



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

MAYCON JONATHAN SILVESTRE DA COSTA

ANÁLISE COMPARATIVA DO DESEMPENHO ESTRUTURAL DE LAJES
MACIÇAS E TRELIÇADAS EM EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL

PAU DOS FERROS – RN

2026

MAYCON JONATHAN SILVESTRE DA COSTA

**ANÁLISE COMPARATIVA DO DESEMPENHO ESTRUTURAL DE LAJES
MACIÇAS E TRELIÇADAS EM EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL**

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

Orientador: Gustavo Luz Xavier Da Costa, Prof. Dr.

PAU DOS FERROS - RN

2026

© 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.

C837a Costa, Maycon Jonathan Silvestre da.
Análise comparativa do desempenho estrutural
de lajes maciças e treliçadas em edificação
residencial / Maycon Jonathan Silvestre da Costa.
- 2026.
71 f. : il.

Orientador: Gustavo Luz Xavier Da Costa.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2026.

1. Concreto armado. 2. Estado limite de
serviço. 3. Flechas. 4. Estabilidade global. 5.
Software TQS. I. Xavier Da Costa, Gustavo Luz,
orient. II. Título.

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

Biblioteca Campus Pau dos Ferros
Bibliotecária: Erlanda Maria Lopes da Silva
CRB: 15/966

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.

MAYCON JONATHAN SILVESTRE DA COSTA

**ANÁLISE COMPARATIVA DO DESEMPENHO ESTRUTURAL DE LAJES
MACIÇAS E TRELIÇADAS EM EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL**

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

Defendida em 06/07/2026

BANCA EXAMINADORA

Gustavo Luz Xavier da Costa, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente

Matheus Fernandes de Araújo Silva, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

Adriana Correia de Moraes
Membro Examinadora

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me conceder saúde, força e vida para chegar até aqui, guiando-me e não me desamparando nos momentos mais difíceis da minha caminhada.

À minha mãe, Neise, por ter me dado a vida, pela educação, pelos ensinamentos e por ter contribuído de forma essencial para que eu me tornasse a pessoa que sou hoje.

À minha avó Antônia e às minhas tias Ritinha e Alzenira, in memoriam, pelo apoio, carinho e incentivo que sempre me ofereceram. Levo comigo a lembrança de tudo o que representaram em minha vida e a gratidão por terem sonhado com este momento ao meu lado.

À minha namorada, Thaiany Queiroz Guilherme, por todo o apoio, incentivo, companheirismo e por ter sido uma base muito importante para que eu pudesse alcançar este objetivo.

Ao meu orientador, Gustavo Luz Xavier da Costa, pela dedicação, paciência, disponibilidade e pelos conhecimentos compartilhados ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus amigos e familiares, por sempre me apoiarem, incentivarem e me ajudarem a seguir até a linha de chegada.

A todos os companheiros de faculdade, estágio e trabalho, que estiveram presentes em minha trajetória, aconselhando-me, apoiando-me e contribuindo de diferentes formas para o meu crescimento pessoal e profissional.

Por fim, agradeço aos professores da universidade, pelos conteúdos ministrados, pelos ensinamentos repassados e por toda a contribuição para minha formação acadêmica e profissional.

RESUMO

Este trabalho apresenta uma análise comparativa entre lajes maciças e lajes treliçadas, ambas apoiadas sobre vigas, em uma edificação residencial modelada no software TQS. O objetivo foi avaliar o desempenho estrutural, o consumo de materiais e a viabilidade econômica de cada sistema, a partir de dois modelos desenvolvidos sob condições equivalentes de geometria, carregamento, materiais, arranjo estrutural e parâmetros de análise, mantendo-se a espessura nominal de 12 cm para as lajes em ambas as soluções, de modo a assegurar a consistência da comparação. A metodologia consistiu na modelagem desses dois sistemas estruturais aplicados à mesma edificação residencial, com manutenção da disposição de vigas e pilares, dos carregamentos, dos materiais adotados e das premissas normativas, de forma a isolar a influência do sistema de laje nos resultados comparativos. As análises e verificações foram conduzidas com base nas prescrições das ABNT NBR 6118, NBR 6120 e NBR 8681. Os resultados mostraram que a solução com laje treliçada apresentou redução de 13,9% na carga aplicada total, de 52,64% no consumo exclusivo de concreto das lajes, de 81,32% no consumo exclusivo de aço das lajes e de 30,47% no custo estimado dos insumos estruturais, em comparação com a solução com laje maciça. Por outro lado, a análise das flechas em serviço indicou comportamento menos favorável para a solução treliçada, especialmente na cobertura e no pavimento tipo, enquanto os parâmetros de estabilidade global e os deslocamentos horizontais permaneceram semelhantes entre os dois modelos.

Palavras-chave: concreto armado; estado limite de serviço; flechas; estabilidade global; software TQS.

ABSTRACT

This study presents a comparative analysis between solid slabs and lattice slabs, both supported by beams, in a residential building modeled using TQS software. The objective was to evaluate the structural performance, material consumption, and economic feasibility of each system based on two models developed under equivalent conditions of geometry, loading, materials, structural layout, and analysis parameters, with a nominal slab thickness of 12 cm maintained in both solutions in order to ensure the consistency of the comparison. The methodology consisted of modeling these two structural systems for the same residential building, while maintaining the same arrangement of beams and columns, loading conditions, adopted materials, and normative assumptions, so as to isolate the influence of the slab system on the comparative results. The analyses and verifications were conducted in accordance with the provisions of ABNT NBR 6118, ABNT NBR 6120, and ABNT NBR 8681. The results showed that the lattice slab solution led to a 13.9% reduction in total applied load, a 52.64% reduction in the exclusive concrete consumption of the slabs, an 81.32% reduction in the exclusive steel consumption of the slabs, and a 30.47% reduction in the estimated cost of structural materials when compared to the solid slab solution. On the other hand, the service deflection analysis indicated less favorable behavior for the lattice slab solution, especially in the roof and typical floor, while the global stability parameters and horizontal displacements remained similar in both models.

Keywords: reinforced concrete; serviceability limit state; deflections; global stability; TQS software.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1– Planta de fôrma simples com duas lajes maciças.....	19
Figura 2– Concretagem e montagem de formas e armaduras de laje maciça.....	21
Figura 3– Esquema de laje treliçada.....	22
Figura 4– Planta arquitetônica do pavimento térreo da edificação estudada.	27
Figura 5– Planta arquitetônica do pavimento tipo adotado no estudo.....	28
Figura 6– Planta da cobertura da edificação estudada.....	29
Figura 7– Vista geral da edificação com indicação dos níveis.....	29
Figura 8– Corte esquemático da organização vertical da edificação.....	30
Figura 9– Planta estrutural do fundações na solução com laje maciça.	32
Figura 10 – Planta do pavimento tipo da solução com laje maciça.....	33
Figura 11– Planta estrutural da cobertura na solução com laje maciça.....	34
Figura 12– Planta da caixa d’água da solução com laje maciça.....	35
Figura 13– Parametrização da laje treliçada adotada no software TQS.	36
Figura 14– Planta de fundação da solução com laje treliçada.....	37
Figura 15– Planta do pavimento tipo da solução com laje treliçada.	38
Figura 16– Planta da cobertura da solução com laje treliçada	39
Figura 17– Planta da caixa d’água da solução com laje treliçada	40
Figura 18– Parâmetros de materiais e agressividade ambiental adotados no modelo estrutural.	41
Figura 19– Parâmetros gerais de vento configurados no software TQS.	42
Figura 20– Mapa de isopletras para definição da velocidade básica do vento no TQS.	42
Figura 21– Classificação da categoria de rugosidade considerada no modelo.....	43
Figura 22– Classe da edificação adotada para a análise das ações de vento.	43
Figura 23– Definição do fator estatístico S3 adotado no modelo.....	44
Figura 24– Modelagem tridimensional da estrutura no software TQS	47
Figura 25 – Deformada da grelha das lajes maciça do pavimento caixa d’água.....	57
Figura 26– Deformada da grelha das lajes Treliçada do pavimento caixa d’água	57
Figura 27– Deformada da grelha das lajes Treliçada do pavimento cobertura	58
Figura 28– Deformada da grelha das lajes maciça do pavimento cobertura	59
Figura 29– Deformada da grelha das lajes Treliçada do pavimento tipo	60
Figura 30– Deformada da grelha das lajes maciça do pavimento tipo.....	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Dados gerais dos modelos comparativos.....	49
Tabela 2– Carga aplicada total por pavimento e carga média global dos modelos.....	49
Tabela 3– Espessuras médias das lajes por pavimento.....	50
Tabela 4– Consumo de concreto exclusivo das lajes por pavimento.	51
Tabela 5– Consumo de aço exclusivo das lajes por pavimento.	52
Tabela 6– Síntese comparativa dos consumos totais de concreto e aço das lajes.	52
Tabela 7– Parâmetros de estabilidade global dos modelos comparativos.....	53
Tabela 8– Deslocamentos horizontais máximos dos modelos comparativos.....	54
Tabela 9 – Síntese da verificação de flechas no pavimento caixa d’água.	56
Tabela 10– Síntese da verificação de flechas no pavimento cobertura.	58
Tabela 11– Síntese da verificação de flechas no pavimento tipo.	59
Tabela 12– Laje crítica de cada pavimento nos sistemas maciço e treliçado.....	61

LISTA DE GRAFICOS

Grafico 1– Percentual de lajes em situação “Não Passou” por pavimento e sistema 61

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CAD	<i>Computer Aided Design</i> (Projeto Assistido por Computador)
ELS	Estado Limite de Serviço
ELU	Estado Limite Último
EPS	Poliestireno Expandido
NBR	Norma Brasileira
TQS	Tecnologia, Qualidade e Sistemas

Sumário

1) INTRODUÇÃO	13
2) OBJETIVOS.....	15
2.1) Objetivo geral.....	15
2.2) Objetivos específicos	15
3) JUSTIFICATIVA.....	16
4) REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
4.1 Concreto armado e critérios de projeto estrutural	18
4.2 Ações atuantes nas estruturas de concreto armado	18
4.3 Lajes em estruturas de concreto armado	19
4.4 Lajes maciças	20
4.5 Lajes treliçadas.....	21
4.6 Comparação entre lajes maciças e treliçadas.....	23
4.7 Modelagem computacional e análise estrutural de lajes no tqz	24
5) METODOLOGIA	26
5.1 Caracterização da pesquisa	26
5.2 Definição da edificação e concepção estrutural	26
5.3 Concepção estrutural	30
5.3.1 Solução com laje maciça	32
5.3.2 Solução com laje treliçada.....	35
5.4 Definição dos materiais, ações e análise estrutural	40
5.5 Processamento dos modelos e critérios de extração dos resultados	45
6) RESULTADOS	47
6.1 Apresentação geral dos modelos estruturais analisados.....	47
6.2 Caracterização geométrica e quantitativa inicial dos modelos comparativos.....	48
6.3 Comparativo do consumo de concreto e aço	51
6.4 Comportamento em serviço e estabilidade global	53
6.5 Verificação das flechas em serviço das lajes	55
6.5.1 Pavimento caixa d'água	56
6.5.2 Pavimento cobertura.....	57
6.5.3 Pavimento tipo	59

6.5.4 Síntese comparativa das flechas	61
7) CONCLUSÃO	63
REFERÊNCIAS	65
APÊNDICE A – PLANTA ESTRUTURAL DO FUNDAÇÕES NA SOLUÇÃO COM LAJE MACIÇA.....	67
APÊNDICE B – PLANTA ESTRUTURAL DO PAVIMENTO TIPOS NA SOLUÇÃO COM LAJE MACIÇA.....	68
APÊNDICE C – PLANTA ESTRUTURAL DO PAVIMENTO COBERTURA NA SOLUÇÃO COM LAJE MACIÇA.....	69
APÊNDICE D – PLANTA ESTRUTURAL DA FUNDAÇÃO NA SOLUÇÃO COM LAJE TRELIÇADA.....	70
APÊNDICE E – PLANTA ESTRUTURAL DA PAVIMENTOS TIPOS NA SOLUÇÃO COM LAJE TRELIÇADA	71
APÊNDICE F – PLANTA ESTRUTURAL DA PAVIMENTOS COBERTURA NA SOLUÇÃO COM LAJE TRELIÇADA	72

1) INTRODUÇÃO

No projeto estrutural em concreto armado, as lajes constituem elementos primários de distribuição de cargas. Por esse motivo, a definição do sistema de laje interfere diretamente no comportamento estrutural da edificação, influenciando aspectos como rigidez, deformações, consumo de materiais processo construtivo convencional e amplamente difundido (Carvalho, 2022).

Entre as soluções mais usuais, destacam-se as lajes maciças e as lajes treliçadas apoiadas sobre vigas. Embora ambas sejam amplamente utilizadas em edificações residenciais, esses sistemas apresentam diferenças relevantes quanto ao peso próprio, ao processo executivo, ao consumo de materiais, à rigidez, à capacidade resistente e à deformabilidade em serviço. Em estudo comparativo realizado com o uso do software TQS, Pereira (2024) verificou que a solução com laje treliçada apresentou redução de aço e concreto, além de menores momentos fletores e esforços cortantes em relação à laje maciça, embora com aumento das flechas. Esse resultado evidencia que a escolha do sistema de laje não deve se apoiar em um único critério, mas considerar, de forma integrada, a resposta estrutural e os quantitativos da solução adotada.

O uso de softwares especializados tornou-se cada vez mais presente no desenvolvimento de projetos estruturais, sobretudo pela possibilidade de integrar modelagem, análise, dimensionamento e detalhamento em um mesmo ambiente computacional. Ferramentas como o TQS contribuem para a obtenção de resultados mais consistentes e para a avaliação comparativa de diferentes soluções estruturais, desde que associadas à interpretação crítica do engenheiro (Silva Sobrinho, 2024).

Diante disso, este trabalho parte da seguinte questão: qual sistema apresenta melhor resposta estrutural e econômica quando se compara a aplicação de lajes maciças e lajes treliçadas em uma mesma edificação residencial, sob condições equivalentes de modelagem? Como hipótese, admite-se que a solução com laje treliçada tende a apresentar vantagens mais evidentes sob o ponto de vista quantitativo e econômico, em razão da redução do peso próprio e da menor demanda de materiais, embora possa apresentar comportamento menos favorável no controle das deformações em serviço (Pereira, 2024).

Assim, o presente estudo delimita-se à análise comparativa entre lajes maciças e treliçadas unidirecionais apoiadas sobre vigas, em uma edificação residencial de concreto armado, modelada no software TQS sob condições equivalentes de geometria, carregamento e parâmetros de análise. A investigação concentra-se na comparação da rigidez, da deformabilidade em serviço, dos quantitativos de materiais e dos aspectos econômicos das

soluções, sem abranger análises detalhadas de fundações, impactos ambientais ou outros sistemas estruturais.

2) OBJETIVOS

2.1) Objetivo geral

Realizar a análise comparativa entre lajes maciças e lajes treliçadas, ambas apoiadas sobre vigas, em uma edificação residencial, utilizando o software TQS, com o intuito de avaliar o desempenho estrutural, o consumo de materiais e a viabilidade econômica de cada sistema.

2.2) Objetivos específicos

- Desenvolver, no software TQS, dois modelos estruturais comparativos da mesma edificação, considerando, em cada caso, a adoção de lajes maciças e treliçadas apoiadas sobre vigas;
- Aplicar, de forma equivalente nos dois modelos, as ações atuantes previstas nas normas técnicas vigentes, para viabilizar a comparação estrutural entre os sistemas analisados;
- Dimensionar os elementos estruturais (lajes, vigas e pilares) para ambos os sistemas analisados;
- Quantificar o consumo de materiais, especialmente concreto e aço, em cada solução estrutural;
- Comparar os parâmetros de estabilidade global (coeficiente γ_z e deslocamentos horizontais) e as flechas em serviço (ELS) obtidos para cada sistema estrutural de laje;
- Estimar os custos envolvidos em cada sistema, considerando os materiais utilizados;
- Avaliar a viabilidade técnica e econômica das soluções adotadas;
- Discutir as vantagens e limitações de cada tipo de laje no contexto de edificações residenciais.

