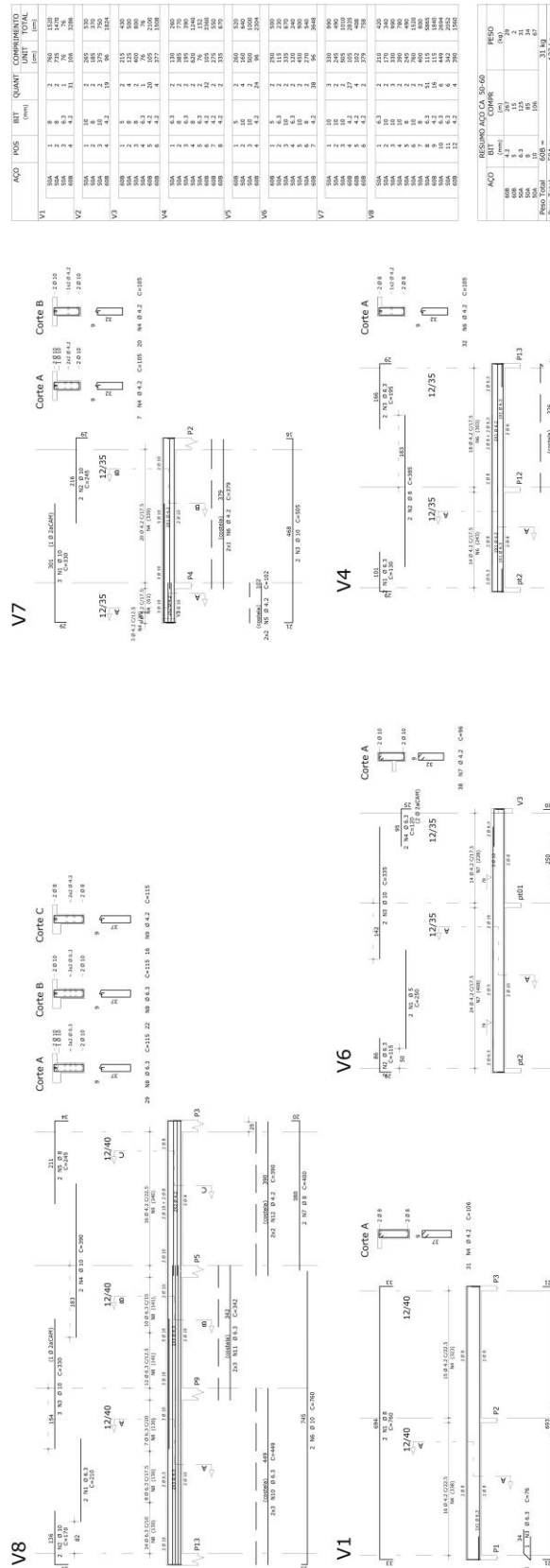
ANEXO A – Prancha 01: Forma da fundação e locação dos pilares



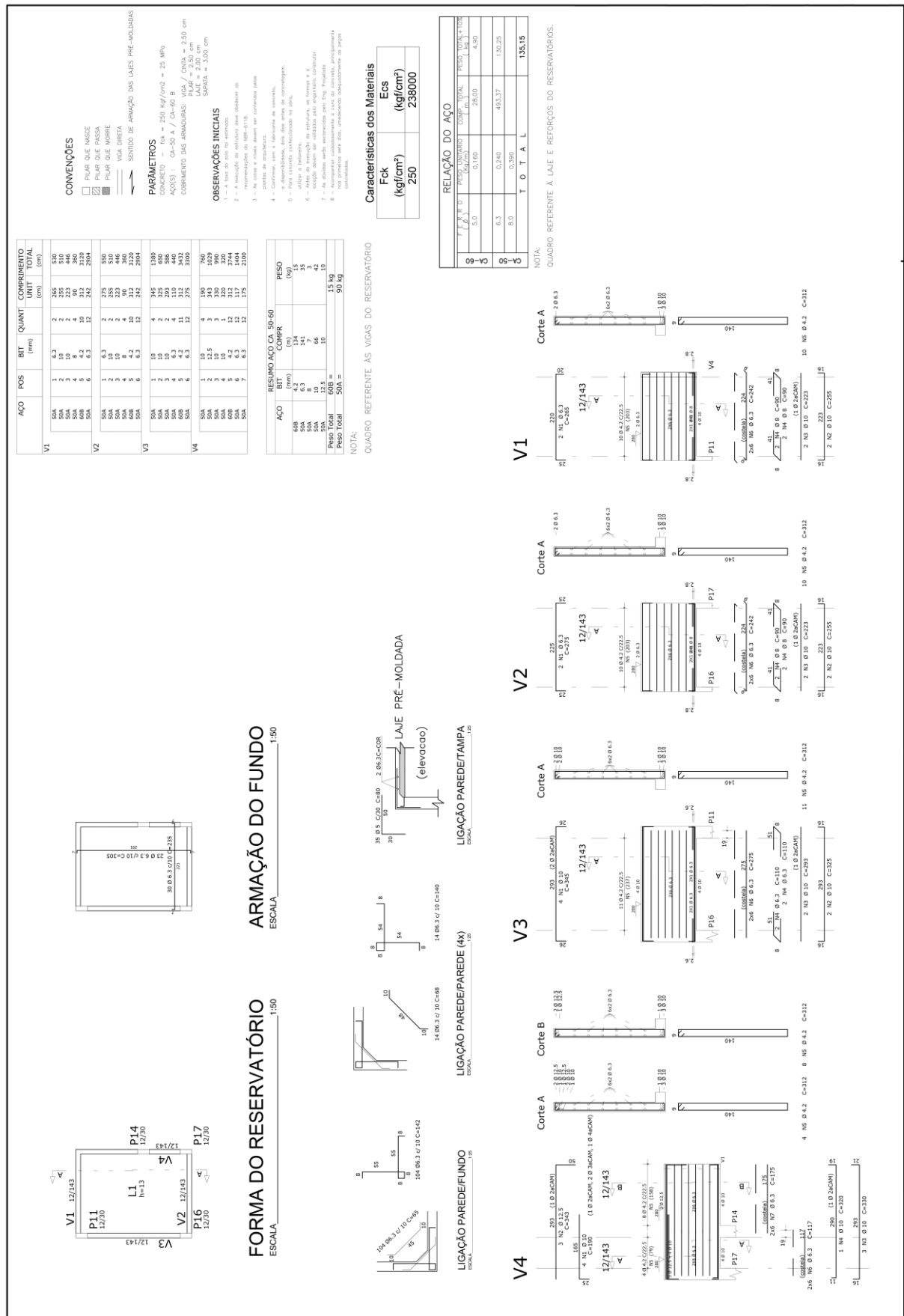
ANEXO F – Prancha 06: Detalhe das vigas da primeira laje



ANEXO H – Prancha 08: Detalhe das vigas da cobertura 2



ANEXO I – Prancha 09: Forma e vigas do reservatório



ANEXO J – Prancha 10: Forma e armação da escada