3) JUSTIFICATIVA

A elaboração de projetos estruturais eficientes condiciona a segurança, o custo e o desempenho das edificações, exigindo do projetista a compatibilização rigorosa entre as exigências técnicas e a viabilidade econômica. Nesse contexto, a escolha do sistema de lajes interfere diretamente no comportamento global e nos quantitativos da estrutura, definindo o consumo final de materiais e a economicidade da solução adotada. Conforme Lucio et al. (2025), a definição do sistema de lajes é fator determinante na viabilidade técnica e econômica da edificação, enquanto Silva Sobrinho (2024) ressalta que essa tomada de decisão depende de variáveis como custo, arquitetura, disponibilidade de materiais e critérios técnicos do projetista.

Entre as soluções mais recorrentes na prática profissional, destacam-se as lajes maciças e as lajes treliçadas apoiadas sobre vigas. As lajes maciças são adotadas em razão do processo construtivo convencional e da rigidez adequada para vãos menores. Já as lajes treliçadas têm se destacado pela redução do peso próprio, pela racionalização da execução e pela possibilidade de economia de materiais. Nesse sentido, Peres (2013) aponta que a laje treliçada unidirecional tende a se tornar mais vantajosa à medida que aumentam os vãos e a repetição dos pavimentos, sobretudo pela diminuição de fôrmas, escoramento, concreto e aço. De forma semelhante, Leite (2022) observa que o sistema treliçado pode reduzir o prazo e o custo de execução em comparação à laje maciça. Já Pereira (2024), ao analisar diferentes configurações de lajes em edifício residencial modelado no TQS, verificou que a solução treliçada apresentou menores quantitativos de aço e concreto e redução dos momentos fletores e esforços cortantes em relação à laje maciça, ainda que com aumento das flechas. Embora esse estudo já tenha abordado a comparação entre sistemas de laje em edificação residencial, o presente trabalho adota um recorte específico ao manter a espessura nominal de 12 cm em ambas as soluções, de modo a isolar com maior clareza a influência da tipologia de laje sobre os resultados estruturais, quantitativos e econômicos. Além disso, a análise desenvolvida inclui o custo estimado de concreto, aço e fôrmas, ampliando a comparação para além dos quantitativos de materiais comumente destacados em estudos dessa natureza.

O avanço das ferramentas computacionais tornou o uso de softwares especializados amplamente adotado na concepção e análise de projetos estruturais. Segundo Chaves et al. (2024), a complexidade dos projetos atuais exige soluções mais ágeis e precisas, e a adoção de tecnologias como o TQS contribui para aumentar a eficiência no desenvolvimento do projeto.

Contudo, Silva Sobrinho (2024) destaca que o uso de softwares não substitui o conhecimento do engenheiro, sendo indispensável a interpretação crítica dos resultados obtidos. Nesse cenário, justifica-se a realização deste estudo pela necessidade de examinar, sob condições equivalentes de modelagem, como a substituição do sistema de laje interfere na rigidez, nas deformações, nos quantitativos de materiais e na viabilidade econômica da estrutura em edificações residenciais.

4) REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Concreto armado e critérios de projeto estrutural

O concreto armado destaca-se como um dos sistemas estruturais mais utilizados em edificações residenciais, em razão da atuação conjunta entre concreto e aço e da versatilidade que oferece às soluções de projeto. Seu desempenho estrutural decorre da combinação entre a elevada resistência do concreto aos esforços de compressão e a capacidade do aço de absorver tensões de tração. De acordo com a ABNT NBR 6118:2026, o projeto das estruturas de concreto deve atender a requisitos de qualidade associados à segurança, ao desempenho em serviço e à durabilidade, com verificação em estados-limites últimos (ELU) e estados-limites de serviço (ELS).

Segundo Carvalho e Figueiredo (2014), o comportamento estrutural das edificações em concreto armado depende da adequada concepção do sistema resistente e da interação entre seus elementos constituintes, especialmente lajes, vigas e pilares. Nesse conjunto, as lajes exercem papel relevante por receberem as ações atuantes e transmiti-las aos elementos de apoio, influenciando diretamente a distribuição de esforços, as deformações e o consumo de materiais.

Nessa perspectiva, a definição do sistema estrutural deve compatibilizar segurança, desempenho e viabilidade econômica. Lucio et al. (2025) destacam que a escolha do tipo de laje interfere de forma direta no consumo de materiais e no custo global da estrutura, o que reforça a importância dessa decisão ainda nas etapas iniciais do projeto.

4.2 Ações atuantes nas estruturas de concreto armado

As ações consideradas no dimensionamento das estruturas são definidas pela ABNT NBR 8681, que as classifica em permanentes, variáveis e excepcionais, enquanto a ABNT NBR 6120 estabelece os valores das ações aplicáveis às edificações, incluindo as sobrecargas de uso em ambientes residenciais. A consideração adequada dessas ações é fundamental para a obtenção de resultados confiáveis no dimensionamento estrutural, uma vez que os esforços solicitantes, os deslocamentos e as verificações em serviço dependem diretamente da correta definição do carregamento atuante.

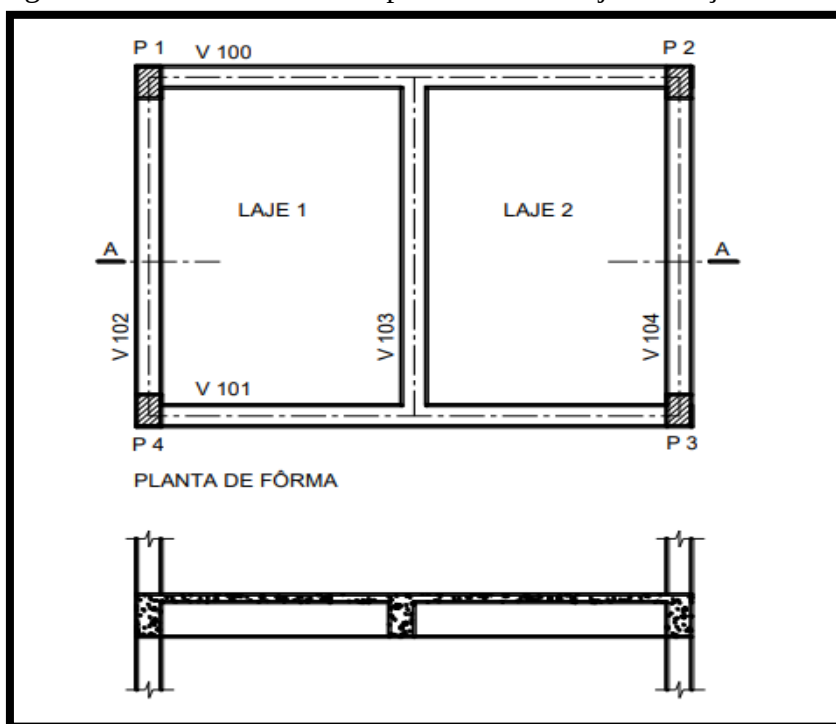
No caso das lajes, essa etapa assume importância ainda maior, pois esses elementos são os primeiros a receber as ações verticais de uso e a redistribuí-las aos apoios. Por esse motivo, a forma como as cargas são consideradas interfere diretamente no comportamento estrutural do

pavimento, influenciando momentos fletores, esforços cortantes, deformações e consumo de materiais. Nesse sentido, Antunes (2017) destaca que a análise comparativa entre sistemas de lajes deve considerar de forma precisa a distribuição das cargas na laje e no edifício como um todo, uma vez que esse conjunto de ações afeta tanto o desempenho estrutural quanto os quantitativos finais da solução adotada.

4.3 Lajes em estruturas de concreto armado

Segundo Bastos (2023), a laje é um elemento plano bidimensional destinado, em geral, a servir de piso ou cobertura nas edificações, recebendo ações verticais provenientes do uso e dos elementos construtivos associados. Tais ações podem ser distribuídas na área, linearmente ou concentradas, sendo normalmente transmitidas às vigas de apoio e, em certas situações, diretamente aos pilares. Assim, esse elemento exerce papel relevante no comportamento global da estrutura e na definição do arranjo estrutural do projeto. A configuração das lajes no arranjo estrutural pode ser observada de forma esquemática na Figura 1, que ilustra uma planta de fôrma simples com duas lajes maciças e seus elementos de apoio.

Figura 1– Planta de fôrma simples com duas lajes maciças



Fonte: Bastos (2023).

Em complemento, a escolha do sistema de laje depende de critérios definidos ainda na concepção estrutural, como condicionantes arquitetônicas, dimensões dos vãos, possibilidade de reutilização de fôrmas e busca por maior racionalidade construtiva e econômica. Portanto, a definição da solução adotada envolve não apenas aspectos geométricos, mas também variáveis estruturais, técnicas e econômicas associadas ao desempenho da edificação (Pereira, 2024).

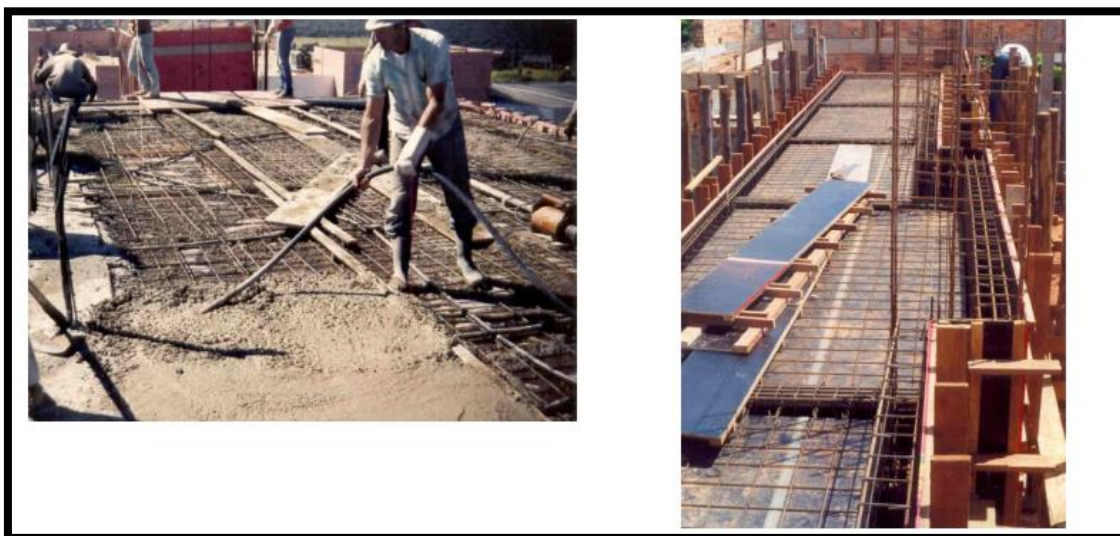
4.4 Lajes maciças

Entre as soluções usuais em concreto armado, as lajes maciças destacam-se por apresentar seção integralmente preenchida por concreto, com espessura constante ao longo do painel, o que lhes confere comportamento estrutural mais direto e análise mais simples em comparação com outros sistemas. De acordo com Peres (2013), esse tipo de laje tem boa utilização em vãos de pequenas dimensões, beneficiando-se da simplicidade geométrica e da ampla difusão do processo construtivo. Contudo, Bastos (2023) ressalta que, embora as lajes maciças apresentem excelente rigidez como diafragmas horizontais e desempenho estrutural satisfatório, elas possuem elevado peso próprio, condição que aumenta significativamente os esforços transmitidos às vigas, aos pilares e às fundações.

Em consonância com essa caracterização, Lucio et al. (2025) observam que a laje maciça permanece como alternativa tecnicamente viável em obras de menor complexidade, sobretudo quando se deseja um sistema moldado no local com processo executivo já consolidado. Essa permanência na prática profissional está associada não apenas à sua confiabilidade estrutural, mas também à familiaridade da mão de obra com sua execução e detalhamento. Por outro lado, o maior consumo de concreto e o peso próprio mais elevado podem limitar sua competitividade em situações que envolvam maiores vãos ou exigência de redução de cargas permanentes.

Um exemplo de execução de laje maciça em concreto armado pode ser observado na Figura 2, que ilustra o processo construtivo desse sistema em obra, evidenciando a concretagem e a conformação contínua do painel.

Figura 2– Concretagem e montagem de formas e armaduras de laje maciça



Fonte: Bastos (2023).

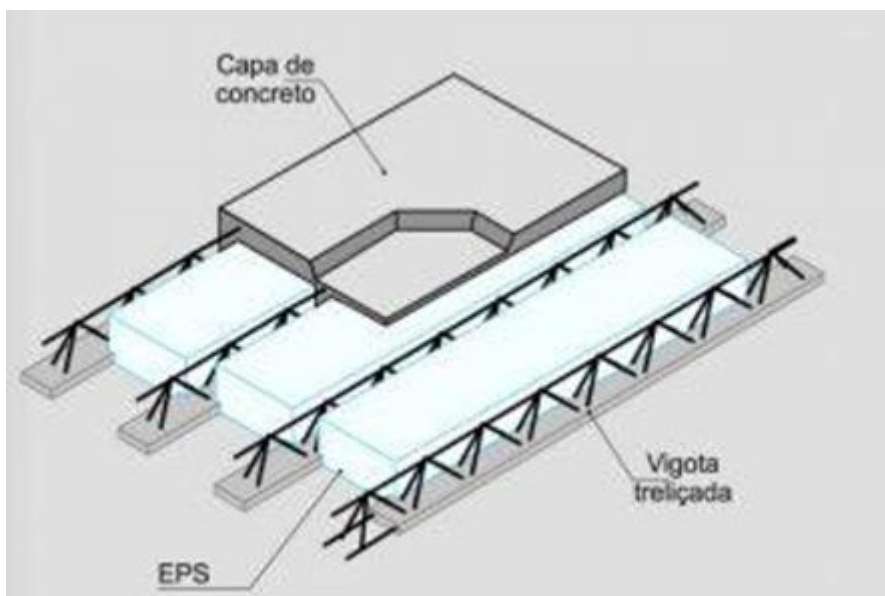
Conforme ilustrado na Figura 2, a laje maciça caracteriza-se pela continuidade do painel de concreto e pela execução moldada no local, aspectos que contribuem para sua ampla utilização em edificações residenciais. Essa configuração favorece a compreensão e o controle do sistema construtivo, mas, em contrapartida, tende a demandar maior volume de concreto e maior peso próprio quando comparada a soluções mais leves, como as lajes treliçadas.

4.5 Lajes treliçadas

As lajes treliçadas constituem um sistema amplamente utilizado em edificações residenciais, sobretudo quando se busca racionalização construtiva, redução de peso próprio e maior agilidade de execução. Esse sistema é formado, em geral, por vigotas pré-fabricadas com armação treliçada, elementos de enchimento não estruturais e uma camada de concreto moldada no local, responsável pela solidarização do conjunto. Segundo Leite (2022), a combinação entre esses componentes contribui para simplificar etapas executivas e reduzir a necessidade de fôrmas convencionais quando comparada ao sistema de laje maciça moldada integralmente no local.

A constituição básica da laje treliçada pode ser observada na Figura 3, na qual se identificam a vigota treliçada, os elementos de enchimento e a capa de concreto, componentes responsáveis pelo funcionamento conjunto do sistema.

Figura 3– Esquema de laje treliçada



Fonte: Axial Engenharia (2017)

Conforme ilustrado na Figura 3, a laje treliçada é composta por elementos parcialmente industrializados e complementada com concreto lançado em obra, o que favorece a racionalização do processo executivo. Essa configuração contribui para a redução do peso próprio do pavimento e para a diminuição da dependência de fôrmas contínuas em toda a área da laje, características que ajudam a explicar sua ampla difusão em obras residenciais.

Do ponto de vista estrutural, a laje treliçada apresenta comportamento associado à atuação conjunta entre as vigotas e a capa de concreto, transferindo as ações aos apoios por meio de uma configuração mais leve que a da laje maciça. Peres (2013) destaca que esse sistema tende a apresentar vantagens principalmente em situações com maior repetição de pavimentos e vãos mais significativos, em razão da redução do consumo de concreto, de aço e de elementos de fôrma e escoramento. Além disso, a utilização de materiais de enchimento, como lajotas cerâmicas ou blocos de EPS, contribui para a diminuição do peso próprio da estrutura, com reflexos nos esforços transmitidos aos elementos de apoio.

Sob a ótica construtiva, as lajes treliçadas também se destacam pela industrialização parcial do sistema. A presença das vigotas pré-fabricadas tende a tornar a montagem mais rápida e organizada em obra, além de reduzir etapas tradicionais do sistema moldado no local. Dourado e Marques (2021) ressaltam que a laje treliçada pré-moldada pode se mostrar economicamente atrativa justamente por combinar menor consumo de materiais com maior rapidez executiva, aspecto relevante em obras residenciais de pequeno e médio porte.

Entretanto, a adoção desse sistema não elimina a necessidade de verificação técnica criteriosa. Pereira (2024), ao comparar diferentes configurações de lajes em edifício residencial modelado no TQS, observou que a solução treliçada apresentou redução de aço, concreto, momentos fletores e esforços cortantes em relação à laje maciça, mas também registrou aumento das flechas. Isso evidencia que a escolha da laje treliçada não deve ser conduzida apenas pela economia de materiais ou pela facilidade executiva, devendo considerar também o desempenho estrutural e em serviço da solução adotada.

4.6 Comparação entre lajes maciças e treliçadas

A comparação entre lajes maciças e treliçadas envolve diferenças não apenas geométricas e construtivas, mas também de comportamento estrutural, quantitativos e desempenho em serviço. As lajes maciças caracterizam-se por serem moldadas integralmente no local, com espessura uniforme e processo executivo mais tradicional. Já as lajes treliçadas utilizam elementos pré-fabricados e enchimentos, resultando em um sistema mais leve e, em muitos casos, mais racionalizado do ponto de vista executivo.

Do ponto de vista estrutural, segundo Lucio et al (2025) as lajes maciças costumam apresentar maior robustez e simplicidade de análise, com bom desempenho em vãos menores e em situações nas quais se busca maior uniformidade geométrica e construtiva. Em contrapartida, Pereira (2024) as lajes treliçadas tendem a reduzir o peso próprio da estrutura e, consequentemente, os esforços transmitidos aos elementos de apoio.

Sob a ótica construtiva, Peres (2013) destaca que a laje treliçada unidirecional apresenta vantagens associadas à redução de fôrmas, escoramento e consumo de materiais, tornando-se mais atrativa à medida que aumentam os vãos e a repetição dos pavimentos. De forma semelhante, Leite (2022) observa que o sistema treliçado pode reduzir prazo e custo de execução, principalmente por demandar menor quantidade de madeira e simplificar etapas de montagem. Em contrapartida, a laje maciça preserva como vantagem a simplicidade executiva do sistema moldado no local e a ampla familiaridade da mão de obra com esse processo.

Assim, a comparação entre lajes maciças e treliçadas não deve se apoiar em um único parâmetro. A escolha entre os sistemas exige análise conjunta do comportamento estrutural, das deformações, do consumo de materiais, da logística de execução e dos custos envolvidos. Em determinadas situações, a laje treliçada pode apresentar melhor desempenho quantitativo e executivo; em outras, a laje maciça pode permanecer competitiva pela simplicidade construtiva

e pela maior familiaridade de aplicação. É justamente essa necessidade de avaliação integrada que justifica a realização de estudos comparativos específicos para cada contexto de projeto.

4.7 Modelagem computacional e análise estrutural de lajes no tq

A análise estrutural de pavimentos em concreto armado tem sido amplamente apoiada em modelos computacionais, especialmente em situações nas quais a distribuição de esforços e deslocamentos depende da interação entre lajes, vigas e apoios. Em sistemas formados por lajes maciças e treliçadas apoiadas sobre vigas, a representação numérica do pavimento torna-se importante para reproduzir, com maior aproximação, a rigidez do conjunto estrutural e sua resposta sob carregamento (Kimura, 2007; Pereira, 2024).

No âmbito da análise de lajes, destaca-se a analogia de grelha equivalente, procedimento no qual o pavimento é discretizado em barras interligadas com rigidezes compatíveis com a geometria e o comportamento dos elementos estruturais. Essa modelagem permite considerar a participação das vigas de apoio, a compatibilização dos deslocamentos e a redistribuição dos esforços no pavimento, superando simplificações típicas de métodos mais elementares. Em estudos de pavimentos de concreto armado, essa abordagem é particularmente útil quando se pretende comparar diferentes sistemas de laje sob uma mesma base geométrica e de carregamento (Raguzzoni, 2019; Pereira, 2024).

No software TQS, a modelagem computacional do pavimento se integra ao modelo global da edificação, possibilitando a obtenção de esforços solicitantes, deslocamentos horizontais, flechas e parâmetros associados à estabilidade global. Essa característica é especialmente relevante em estudos comparativos, pois permite examinar, sob condições equivalentes de modelagem, como a substituição do sistema de laje interfere na resposta estrutural do edifício. Assim, o uso do TQS não se limita ao dimensionamento dos elementos, mas também contribui para a avaliação conjunta do comportamento em serviço e dos quantitativos estruturais, aspectos diretamente relacionados aos objetivos do presente trabalho (Kimura, 2007; Pereira, 2024; Raguzzoni, 2019).

Na avaliação dos resultados, deve-se considerar que a qualidade da análise depende da coerência entre a modelagem adotada, os parâmetros de rigidez considerados e as condições de contorno atribuídas ao pavimento. Por isso, a interpretação dos resultados obtidos por meio do modelo computacional deve ser feita de forma crítica, especialmente em verificações de serviço, como deslocamentos e flechas, de modo que a comparação entre sistemas estruturais

não se restrinja apenas aos quantitativos de materiais, mas também ao comportamento global e ao desempenho do pavimento analisado (Kimura, 2007; Raguzzoni, 2019).

5) METODOLOGIA

5.1 Caracterização da pesquisa

A presente pesquisa caracteriza-se como um estudo aplicado, de abordagem quantitativa e natureza comparativa, voltado à análise do comportamento estrutural de sistemas de lajes em concreto armado modelados no software TQS. O trabalho insere-se no campo da engenharia estrutural ao comparar, em uma mesma edificação residencial, duas soluções usuais de pavimentação — laje maciça e laje treliçada apoiadas sobre vigas — sob condições equivalentes de geometria, carregamento e concepção estrutural. Nessa perspectiva, a investigação não se limita à descrição dos sistemas adotados, mas busca avaliar comparativamente parâmetros relevantes ao projeto, como esforços solicitantes, deslocamentos, flechas e consumo de materiais (Pereira, 2024).

Do ponto de vista metodológico, a pesquisa pode ser classificada como estudo de caso, uma vez que se apoia em uma edificação residencial específica, utilizada como modelo de referência para o desenvolvimento e o processamento das duas soluções estruturais. A adoção de um único objeto de estudo permite preservar as características arquitetônicas e o arranjo resistente da edificação, modificando-se essencialmente o sistema de laje. Esse procedimento é compatível com estudos comparativos em que duas soluções estruturais são aplicadas a uma mesma edificação, de forma a isolar, com maior clareza, a influência da tipologia de laje sobre o desempenho estrutural e os quantitativos do projeto (Peres, 2013).

Além disso, a investigação apresenta caráter computacional-experimental, pois a análise dos resultados decorre da modelagem numérica e do processamento dos modelos no TQS. Nessa lógica, o software é empregado como ferramenta de apoio à concepção, à análise, ao dimensionamento e ao detalhamento estrutural, cabendo ao pesquisador interpretar criticamente os resultados obtidos à luz das normas técnicas e dos objetivos do estudo. Desse modo, a pesquisa articula fundamentos do projeto estrutural em concreto armado com a aplicação de modelos digitais, o que amplia a consistência da comparação entre os sistemas analisados (Kimura, 2007).

5.2 Definição da edificação e concepção estrutural

A edificação adotada como objeto do estudo de caso consiste em um edifício residencial multifamiliar em concreto armado, composto por fundação, pavimento térreo, três pavimentos tipo repetitivos e cobertura. A escolha desse edifício se justifica pela regularidade geométrica

da planta, pela repetição dos pavimentos e pela compatibilidade com sistemas usuais de lajes apoiadas sobre vigas, características que favorecem a análise comparativa entre soluções estruturais sobre uma mesma base arquitetônica (Simões; Sanguinetti, 2020; Antunes, 2017).

No pavimento térreo, observam-se ambientes residenciais organizados em torno de uma circulação central, com distribuição funcional compatível com a tipologia multifamiliar. Essa leitura arquitetônica é importante porque estabelece o cenário físico sobre o qual será desenvolvida a concepção estrutural, permitindo identificar alinhamentos principais, compartimentação interna e regiões mais adequadas para o posicionamento dos apoios. A Figura 4 apresenta a planta arquitetônica do pavimento térreo utilizada na definição do objeto estudado.

Figura 4— Planta arquitetônica do pavimento térreo da edificação estudada.



Fonte: Autoria própria (2026).

A planta do térreo observada na figura 4 evidencia a setorização dos ambientes e a organização geral da edificação, fornecendo a base inicial para a leitura do arranjo arquitetônico. Em estudos de caso com foco na comparação entre sistemas de laje, a manutenção de uma mesma configuração arquitetônica é fundamental para que as diferenças observadas nos resultados possam ser atribuídas, de fato, ao sistema estrutural analisado (Antunes, 2017).

O pavimento tipo constitui a base geométrica principal da comparação, pois concentra a repetição dos compartimentos e a regularidade do arranjo da edificação. A adoção de um pavimento repetitivo é recorrente em trabalhos de análise comparativa com o uso do TQS, uma vez que favorece a uniformidade do modelo, reduz interferências externas à comparação e

permite avaliar com maior consistência a influência do sistema de laje sobre os resultados estruturais e quantitativos (Simões; Sanguinetti, 2020; Antunes, 2017). A Figura 5 apresenta o pavimento tipo adotado no presente trabalho.

Figura 5— Planta arquitetônica do pavimento tipo adotado no estudo

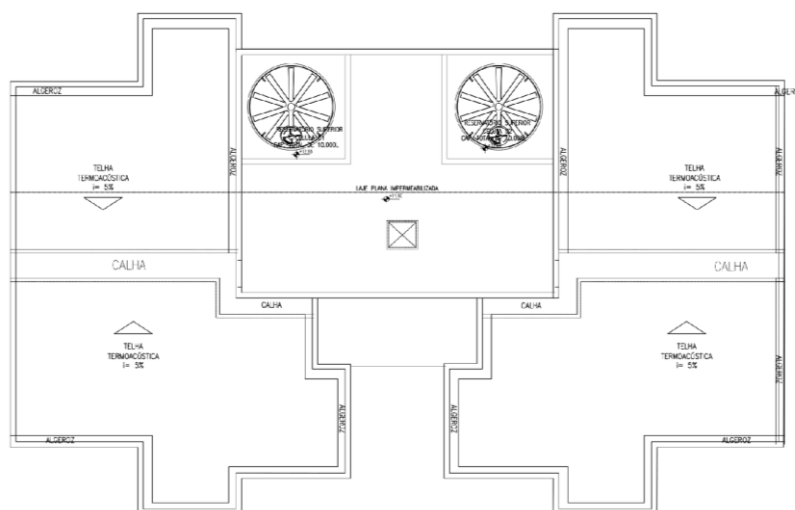


Fonte: Autoria própria (2026).

A repetição tipológica observada na figura 5, o pavimento tipo contribui para a estabilidade geométrica do estudo de caso e favorece a comparação entre os modelos estruturais. Além disso, a presença de um núcleo central de circulação vertical reforça a regularidade da planta e contribui para um arranjo estrutural coerente com a distribuição dos ambientes.

Na cobertura, a edificação apresenta configuração distinta dos pavimentos de uso, com áreas cobertas por telha termoacústica, laje impermeabilizada e reservatórios superiores. Embora a comparação entre os sistemas de laje esteja concentrada nos pavimentos de uso, a cobertura integra o modelo global da estrutura e influencia o comportamento geral do edifício, razão pela qual também deve ser caracterizada no escopo do estudo de caso. A Figura 6 apresenta a planta de cobertura da edificação.

Figura 6– Planta da cobertura da edificação estudada.



Fonte: Autoria própria (2026).

A configuração da cobertura indica que o modelo estrutural visto na figura 6 não se limita à repetição dos pavimentos tipo, mas contempla também um nível superior com condições específicas de carregamento e uso. Essa consideração é relevante para a coerência do modelo global e para a definição completa da edificação analisada.

A organização vertical da edificação pode ser observada por meio da vista geral com indicação dos níveis, que permite identificar a repetição dos pavimentos e a leitura da composição em altura. No presente trabalho, a edificação é descrita oficialmente como composta por fundação, térreo, três pavimentos tipo e cobertura, configuração compatível com o lançamento estrutural desenvolvido no TQS. As Figuras 7 e 8 apresenta essa leitura vertical do edifício.

Figura 7– Vista geral da edificação com indicação dos níveis.



Fonte: Autoria própria (2026).

Em termos metodológicos, adotou-se espessura de 12 cm para as lajes consideradas no comparativo, tanto na solução com laje maciça quanto na solução com laje treliçada. Essa uniformização foi mantida para reduzir a interferência de diferenças geométricas entre os modelos e tornar a análise mais consistente. Além disso, como os pilares do edifício apresentam, em sua maioria, dimensão mínima de 15 cm, o dimensionamento desses elementos foi conduzido em conformidade com a exigência normativa aplicável a pilares com dimensão inferior a 19 cm, considerando a majoração correspondente dos esforços de cálculo.

No que se refere às vigas, sua definição inicial partiu da compatibilização entre o arranjo arquitetônico, a posição dos apoios e critérios usuais de pré-dimensionamento empregados em estruturas de concreto armado. Adotou-se, como referência, a largura mínima normativa e relações proporcionais entre vão e altura, de modo a estabelecer seções compatíveis com o lançamento estrutural antes do processamento do modelo.

O dimensionamento de vigas em concreto armado deve respeitar os critérios geométricos estabelecidos pela ABNT NBR 6118 (2026). A norma estipula que a largura mínima da seção transversal desses elementos seja de 12 cm, enquanto as vigas-parede devem ter, no mínimo, 15 cm. Reduções para um limite absoluto de 10 cm só são permitidas em situações de exceção, exigindo a garantia de espaço adequado para a passagem das armaduras, respeito irrestrito aos cobrimentos normativos e viabilidade de adensamento do concreto conforme a ABNT NBR 14931.

Para a etapa de pré-dimensionamento da largura das vigas (b_w), Cunha (2014) propõe uma correlação prática embasada no comprimento dos vãos. O autor sugere a adoção de 12 cm para vãos de até 4 metros; 20 cm para extensões entre 4 e 8 metros; e larguras de 25 a 30 cm para vãos que ultrapassem 8 metros.

Em relação à determinação prévia da altura das vigas, Botelho e Marchetti (2015) recomendam o uso das proporções de $L/10$ para vigas bi apoiadas, $L/12$ para estruturas contínuas e $L/5$ para trechos em balanço. Os autores advertem, contudo, que a adoção de valores consideravelmente maiores do que essas relações podem gerar o superdimensionamento da peça. Além de onerar economicamente o projeto, o excesso de concreto sem o devido equilíbrio de armaduras pode provocar a ruptura brusca do elemento à compressão, suprimindo os avisos de colapso proporcionados pelo escoamento do aço

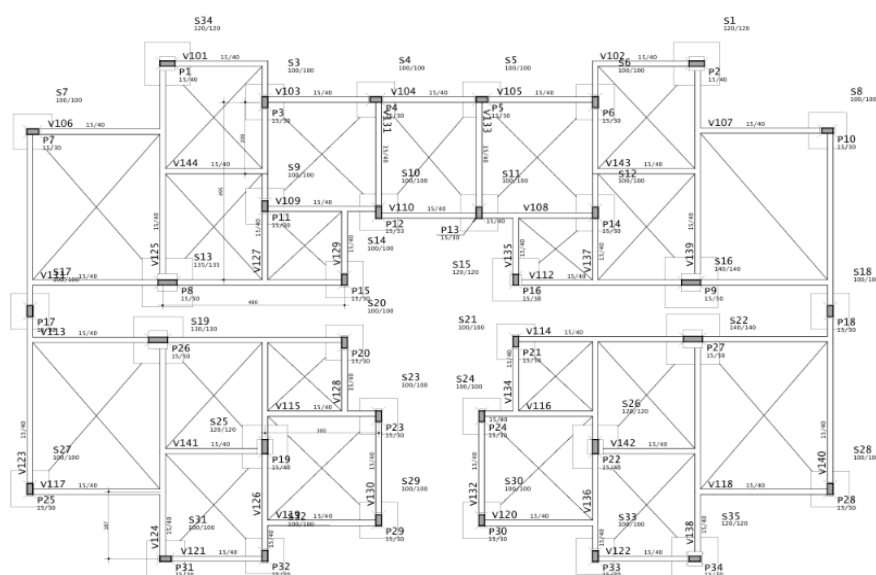
5.3.1 Solução com laje maciça

Na solução com laje maciça, a leitura do projeto estrutural revela uma organização gráfica mais direta dos painéis, com identificação individual das lajes e continuidade do traçado resistente ao longo dos pavimentos. O sistema preserva uma malha regular de vigas e pilares e apresenta, como característica principal, painéis integralmente preenchidos por concreto armado, condição que favorece a leitura do lançamento e a compatibilização com os demais elementos estruturais.

5.3.1.1 Fundações

A fundação da solução com laje maciça foi concebida por meio de sapatas isoladas interligadas por vigas de fundação, compondo um sistema coerente com a distribuição dos pilares da superestrutura. Predominam sapatas de 100×100 cm, com ampliações localizadas para 120×120 cm nos elementos S1, S15, S25, S26, S34 e S35, para 130×130 cm na sapata S19, para 135×135 cm na sapata S13 e para 140×140 cm nas sapatas S16 e S22. No nível de fundação, as vigas apresentam seção predominante de 15×40 cm, enquanto os pilares mantêm predominância de seções 15×30 cm, com ocorrências localizadas de 15×40 cm em P1, P2, P19 e P22, de 15×50 cm em P8, P9, P26 e P27 e um caso pontual de 15×33 cm no pilar P12. Esse arranjo confirma uma fundação compatível com a lógica geométrica do edifício e com os apoios definidos para os pavimentos superiores. A seguir, temos a planta estrutural da fundação na figura 9 complementada pela prancha ampliada do Apêndice A com a solução da laje maciça.

Figura 9– Planta estrutural do fundações na solução com laje maciça.



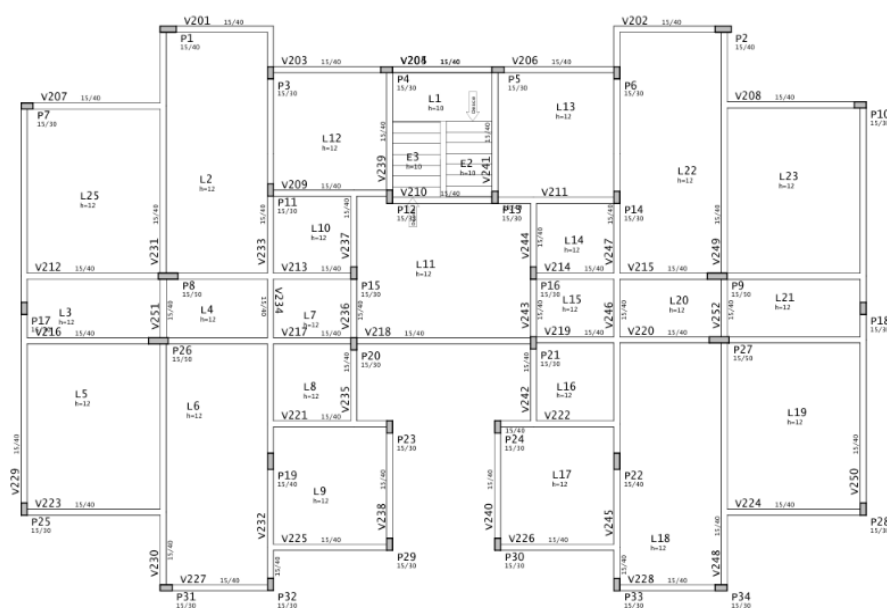
Fonte: Autoria própria (2026).

Na figura 9, a planta de fundação evidencia a continuidade do sistema resistente desde a base, sem dispersão desnecessária de seções. A concentração de ampliações em sapatas pontuais indica ajuste localizado da base de apoio, preservando, porém, uma leitura global simples e compatível com a regularidade do modelo estrutural.

5.3.1.2 Planta do pavimento tipo

No pavimento tipo da solução com laje maciça, os painéis foram organizados de modo a acompanhar a compartimentação arquitetônica e a posição dos apoios principais. Para a presente comparação, adotou-se espessura de 12 cm em todas as lajes do modelo, preservando-se a mesma geometria global do edifício. Nesse nível, as vigas foram lançadas predominantemente com seção 15×40 cm, delimitando painéis bem individualizados e conferindo ao pavimento uma leitura gráfica objetiva. Os pilares conservam a predominância de seções 15×30 cm, com ampliações pontuais para 15×40 cm, 15×50 cm e 15×33 cm, de modo coerente com as necessidades locais de apoio e com o lançamento vertical do edifício. A Figura 10 e Apêndice B apresenta a planta estrutural do pavimento tipo da solução com laje maciça, em escala reduzida, destacando a organização dos painéis, vigas e pilares no nível mais representativo da edificação.

Figura 10 – Planta do pavimento tipo da solução com laje maciça



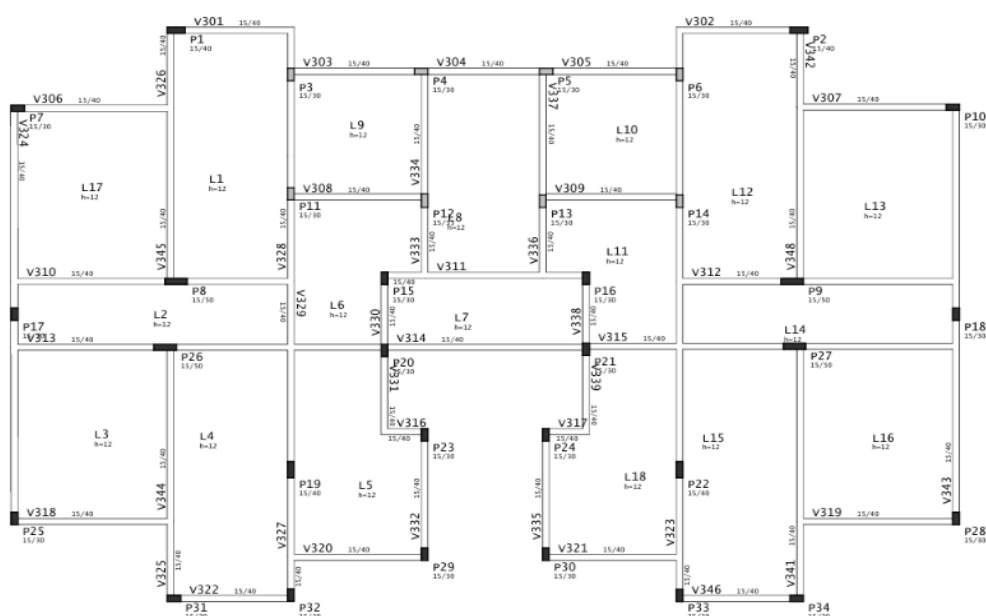
Fonte: Autoria própria (2026).

Como podemos observar na Figura 10, na ótica da concepção, o pavimento tipo em laje maciça apresenta um arranjo mais limpo de painéis, no qual a delimitação por vigas e a identificação individual das lajes facilitam a leitura da malha resistente. Essa organização é particularmente útil para o estudo comparativo, pois fornece uma referência clara para a análise dos efeitos da substituição do sistema de laje.

5.3.1.3 Planta do pavimento cobertura

Na cobertura da solução com laje maciça, a organização estrutural mantém a mesma lógica do pavimento tipo, com painéis de laje definidos por vigas predominantemente de 15×40 cm e apoios compatíveis com o alinhamento dos pilares da superestrutura. Nesse nível, a modulação se mostra mais aberta e adaptada ao arranjo arquitetônico superior, sem perda de regularidade do sistema resistente. Os pilares continuam majoritariamente em seções 15×30 cm, com ocorrências localizadas de 15×40 cm, 15×50 cm e 15×33 cm, preservando a coerência vertical do lançamento estrutural. Em seguida, temos a planta estrutural do pavimento da cobertura na figura 11 e Apêndice C com a solução da laje maciça.

Figura 11– Planta estrutural da cobertura na solução com laje maciça.



Fonte: Autoria própria (2026).

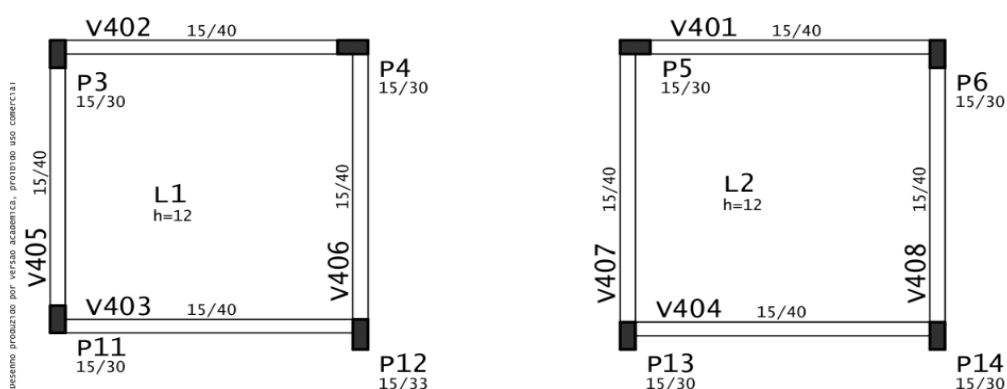
Na planta da cobertura da figura 11 reforça a continuidade da concepção estrutural adotada para o edifício, evidenciando que a solução maciça foi organizada sem mudanças abruptas de lógica resistente entre os pavimentos. Essa continuidade favorece a interpretação

global do modelo e contribui para a consistência da comparação posterior com a solução treliçada.

5.3.1.4 Planta do pavimento caixa d'água

A planta da caixa d'água da solução com laje maciça foi desenvolvida com dois painéis estruturais apoiados em vigas periféricas de seção 15×40 cm, identificadas no conjunto V401 a V408. Para o comparativo, os painéis desse nível também foram considerados com espessura de 12 cm. Os pilares de apoio são predominantemente de 15×30 cm, mantendo-se o caso pontual de 15×33 cm no pilar P12. Trata-se de um nível estruturalmente mais simples, porém importante para completar a leitura do sistema resistente desde a fundação até a parte superior da edificação. A seguir temos a planta estrutural da caixa d'água na figura 12 com a solução da laje maciça

Figura 12– Planta da caixa d'água da solução com laje maciça



Fonte: Autoria própria (2026).

A figura 12 observa-se, a solução adotada preserva o mesmo padrão de vigas e pilares já observados nos demais níveis, evitando descontinuidades e reforçando a coerência do lançamento.

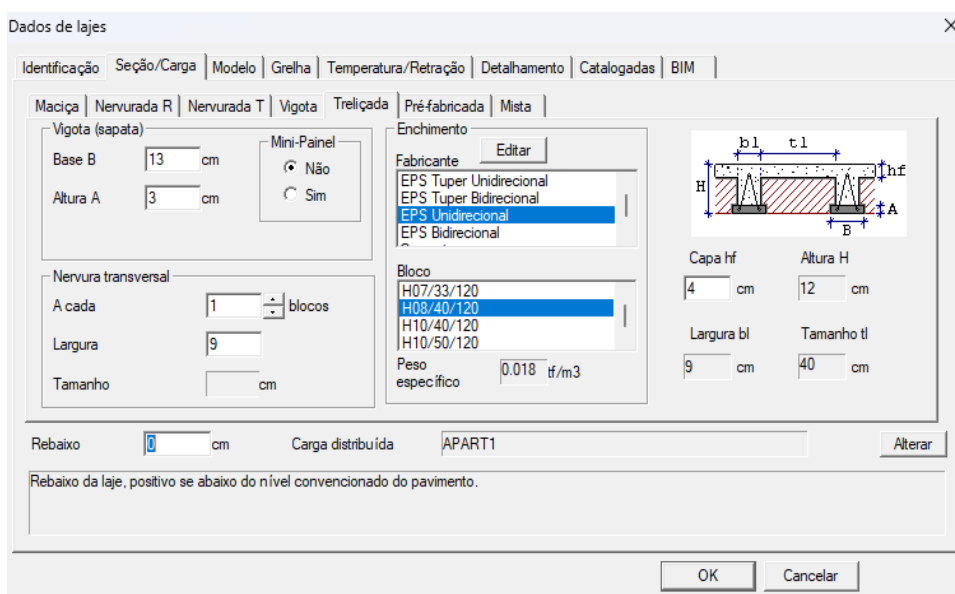
5.3.2 Solução com laje treliçada

Na solução com laje treliçada, manteve-se o mesmo arranjo arquitetônico e a mesma lógica geral de distribuição de vigas e pilares, alterando-se o sistema de laje e os parâmetros associados ao modelo computacional. No TQS, a laje foi parametrizada como sistema treliçado com vigota tipo sapata de base $B = 13$ cm e altura $A = 3$ cm, enchimento em EPS unidirecional,

bloco comercial H08/40/120, capa de concreto de 4 cm, altura total de 12 cm, largura $b_1 = 9$ cm, tamanho $t_1 = 40$ cm e nervura transversal prevista a cada um bloco, com largura de 9 cm. Esses parâmetros interferem diretamente no peso próprio, na rigidez do pavimento e, por consequência, nos esforços e deformações obtidos na análise comparativa.

A seguir na figura 13, temos a representação dos parâmetros da laje treliçada cadastradas no software TQS.

Figura 13– Parametrização da laje treliçada adotada no software TQS.



Fonte: Autoria própria (2026).

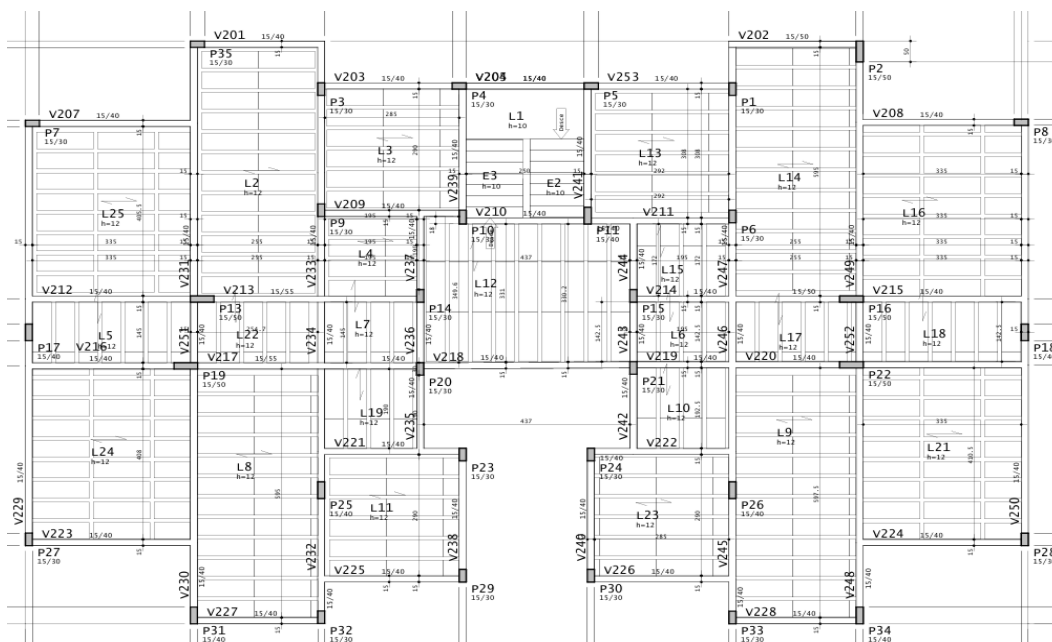
A Figura 13 evidencia a solução efetivamente adotada no modelo computacional, permitindo identificar os parâmetros geométricos da vigota treliçada, a espessura da capa de concreto e as dimensões do elemento de enchimento associado. Desse modo, a caracterização da laje treliçada deixa de ser apenas genérica e passa a registrar, de forma objetiva, a configuração estrutural comparada com a laje maciça no presente estudo

5.3.2.1 Fundações

A fundação da solução com laje treliçada também foi concebida por meio de sapatas isoladas interligadas por vigas de fundação, porém com dimensões mais elevadas em parte dos apoios quando comparada à solução com laje maciça. Predominam sapatas de 120×120 cm, com ocorrência de sapata 130×130 cm em S2 e ampliações para 140×140 cm em S13, S19, S22 e S25. As vigas baldrame mantêm predominância de seção 15×40 cm, com ocorrências

pontuais para 15×40 cm, 15×50 cm e 15×33 cm. Essa combinação preserva o arranjo resistente principal e, ao mesmo tempo, explicita as particularidades geométricas do sistema treliçado. Adiante, temos a planta estrutural do pavimento tipo na figura 15 e Apêndice E com a solução da laje treliçada

Figura 15– Planta do pavimento tipo da solução com laje treliçada.



Fonte: Autoria própria (2026).

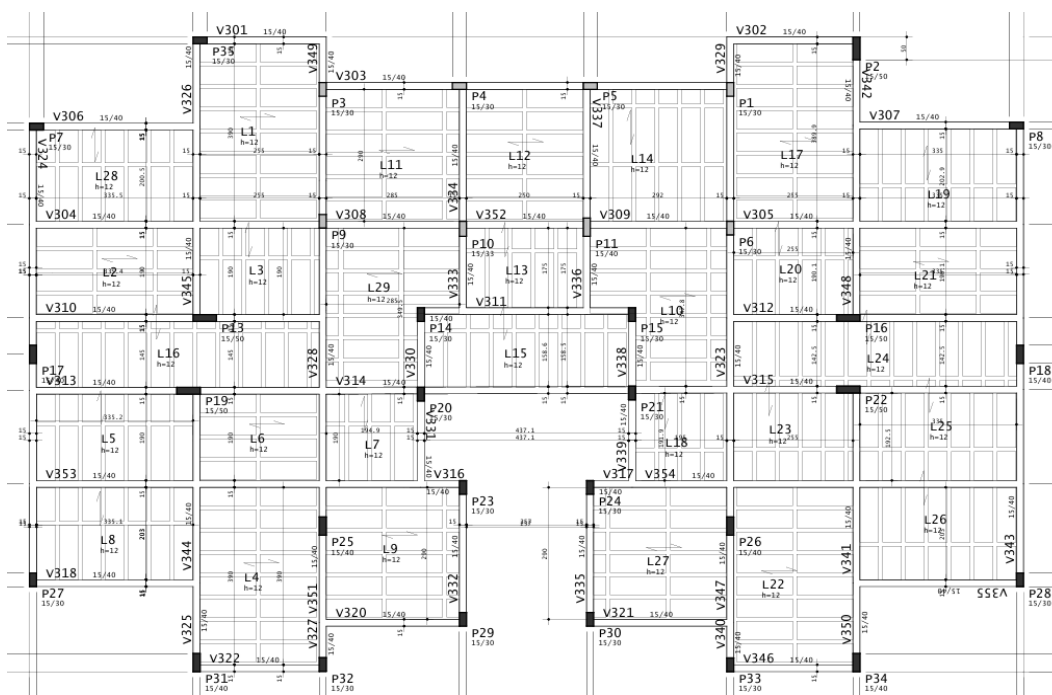
A visualização do pavimento tipo na figura 15 evidencia, de forma mais expressiva, a modulação interna do sistema de laje e a direção predominante de trabalho das vigotas. Apesar da diferença gráfica em relação à solução maciça, o comparativo foi construído mantendo-se a mesma base geométrica do edifício, de modo que os resultados posteriores possam ser atribuídos, com maior segurança, ao sistema de laje adotado.

5.3.2.3 Planta do pavimento cobertura

Na cobertura da solução com laje treliçada, a organização do lançamento estrutural preserva a lógica do pavimento tipo, com painéis apoiados em vigas majoritariamente 15×40 cm e pilares distribuídos conforme o alinhamento da estrutura. A modulação dos painéis, embora adaptada às necessidades arquitetônicas desse nível, mantém o mesmo raciocínio de racionalização do sistema treliçado. Os pilares permanecem majoritariamente em 15×30 cm, com ocorrências localizadas de 15×40 cm, 15×50 cm e 15×33 cm, reforçando a continuidade

vertical do modelo. Em seguida, temos a planta estrutural do pavimento coberta na figura 16 juntamente com o Apêndice F com a solução da laje treliçada

Figura 16– Planta da cobertura da solução com laje treliçada



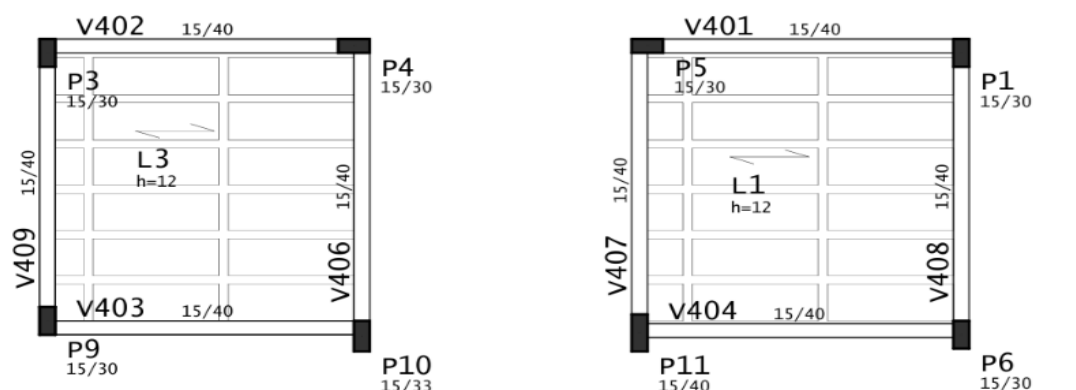
Fonte: Autoria própria (2026).

A cobertura indicada na figura 16 da solução treliçada confirma que o sistema foi mantido de forma coerente ao longo da estrutura, sem rupturas de concepção entre os níveis analisados. Isso fortalece a consistência do modelo comparativo e evita que diferenças de lançamento, independentes do tipo de laje, interfiram na interpretação dos resultados.

5.3.2.4 Planta do pavimento caixa d'água

A caixa d'água da solução com laje treliçada foi modelada com dois painéis apoiados em vigas periféricas de seção 15×40 cm, igualmente identificadas no conjunto V401 a V408. Para fins de comparação, os painéis desse nível foram considerados com espessura total de 12 cm. Os pilares de apoio são predominantemente de 15×30 cm, com o caso localizado de 15×33 cm no pilar P12. Ainda que se trate de um nível de menor complexidade geométrica, sua inclusão é relevante para caracterizar a completude do modelo estrutural. Adiante, temos a planta estrutural da caixa d'água na figura 17 com a solução da laje treliçada

Figura 17– Planta da caixa d’água da solução com laje treliçada



Fonte: Autoria própria (2026).

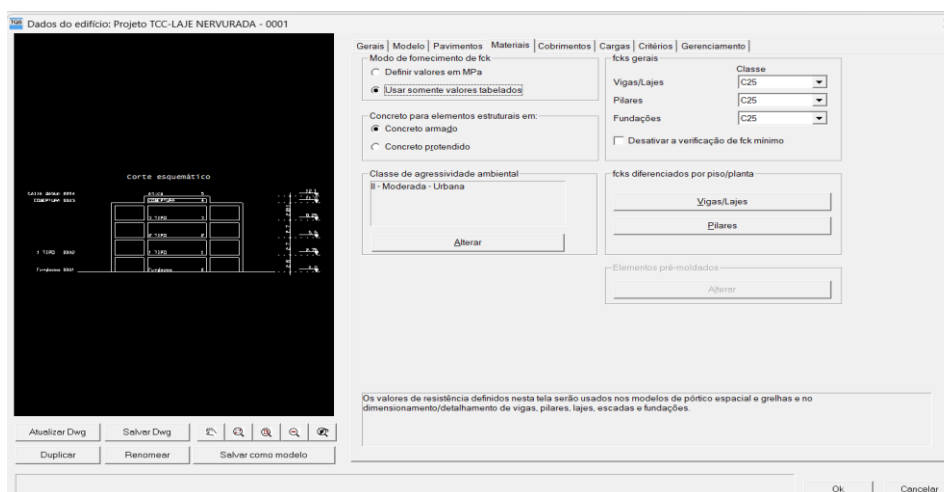
Nessa figura 17, a solução treliçada mantém a mesma lógica de racionalização observada nos demais pavimentos, sem exigir alteração do padrão geral de vigas e pilares. A apresentação da caixa d’água, juntamente com a fundação, o pavimento tipo e a cobertura, torna a descrição da concepção estrutural menos densa e mais objetiva, permitindo que os capítulos seguintes avancem para a análise comparativa propriamente dita.

5.4 Definição dos materiais, ações e análise estrutural

Definidos o edifício de referência e o arranjo estrutural adotado, procedeu-se à configuração dos materiais, das ações atuantes e dos parâmetros de análise estrutural no software TQS. Segundo Bastos (2023), a adequada definição das propriedades dos materiais e das ações consideradas constitui etapa indispensável para a consistência do modelo numérico e para a segurança do dimensionamento. No presente estudo, essa etapa foi conduzida de modo a preservar a comparabilidade entre as soluções com laje maciça e laje treliçada, mantendo-se equivalentes as premissas gerais de modelagem e variando-se essencialmente o sistema de laje (Pereira, 2024).

No modelo estrutural desenvolvido, foram adotados concreto classe C25 para vigas, lajes, pilares e fundações e classe de agressividade ambiental II, correspondente a ambiente urbano com agressividade moderada. Bastos (2023) destaca que a definição conjunta da resistência do concreto e da classe de agressividade interfere diretamente nas verificações de durabilidade, nos cobrimentos e no processamento do dimensionamento. A figura 18 indica os parâmetros adotados no software TQS para sequência do modelo estrutural.

Figura 18– Parâmetros de materiais e agressividade ambiental adotados no modelo estrutural.



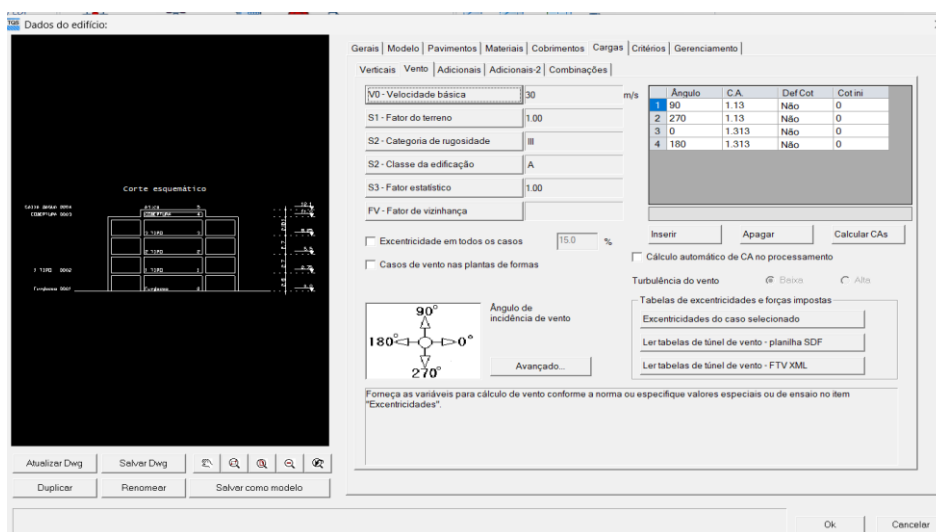
Fonte: TQS (2026)

A configuração exibida na Figura 18 evidencia que a modelagem não se restringiu ao lançamento geométrico dos elementos, abrangendo também a definição dos parâmetros de resistência e de exposição ambiental necessários ao processamento do modelo. Conforme explica Ávila Júnior (2019), esse procedimento está alinhado à prática de projeto estrutural com auxílio computacional, na qual o software atua como suporte à análise e ao dimensionamento, sem dispensar a verificação crítica dos dados de entrada pelo projetista.

Quanto às ações consideradas, foram adotadas cargas permanentes e variáveis compatíveis com a tipologia residencial da edificação, incluindo peso próprio dos elementos estruturais, revestimentos, alvenarias e sobrecargas de utilização. Bastos (2023) sistematiza que a definição dessas ações deve obedecer à lógica de classificação e combinação prevista nas normas brasileiras de projeto, de modo a representar os estados mais desfavoráveis para a estrutura. No presente trabalho, essa configuração foi orientada pelos fundamentos da ABNT NBR 6118, da ABNT NBR 6120 e da ABNT NBR 8681, em consonância com a modelagem estrutural desenvolvida no TQS (Ávila Júnior, 2019).

Além das ações verticais, também foram consideradas ações horizontais de vento, incorporadas ao modelo global da estrutura. Pereira (2024) demonstra que, em edifícios modelados no TQS, a correta definição das ações laterais é indispensável para a leitura integrada dos esforços, dos deslocamentos e da estabilidade global. A figura 19 sintetiza os parâmetros considerados do vento no edifício.

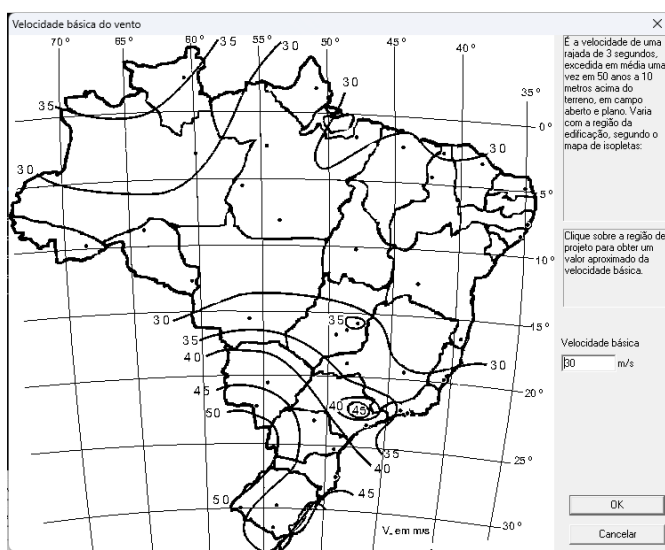
Figura 19– Parâmetros gerais de vento configurados no software TQS.



Fonte: TQS (2026)

Como observado na figura 19, adotou-se velocidade básica do vento igual a 30 m/s. Ávila Júnior (2019) observa que esse parâmetro constitui uma das entradas fundamentais para a análise global de edificações em múltiplos pavimentos, pois influencia diretamente os carregamentos horizontais aplicados ao modelo. No presente estudo, esse valor foi definido a partir do mapa de isopletas utilizado pelo próprio programa, compatibilizando-se com a região de implantação do edifício (Simões; Sanguinetti, 2020). Como podemos ver a seguir na figura 20.

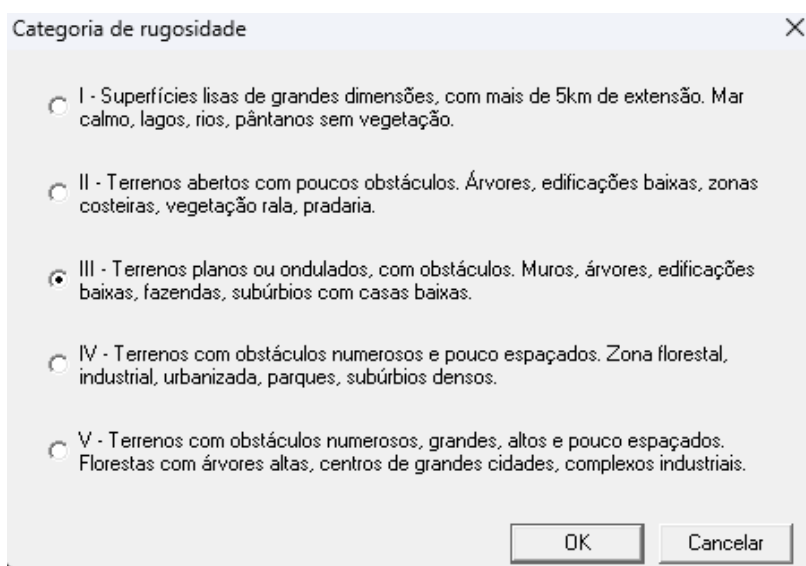
Figura 20-Mapa de isopletas para definição da velocidade básica do vento no TQS.



Fonte: TQS (2026)

Em relação às condições de entorno, foi adotada a categoria de rugosidade III, correspondente a terrenos planos ou ondulados com obstáculos, como muros, árvores, edificações baixas, fazendas e subúrbios com casas baixas. Essa escolha é compatível com o enquadramento mais usual de edificações residenciais inseridas em contexto urbano de baixa a média densidade, conforme a classificação mostrada na Figura 21 e descrita em trabalhos que utilizam o TQS para modelagem estrutural (Simões; Sanguinetti, 2020).

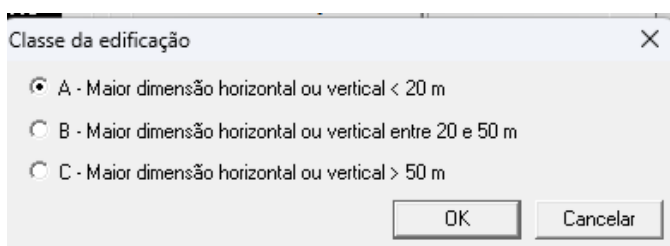
Figura 21– Classificação da categoria de rugosidade considerada no modelo.



Fonte: TQS (2026)

Também foi adotada a classe da edificação A, destinada a construções cuja maior dimensão horizontal ou vertical é inferior a 20 m. Tal enquadramento está de acordo com as dimensões gerais do edifício objeto do estudo e interfere diretamente no tratamento das ações de vento no modelo estrutural. A Figura 22 ilustra essa classificação no ambiente do programa.

Figura 22– Classe da edificação adotada para a análise das ações de vento.



Fonte: TQS (2026)

Para o fator estatístico S3, foi selecionado o Grupo 3, correspondente a edificações usuais para residências, hotéis, comércios e indústrias, resultando em valor igual a 1,00.

Segundo Pereira (2024), a coerência entre velocidade básica, rugosidade, classe da edificação e fator estatístico é condição necessária para que a ação do vento seja representada de forma consistente no modelo global. Nesse sentido, a Figura 23 deve ser posicionada na sequência, por registrar a definição do fator S3 efetivamente adotado.

Figura 23– Definição do fator estatístico S3 adotado no modelo.

Grupo	Fator S3
1	1.11 - Estruturas cuja ruína total ou parcial pode afetar a segurança ou possibilidade de socorro a pessoas após uma tempestade destrutiva (hospitais, quartéis de bombeiros e de forças de segurança, edifícios de centrais de controle, etc.). Pontes rodoviárias e ferroviárias. Estruturas que abrigam substâncias inflamáveis, tóxicas e/ou explosivas. Vedações das edificações do grupo 1 (telhas, vidros, painéis de vedação).
2	1.06 - Estruturas cuja ruína representa substancial risco à vida humana, particularmente a pessoas em aglomerações, crianças e jovens, incluindo, mas não limitado a: - Edificações com capacidade de aglomerações de mais de 300 pessoas em um mesmo ambiente, como centros de convenções, ginásios, estádios, etc. - Creches com capacidade maior do que 150 pessoas; - Escolas com capacidade maior do que 250 pessoas. Vedações das edificações do grupo 2 (telhas, vidros, painéis de vedação).
3	1.00 - Edificações para residências, hotéis, comércios, indústrias. Estruturas ou elementos estruturais desmontáveis com vistas à reutilização. Vedações de edificações do grupo 3 (telhas, vidros, painéis de vedação).
4	0.95 - Edificações não destinadas à ocupação humana (depósitos e silos) e sem circulação de pessoas no entorno. Vedações de edificações do grupo 4 (telhas, vidros, painéis de vedação).
5	0.83 - Edificações temporárias não reutilizáveis. Estruturas dos grupos 1 a 4 durante a construção (fator aplicável em um prazo máximo de 2 anos). Vedações das edificações do grupo 5 (telhas, vidros, painéis de vedação).

OK Cancelar

Fonte: TQS (2026)

Com os materiais, as ações e os parâmetros gerais devidamente configurados, procedeu-se à análise estrutural dos modelos no TQS. Kimura (2007) destaca que o uso de sistemas computacionais amplia a capacidade de processamento e verificação do projeto, enquanto Chaves et al. (2024) ressaltam que essas ferramentas se tornaram praticamente indispensáveis diante da complexidade e da produtividade exigidas nos projetos atuais. No presente trabalho, o software permitiu a obtenção dos esforços solicitantes, dos deslocamentos e dos quantitativos estruturais, servindo de base para a etapa posterior de comparação entre as soluções de laje.

Embora o processamento forneça resultados para lajes, vigas, pilares e fundações, a presente pesquisa concentra a discussão comparativa no comportamento das lajes, particularmente quanto a esforços, armaduras, flechas e consumo de materiais. Essa delimitação é compatível com o recorte metodológico do estudo, uma vez que Pereira (2024) mostra que a comparação entre diferentes configurações de lajes pode ser conduzida de forma objetiva

quando se preservam as demais condições de modelagem, enquanto Ávila Júnior (2019) reforça a necessidade de leitura crítica dos resultados fornecidos pelo software.

5.5 Processamento dos modelos e critérios de extração dos resultados

O processamento, a extração de dados e a análise comparativa dos modelos estruturais foram realizados de forma sequencial por meio do software CAD/TQS, adotando-se o Modelo IV de cálculo do sistema, no qual a estrutura é analisada de maneira integrada por meio do pórtico espacial associado às grelhas dos pavimentos. Essa configuração foi selecionada por permitir a leitura conjunta do comportamento global da edificação e da resposta local dos pavimentos, condição compatível com os objetivos do presente estudo.

Para assegurar a isonomia da comparação estrutural e econômica, os dois modelos foram desenvolvidos sob condições equivalentes de modelagem. Mantiveram-se constantes a geometria da edificação, a distribuição de pilares e vigas, os pés-direitos, as áreas de lajes, os materiais adotados, os carregamentos permanentes e variáveis, bem como os parâmetros de vento empregados no modelo. Em ambos os sistemas, adotou-se concreto C25, classe de agressividade ambiental II e espessura nominal de 12 cm para as lajes, de modo a isolar a influência da tipologia de laje sobre os resultados comparativos. As ações consideradas seguiram as prescrições das ABNT NBR 6118, NBR 6120 e NBR 8681, incluindo a ação do vento com velocidade básica de 30 m/s, rugosidade categoria III, classe A e fator estatístico S3 igual a 1,00. A resposta global da estrutura foi avaliada a partir do processamento do pórtico espacial, com extração dos parâmetros de estabilidade global e dos deslocamentos horizontais máximos. Nessa etapa, o coeficiente γ_z foi obtido diretamente do resumo estrutural emitido pelo CAD/TQS e utilizado na avaliação da sensibilidade da edificação aos efeitos globais de segunda ordem. Com base nesse parâmetro, procedeu-se à classificação da estrutura quanto ao comportamento global, distinguindo-se a condição de nós fixos para valores de $\gamma_z \leq 1,10$ e de nós móveis para valores de $\gamma_z > 1,10$, em conformidade com o critério adotado pela ABNT NBR 6118. De forma complementar, também foram considerados os parâmetros FAVt (fator de amplificação dos esforços horizontais) e α , adotados como indicadores auxiliares na avaliação comparativa da estabilidade global dos modelos. Além disso, foram obtidos os deslocamentos horizontais máximos no topo da estrutura e os deslocamentos relativos entre pavimentos, empregados na comparação da deslocabilidade lateral entre as soluções com laje maciça e laje treliçada. A análise das flechas em serviço das lajes foi realizada sob a combinação quase permanente de ações, correspondente ao Estado Limite de Serviço, a partir da leitura

linear simplificada fornecida pelo modelo dos pavimentos em grelha do CAD/TQS. Os valores de deslocamento vertical foram interpretados em conjunto com o limite de flecha associado ao vão de cada painel, permitindo identificar as lajes críticas em cada pavimento e comparar o desempenho dos dois sistemas quanto à deformabilidade em serviço.

Ressalta-se que as flechas apresentadas neste estudo foram obtidas com base na análise linear simplificada disponibilizada pelo CAD/TQS, adotando-se, para essa verificação, a combinação quase permanente de serviço $10 - ELS/CQPERM/PP+PERM+0,6ACID$, correspondente ao Estado Limite de Serviço. Os valores de deslocamento vertical foram interpretados em conjunto com o limite de flecha associado ao vão estrutural de cada painel, permitindo a comparação direta entre os modelos com laje maciça e laje treliçada. Embora o software disponha de recursos de análise mais refinada, como a grelha não linear, essa verificação foi considerada apenas como procedimento complementar de apoio à interpretação dos resultados, e não como base principal da comparação desenvolvida neste trabalho. Essa opção metodológica foi adotada para preservar a uniformidade do critério comparativo entre os sistemas e manter a coerência entre as saídas analisadas no capítulo de resultados.

A partir do processamento global e local dos modelos, foram extraídos os parâmetros efetivamente utilizados na comparação entre as soluções, compreendendo a carga aplicada total, a carga média global, os quantitativos de concreto e aço, os parâmetros de estabilidade global, os deslocamentos horizontais máximos, as flechas em serviço das lajes e o custo estimado dos insumos estruturais. Dessa forma, a metodologia adotada permitiu comparar os sistemas de laje não apenas sob a ótica dos quantitativos de materiais, mas também em relação ao comportamento global da estrutura e ao desempenho em serviço dos pavimentos.

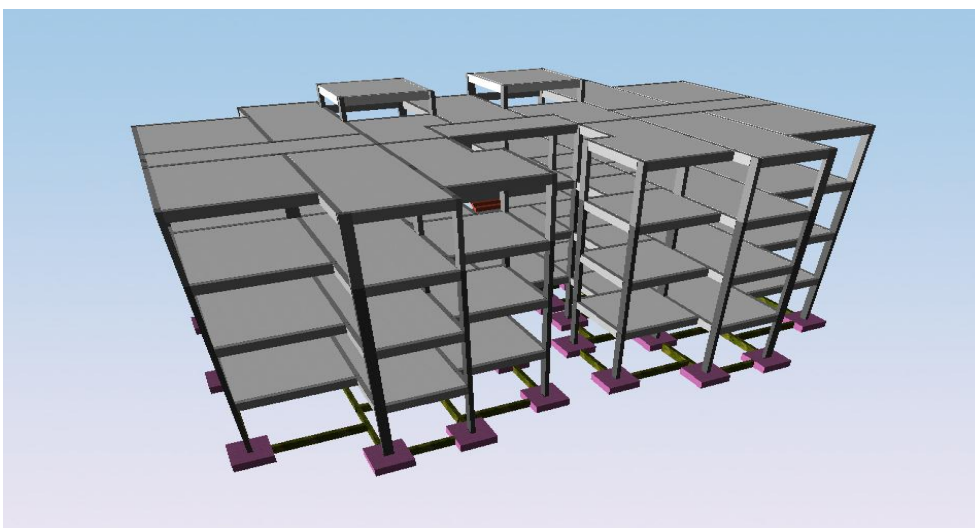
6) RESULTADOS

6.1 Apresentação geral dos modelos estruturais analisados

A etapa inicial dos resultados consiste na apresentação geral dos modelos estruturais desenvolvidos no software TQS para a edificação em estudo. Conforme definido na metodologia, foram elaborados dois modelos comparativos a partir da mesma base geométrica, arquitetônica e estrutural, mantendo-se constantes os pavimentos, a disposição de vigas e pilares, os materiais adotados, as ações consideradas e os parâmetros de análise. A variável principal de comparação concentrou-se no sistema de laje empregado, sendo analisadas duas soluções distintas: laje maciça e laje treliçada, ambas apoiadas sobre vigas.

Nesse contexto, a modelagem tridimensional da estrutura permite visualizar de forma integrada a organização global do edifício, evidenciando a distribuição dos pavimentos, a disposição dos pilares, o lançamento das vigas e a relação entre os elementos horizontais e verticais do sistema resistente. Essa representação é relevante porque confirma que a comparação foi desenvolvida sobre uma mesma concepção estrutural, modificando-se essencialmente a tipologia das lajes, o que favorece uma leitura mais precisa dos efeitos decorrentes dessa alteração nos resultados posteriores. Em seguida, a figura 24 temos a representação em 3D da modelagem estrutural com a visualização das propriedades estruturais.

Figura 24– Modelagem tridimensional da estrutura no software TQS



Fonte: Autoria própria (2026).

A modelagem tridimensional permite verificar que o edifício possui arranjo estrutural regular, com repetição dos pavimentos intermediários e continuidade dos principais elementos

resistentes ao longo da altura. "Essa configuração garante a comparabilidade entre os modelos, compondo um modelo global compatível com a análise integrada efetuada no TQS. Essa configuração reforça a consistência do estudo comparativo, uma vez que a edificação foi mantida com a mesma lógica estrutural nos dois casos analisados.

No modelo com laje maciça, adotaram-se painéis maciços com espessura de 12 cm, preservando-se a mesma malha estrutural utilizada no edifício. No modelo com laje treliçada, também se adotou espessura total de 12 cm, mantendo-se a mesma configuração global da edificação, porém com as particularidades geométricas e mecânicas inerentes ao sistema treliçado. Dessa forma, a diferença entre os sistemas de laje permite avaliar, nos tópicos seguintes, os reflexos dessa substituição sobre os quantitativos, os parâmetros globais e o comportamento em serviço da estrutura.

Portanto, a apresentação inicial dos modelos confirma que a comparação foi conduzida sob bases equivalentes de modelagem, permitindo que as diferenças observadas nos resultados sejam interpretadas, predominantemente, como consequência da tipologia de laje adotada. A partir dessa base, desenvolve-se, nos tópicos seguintes, a análise comparativa dos quantitativos, dos parâmetros globais da estrutura, do comportamento em serviço e da viabilidade econômica dos dois modelos.

6.2 Caracterização geométrica e quantitativa inicial dos modelos comparativos

Após a apresentação geral da modelagem estrutural em 3D, a análise passou à caracterização geométrica e quantitativa inicial dos modelos comparativos. Essa leitura preliminar é relevante porque demonstra que a comparação foi desenvolvida sob condições globais equivalentes e estabelece a base técnica para a interpretação dos resultados de consumo de materiais, estabilidade global, deslocamentos, flechas e custos.

A comparação inicial mostra que os dois modelos correspondem à mesma edificação, com altura total de 12,1 m, mesma norma de projeto, mesma classe de agressividade ambiental e mesma especificação mínima de concreto. Dessa forma, as diferenças verificadas ao longo da análise não decorrem de alterações nas premissas gerais do edifício, mas da mudança do sistema de laje adotado em cada solução. A Tabela 1 apresenta os principais parâmetros comuns aos dois modelos.

Tabela 1– Dados gerais dos modelos comparativos

Parâmetro	Laje maciça	Laje treliçada
Norma em uso	NBR-6118:2026	NBR-6118:2026
Altura total do edifício (m)	12,1	12,1
Área total (m ²)	993,26	991,95
Classe de agressividade ambiental	II – Moderada	II – Moderada
Concreto (MPa)	25	25
Modelo global do edifício	IV – Modelo integrado de pórtico espacial	IV – Modelo integrado de pórtico espacial

Fonte: Autoria própria (2026).

Como se observa na Tabela 1, a área total estruturada apresentou variação muito pequena entre os modelos: 993,26 m² na solução com laje maciça e 991,95 m² na solução com laje treliçada. Essa diferença corresponde a 1,31 m², ou aproximadamente 0,13% da área total do edifício. Considerando que a geometria global da edificação foi mantida, essa variação não está associada a alterações do projeto-base, mas a pequenos ajustes locais de modelagem, decorrentes de desalinhamentos pontuais entre a referência arquitetônica e o lançamento estrutural, os quais também repercutem na forma de contabilização da área pelo software. Assim, trata-se de uma divergência residual, insuficiente para comprometer a comparabilidade global entre as soluções.

Além dos dados gerais, os resultados de processamento permitiram comparar a carga aplicada total por pavimento e a carga média global do edifício. Esses valores não são exclusivos das lajes, pois agregam a participação de pilares, vigas e lajes em cada nível, mas ainda assim são úteis como indicador complementar da resposta global do modelo. A Tabela 2 sintetiza essa distribuição para os dois sistemas estruturais.

Tabela 2– Carga aplicada total por pavimento e carga média global dos modelos

Pavimento	Carga aplicada Maciça (tf)	Carga média Maciça (tf/m ²)	Carga aplicada Treliçada (tf)	Carga média Treliçada (tf/m ²)
CAIXA D'ÁGUA	12,07	0,636	9,04	0,491
COBERTURA	162,67	0,737	128,07	0,593
1º TIPO – P3	251,02	1,110	216,55	0,967
1º TIPO – P2	251,02	1,110	216,55	0,967
1º TIPO – P1	251,02	1,110	216,55	0,967
TOTAL	1038,75	1,094	894,42	0,952

Fonte: Autoria própria (2026).

No total do edifício, a solução com laje maciça apresentou carga aplicada de 1.038,75 tf e carga média global de 1,094 tf/m², enquanto a solução com laje treliçada registrou 894,42 tf e 0,952 tf/m². Em termos percentuais, isso representa redução aproximada de 13,9% na carga total aplicada e de 13,0% na carga média global quando se adota o sistema treliçado.

A distribuição por pavimento reforça a mesma tendência. Na caixa d'água, a carga aplicada passou de 12,07 tf para 9,04 tf; na cobertura, de 162,67 tf para 128,07 tf; e, nos pavimentos tipo, de 251,02 tf para 216,55 tf em cada nível.

A diferença geométrica mais expressiva entre os modelos está na espessura média das lajes dos pavimentos analisados. Como o foco deste tópico recai sobre os níveis em que há lajes, a tabela 3 apresenta apenas caixa d'água, cobertura e pavimento tipo. A fundação, embora conste nos relatórios com espessura média própria, não foi incluída nessa comparação por não representar um pavimento de laje em sentido estrito.

Tabela 3– Espessuras médias das lajes por pavimento

Pavimento	Espessura média Maciça (cm)	Espessura média Treliçada (cm)	Redução na treliçada (%)
CAIXA D'ÁGUA	18,3	13,3	27,3
COBERTURA	16,9	12,1	28,4
1º TIPO	16,7	11,5	31,1

Fonte: Autoria própria (2026).

No pavimento tipo, a espessura média passou de 16,7 cm na laje maciça para 11,5 cm na laje treliçada, redução de 31,1%. Na cobertura, a redução foi de 16,9 cm para 12,1 cm, equivalente a 28,4%. Já na caixa d'água, a espessura média diminuiu de 18,3 cm para 13,3 cm, o que corresponde a 27,3%. Em todos os níveis comparáveis, portanto, a solução treliçada apresentou espessura média inferior à solução maciça.

Esse resultado é consistente com a própria lógica construtiva do sistema treliçado, no qual parte do volume de concreto é substituída por elementos de enchimento, preservando-se a capa e as nervuras resistentes. Sob a ótica quantitativa, a menor espessura média das lajes ajuda a explicar a redução da carga global observada no modelo treliçado já na etapa inicial da comparação.

Em síntese, a caracterização geométrica e quantitativa inicial observadas na tabela 3 confirma que os dois modelos foram processados sob premissas gerais equivalentes de edifício, mas não produziram respostas idênticas em termos de área estruturada, espessura média das

lajes e carga global aplicada. Entre essas variáveis, a diferença mais relevante foi a redução sistemática da espessura média e do carregamento associado à solução treliçada.

6.3 Comparativo do consumo de concreto e aço

Nas soluções maciça e treliçada, a utilização de concreto é otimizada por meio da remoção do concreto nas áreas em que a armadura atua sob tração, uma vez que o concreto possui baixa resistência à tração, concentrando seu uso nas áreas de compressão; essa diminuição do consumo de concreto pode ser vista na tabela 4. Como consequência, há uma diminuição nos esforços baseados no peso da laje, o que resultou, neste caso, em uma redução do consumo de aço no total em decorrência da redução da carga,

Os quantitativos de concreto exclusivo das lajes são apresentados na Tabela 4. Para facilitar a leitura das diferenças entre os modelos, o Gráfico 3 sintetiza esses valores por pavimento.

Tabela 4– Consumo de concreto exclusivo das lajes por pavimento.

Pavimento	Laje maciça (m³)	Laje treliçada (m³)	Diferença (m³)	Redução (%)
Caixa d'água	2,02	0,98	1,04	51,49
Cobertura	25,20	11,92	13,28	52,70
1º tipo	72,34	34,25	38,09	52,65
Fundação	0,00	0,00	0,00	
Total	99,56	47,15	52,41	52,64

Fonte: Autoria própria (2026).

Conforme se observa na Tabela 4, a adoção da laje treliçada reduziu o consumo de concreto em todos os pavimentos efetivamente associados às lajes. Na caixa d'água, o volume passou de 2,02 m³ para 0,98 m³, o que representa redução de 1,04 m³, equivalente a 51,49%. Na cobertura, o quantitativo diminuiu de 25,20 m³ para 11,92 m³, com diferença de 13,28 m³ e redução de 52,70%. No 1º tipo, onde se concentra a maior parcela do volume total, o consumo caiu de 72,34 m³ para 34,25 m³, correspondendo a redução de 38,09 m³, isto é, 52,65%.

Em termos totais, o volume de concreto exclusivo das lajes reduziu-se de 99,56 m³ no modelo com laje maciça para 47,15 m³ no modelo com laje treliçada. A diferença absoluta foi de 52,41 m³, equivalente a redução global de 52,64%. Esse comportamento confirma que a solução treliçada demandou substancialmente menos concreto na composição dos painéis de laje, mantendo-se a mesma base geométrica global do edifício.

Os quantitativos de aço vinculados às lajes são apresentados na Tabela 5 e resume a distribuição desse consumo por pavimento. Conforme premissa já explicitada na abertura do tópico, os valores foram mantidos tal como extraídos para fins de comparação global entre os modelos.

Tabela 5– Consumo de aço exclusivo das lajes por pavimento.

Pavimento	Laje maciça (kgf)	Laje treliçada (kgf)	Diferença (kgf)	Redução (%)
Caixa d'água	121	24	97	80,17
Cobertura	1527	284	1243	81,40
1º tipo	4590	857	3733	81,33
Fundação	0	2	-2	
Total	6238	1165	5073	81,32

Fonte: Autoria própria (2026).

A Tabela 5 evidenciam que a redução do consumo de aço foi ainda mais acentuada que a observada para o concreto. Na caixa d'água, o quantitativo passou de 121 kgf para 24 kgf, com diferença de 97 kgf e redução de 80,17%. Na cobertura, o consumo caiu de 1.527 kgf para 284 kgf, o que representa diferença de 1.243 kgf e redução de 81,40%. No 1º tipo, novamente o pavimento mais representativo, o quantitativo reduziu-se de 4.590 kgf para 857 kgf, com diferença de 3.733 kgf e redução de 81,33%.

O Gráfico 4 e a Tabela 5 e o ainda registra, na linha de fundação, valor residual de 2 kgf para o modelo treliçado, enquanto o modelo maciço apresenta 0 kgf. Como se trata de quantitativo residual frente ao conjunto dos pavimentos de laje, esse valor não altera a interpretação global do comparativo. Assim, o total de aço exclusivo das lajes foi reduzido de 6.238 kgf na solução maciça para 1.165 kgf na solução treliçada, correspondendo a diferença absoluta de 5.073 kgf e redução global de 81,32%.

A Tabela 6 reúne os quantitativos totais de concreto e de aço das lajes e sintetiza as reduções obtidas com a substituição da laje maciça pela laje treliçada.

Tabela 6– Síntese comparativa dos consumos totais de concreto e aço das lajes.

Indicador	Laje maciça	Laje treliçada	Diferença	Redução (%)
Concreto total de laje (m³)	99,56	47,15	52,41	52,64
Aço total de laje (kgf)	6238	1165	5073	81,32

Fonte: Autoria própria (2026).

A síntese apresentada na Tabela 6 permite concluir que a solução treliçada foi mais econômica do ponto de vista estritamente quantitativo para os dois materiais analisados. Enquanto o concreto apresentou redução global de 52,64%, o aço registrou redução de 81,32%. Portanto, dentro das premissas adotadas no presente comparativo, a substituição da laje maciça pela laje treliçada implicou diminuição expressiva do volume de concreto e, sobretudo, do quantitativo de aço vinculado às lajes.

6.4 Comportamento em serviço e estabilidade global

Após a caracterização geométrica inicial dos modelos e da comparação dos consumos de concreto e aço, a análise dos resultados passa a considerar o comportamento global da estrutura. Nesta etapa, o interesse recai sobre a estabilidade global e sobre os deslocamentos horizontais do edifício, uma vez que tais parâmetros permitem verificar se a substituição do sistema de laje alterou de forma relevante a rigidez lateral da edificação.

Para esse fim, utilizaram-se exclusivamente os resultados do processamento estrutural dos modelos com laje maciça e laje treliçada. Foram considerados os parâmetros γ_z , FAVt e α , bem como os deslocamentos horizontais no topo da edificação e entre pisos, sempre com seus respectivos limites e situações de atendimento. A análise foi mantida restrita aos valores efetivamente obtidos no processamento, sem extrapolações que não pudessem ser sustentadas pelos dados disponíveis.

A Tabela 7 reúne os parâmetros de estabilidade global obtidos para os dois modelos. Sua inclusão é necessária porque sintetiza, em uma única base comparativa, os indicadores utilizados pelo TQS para a classificação do comportamento global do edifício.

Tabela 7– Parâmetros de estabilidade global dos modelos comparativos.

Modelo	γ_z	FAVt	α	Valor limite de referência	Classificação
Laje maciça	1.092	1.109	0.711	1.10	Nós fixos
Laje treliçada	1.092	1.114	0.788	1.10	Nós fixos

Fonte: Autoria própria (2026).

Conforme se observa na Tabela 7, os dois modelos apresentaram o mesmo valor de γ_z , igual a 1,092. Como esse valor permanece inferior ao limite de referência 1,20 adotado para a classificação da estabilidade global, ambos os modelos foram enquadrados como estruturas de

nós fixos. Sob esse critério, não se identificou diferença entre a solução com laje maciça e a solução com laje treliçada.

Ainda com base na Tabela 7, o parâmetro FAVt apresentou pequena diferença entre os modelos, passando de 1,109 na solução com laje maciça para 1,114 na solução com laje treliçada. O parâmetro α também foi ligeiramente superior no modelo treliçado, com 0,788, em comparação a 0,711 no modelo maciço. Apesar dessas variações numéricas, a classificação estrutural permaneceu inalterada, de modo que a leitura comparativa deve se manter vinculada ao registro dessas diferenças sem lhes atribuir significado além do que os dados efetivamente permitem concluir.

Além da estabilidade global, os resultados do processamento global permitem identificar os deslocamentos horizontais máximos no topo do edifício e entre pisos. Esses valores são importantes porque permitem verificar o atendimento aos limites de serviço adotados na análise e comparar a resposta lateral da estrutura nas duas soluções estudadas.

A Tabela 8 apresenta, para cada modelo, os deslocamentos máximos no topo da edificação e entre pisos, os casos associados à obtenção desses valores e os respectivos limites de verificação adotados no processamento.

Tabela 8– Deslocamentos horizontais máximos dos modelos comparativos

Modelo	Topo (cm)	Caso topo	Limite topo (cm)	Entre pisos (cm)	Caso entre pisos	Limite entre pisos (cm)
Laje maciça	0.14	5	0.71	0.05	5	0.32
Laje treliçada	0.15	7	0.71	0.05	7	0.32

Fonte: Autoria própria (2026).

No modelo com laje maciça, o caso 5 corresponde à ação de vento VENT1, associada à incidência de vento a 90°. No modelo com laje treliçada, o caso 7 corresponde à ação de vento VENT3, associada à incidência de vento a 0°.

A Tabela 8 mostra que o deslocamento horizontal máximo no topo foi de 0,14 cm para a laje maciça e de 0,15 cm para a laje treliçada, ambos muito inferiores ao limite de 0,71 cm considerado na verificação. Assim, os dois modelos atenderam ao critério estabelecido para o topo da edificação.

Para o deslocamento entre pisos, os dois modelos apresentaram o mesmo valor máximo, igual a 0,05 cm, também inferior ao limite de 0,32 cm adotado na verificação. Nesse aspecto, não houve diferença entre as soluções comparadas.

Observa-se ainda que os casos críticos associados aos deslocamentos diferiram entre os modelos. Na solução com laje maciça, os maiores deslocamentos estiveram associados ao caso 5, correspondente à ação de vento VENT1 a 90°, enquanto, na solução com laje treliçada, os valores máximos ocorreram no caso 7, correspondente à ação de vento VENT3 a 0°. Apesar dessa diferença de direção do carregamento crítico, a situação final de atendimento permaneceu inalterada em ambos os modelos.

os deslocamentos obtidos para ambas as soluções permaneceram substancialmente abaixo dos limites considerados na análise. O modelo treliçado apresentou deslocamento de topo discretamente superior ao do modelo maciço, ao passo que o deslocamento entre pisos foi coincidente nos dois casos. A comparação indica, portanto, que a alteração do sistema de laje não produziu diferença relevante no comportamento global da estrutura quanto aos deslocamentos horizontais.

Dessa forma, os resultados de estabilidade global e de deslocamentos horizontais indicam que os modelos com laje maciça e laje treliçada apresentaram comportamento global semelhante para a edificação analisada. Em ambos os casos, os parâmetros γ_z , FAVt e os deslocamentos máximos permaneceram em faixas compatíveis com as verificações adotadas para a análise. Assim, a discussão seguinte pode avançar para a avaliação local das lajes, especialmente no que se refere às flechas em serviço, onde as diferenças entre os sistemas tendem a se tornar mais perceptíveis.

6.5 Verificação das flechas em serviço das lajes

A análise das flechas em serviço foi desenvolvida a partir dos resultados atualizados do processamento das lajes na combinação quase permanente de serviço 10 – ELS/CQPERM/PP+PERM+0,6ACID, tomando-se como referência de verificação o limite flim associado ao vão estrutural de cada painel. Para preservar a consistência da leitura, foram desconsiderados os elementos com $L = 0,00$ cm, por corresponderem a artefatos numéricos da malha e não a painéis efetivos de laje.

A discussão foi organizada por pavimento — caixa d'água, cobertura e 1º tipo —, comparando-se os modelos com laje maciça e laje treliçada a partir de indicadores globais de atendimento ao Estado Limite de Serviço. Em cada nível, foram considerados o número total de lajes verificadas, a quantidade e o percentual de painéis em situação “Não Passou”, além da

identificação da laje mais crítica de cada sistema, com sua respectiva flecha calculada e limite admissível.

Esse critério foi adotado porque a subdivisão dos painéis não é necessariamente idêntica entre os modelos, especialmente na solução treliçada, em razão dos ajustes locais de lançamento necessários ao atendimento das condições específicas de cada pavimento. Dessa forma, a comparação não foi conduzida pela correspondência direta entre a numeração das lajes, mas pela resposta global de cada pavimento e pela identificação dos painéis mais críticos em cada solução.

Cabe ressaltar que os valores apresentados decorrem de análise linear simplificada, razão pela qual sua interpretação deve ser feita com cautela, especialmente nos painéis com maiores deformações. Assim, a avaliação conclusiva da conformidade em serviço deve considerar, quando necessário, a complementação da verificação por grelha não linear.

6.5.1 Pavimento caixa d'água

A Tabela 9 apresenta a síntese da verificação de flechas das lajes do pavimento caixa d'água para os dois sistemas estruturais. Em seguida, as Tabelas 6.10 e 6.11 reúnem os valores individuais por laje, permitindo identificar o comportamento local de cada painel

Tabela 9 – Síntese da verificação de flechas no pavimento caixa d'água.

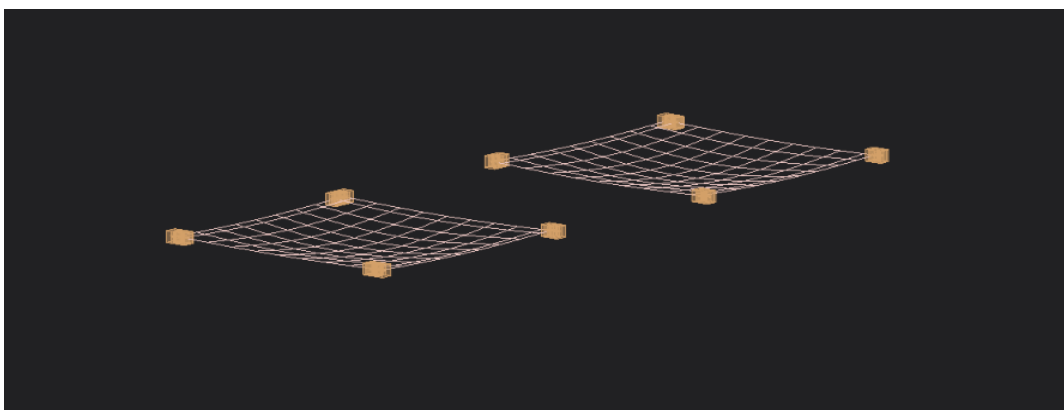
Sistema	Lajes verificadas	Não Passou	Percentual
Maciça	2	0	0,0%
Treliçada	2	0	0,0%

Fonte: Autoria própria (2026).

Conforme se observa na Tabela 9, ambos os sistemas apresentaram conformidade plena no pavimento caixa d'água. No modelo maciço, as duas lajes verificadas atenderam ao limite normativo, sendo a L2 a de maior flecha absoluta do pavimento, com 0,20 cm frente a um limite de 1,11 cm. No modelo treliçado, também não houve ocorrência de não conformidade, e a laje mais solicitada foi a L1, com 0,72 cm para um limite de 1,17 cm.

Assim, à luz dos resultados obtidos, o pavimento caixa d'água não constitui situação crítica para nenhum dos sistemas analisados. Em seguida, temos as figuras 25 e 26, onde temos a visualização melhor das deformações das grelhas das lajes maciças e treliçadas da região da caixa d'água.

Figura 25 – Deformada da grelha das lajes maciça do pavimento caixa d'água



Fonte: Autoria própria (2026).

Figura 26– Deformada da grelha das lajes Treliçada do pavimento caixa d'água



Fonte: Autoria própria (2026).

A Figura 25 e 26 complementa a análise ao apresentar a deformada da grelha das lajes da caixa d'água, permitindo visualizar qualitativamente a região de maior deslocamento vertical. Observa-se que a curvatura mais pronunciada se concentra no centro do painel, comportamento compatível com os valores apresentados na Tabela 10.

6.5.2 Pavimento cobertura

A Tabela 10 sintetiza a verificação de flechas da cobertura, destacando o número de lajes em não conformidade e a laje crítica de cada sistema.

Tabela 10– Síntese da verificação de flechas no pavimento cobertura.

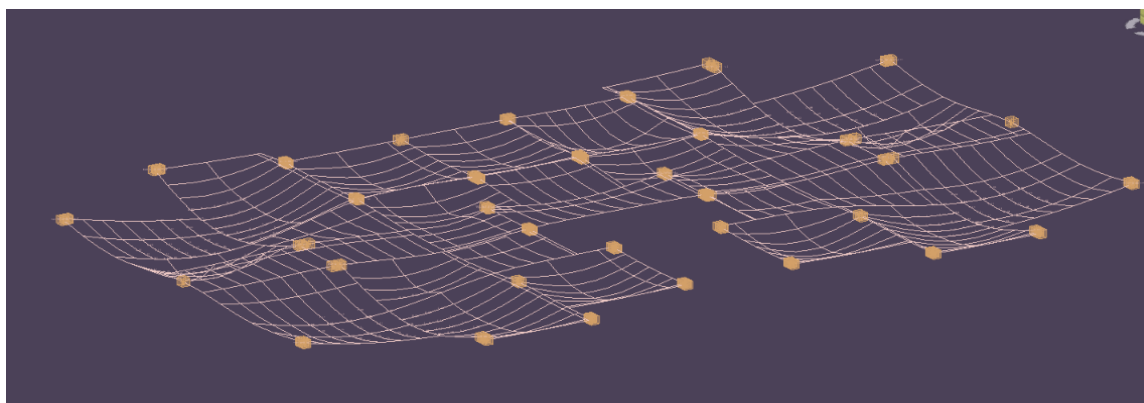
Sistema	Lajes verificadas	Não Passou	Percentual
Maciça	18	2	11,1%
Treliçada	29	18	62,1%

Fonte: Autoria própria (2026).

A partir da Tabela 10, verifica-se que o comportamento da cobertura foi significativamente distinto entre os dois sistemas. No modelo maciço, 2 das 18 lajes verificadas ficaram em situação “Não Passou”, correspondendo a 11,1% do total. A maior flecha absoluta desse pavimento foi observada na laje L16, com 1,14 cm, porém esse valor permaneceu inferior ao limite de 1,34 cm. No modelo treliçado, a não conformidade atingiu 18 das 29 lajes verificadas, o que representa 62,1% do total, tendo a laje L13 apresentado a maior flecha absoluta, de 2,41 cm, frente a um limite de 1,02 cm.

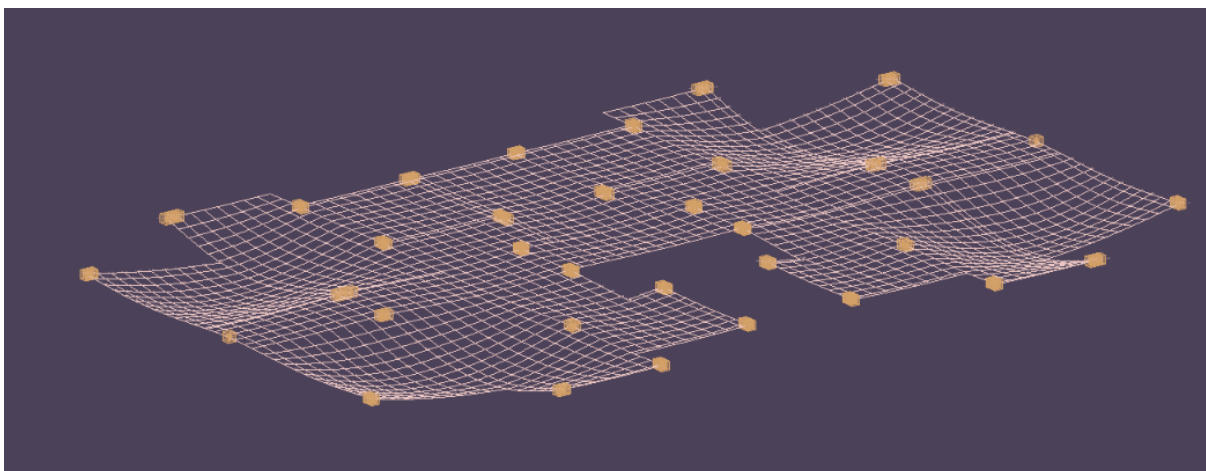
Além disso, as Figuras 27 e 28 apresentam as grelhas das lajes treliçada e maciça do pavimento cobertura, permitindo identificar as regiões com maiores deformações e comparar qualitativamente a distribuição das flechas entre os dois sistemas.

Figura 27– Deformada da grelha das lajes Treliçada do pavimento cobertura



Fonte: Autoria própria (2026).

Figura 28– Deformada da grelha das lajes maciça do pavimento cobertura



Fonte: Autoria própria (2026).

Observa-se, nas Figuras 27 e 28, que o pavimento cobertura apresentou maior intensidade e abrangência de deformações na solução com laje treliçada. Enquanto, na laje maciça, as deformações mais significativas ficaram concentradas pontualmente nas extremidades esquerda e direita da torre, na laje treliçada elas se distribuíram por quase todo o pavimento, indicando comportamento mais desfavorável em serviço.

6.5.3 Pavimento tipo

A Tabela 11 reúne a síntese da verificação de flechas do pavimento tipo, que corresponde ao cenário mais representativo da edificação. As Tabelas 16 e 17 detalham os resultados por laje para os sistemas maciço e treliçado, respectivamente.

Tabela 11– Síntese da verificação de flechas no pavimento tipo.

Sistema	Lajes verificadas	Não Passou	Percentual
Maciça	24	5	20,8%
Treliçada	23	9	39,1%

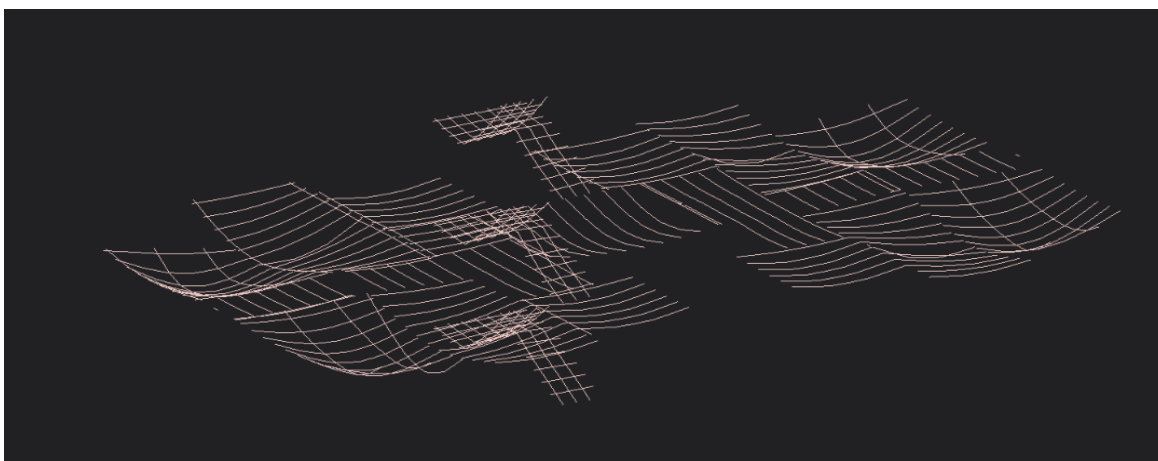
Fonte: Autoria própria (2026).

No pavimento tipo, a diferença entre os sistemas tornou-se mais evidente. Conforme a Tabela 11, o modelo maciço apresentou 5 lajes em situação “Não Passou” entre 24 lajes verificadas, correspondendo a 20,8% do total. A laje crítica foi a L4, com flecha de 1,44 cm e limite de 1,34 cm. No modelo treliçado, 9 das 23 lajes verificadas ficaram em não conformidade, o que representa 39,1% do total. Nesse caso, a laje crítica foi a L20, com flecha

de 3,80 cm frente ao mesmo limite de 1,34 cm, configurando o maior valor absoluto de flecha entre todas as lajes analisadas no trabalho.

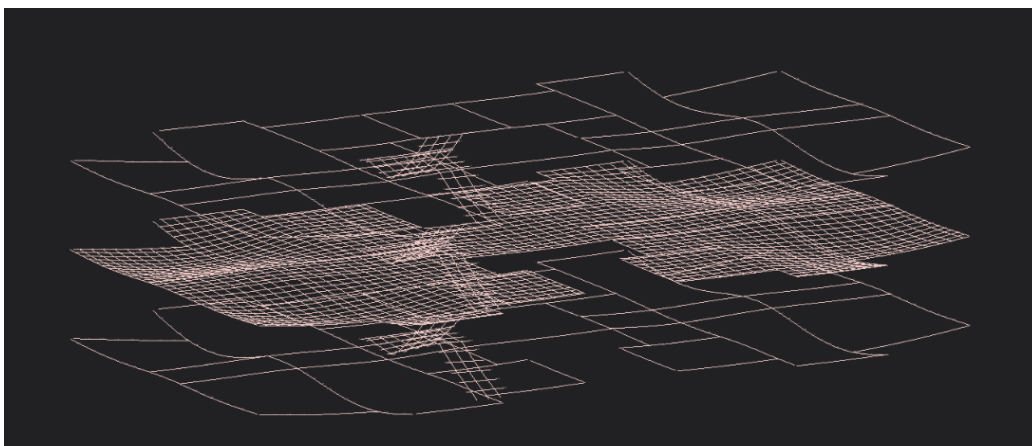
A seguir, temos as Figuras 29 e 30 apresentam as grelhas das lajes treliçada e maciça do pavimento tipo, permitindo identificar as regiões com maiores deformações e comparar qualitativamente a distribuição das flechas entre os dois sistemas

Figura 29– Deformada da grelha das lajes Treliçada do pavimento tipo



Fonte: Autoria própria (2026).

Figura 30– Deformada da grelha das lajes maciça do pavimento tipo



Fonte: Autoria própria (2026).

Observa-se, nas Figuras 29 e 30, que o pavimento tipo apresentou maior intensidade nas deformações na solução com laje treliçada. Enquanto, na laje maciça, as deformações mais significativas ficaram menos perceptíveis na laje treliçada elas se distribuíram por quase todo o pavimento, indicando comportamento mais desfavorável.

6.5.4 Síntese comparativa das flechas

A Tabela 12 reúne, lado a lado, a laje crítica de cada pavimento para os dois sistemas estruturais. O objetivo é consolidar, em um único quadro, a comparação entre flecha máxima absoluta, limite admissível e situação de atendimento.

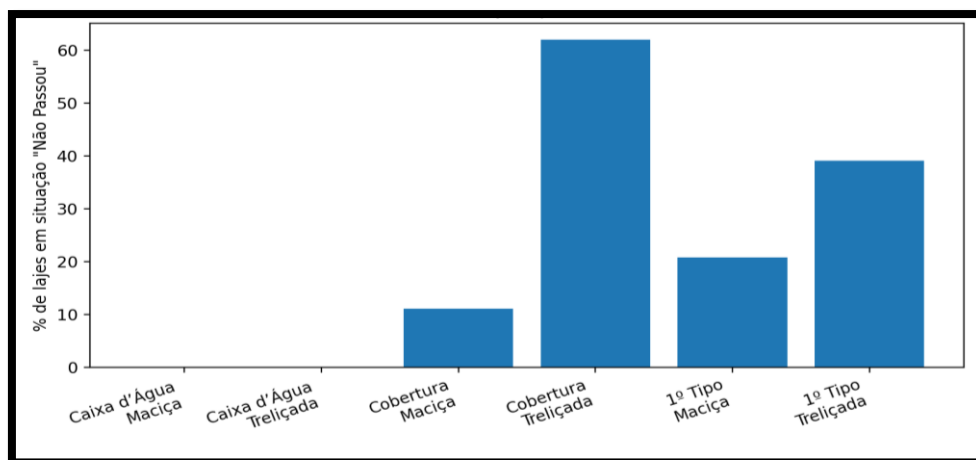
Tabela 12– Laje crítica de cada pavimento nos sistemas maciço e treliçado.

Pavimento	Sistema	Laje crítica	f (cm)	f.lim (cm)	Situação
CAIXA D'ÁGUA	Maciça	L2	-0,20	1,11	Passou
CAIXA D'ÁGUA	Treliçada	L1	-0,72	1,17	Passou
COBERTURA	Maciça	L16	-1,14	1,34	Passou
COBERTURA	Treliçada	L13	-2,41	1,02	Não Passou
1 TIPO	Maciça	L4	-1,44	1,34	Não Passou
1 TIPO	Treliçada	L20	-3,80	1,34	Não Passou

Fonte: Autoria própria (2026).

Conforme a Tabela 12, o pavimento caixa d'água não apresentou não conformidades em nenhum dos sistemas. Na cobertura, o sistema maciço manteve a laje crítica dentro do limite, ao passo que o sistema treliçado ultrapassou o valor admissível. No pavimento tipo, tanto a laje maciça quanto a laje treliçada apresentaram não conformidade, porém o sistema treliçado registrou flecha muito superior em módulo.

Gráfico 1– Percentual de lajes em situação “Não Passou” por pavimento e sistema



Fonte: Autoria própria (2026).

O Gráfico 1 evidencia que a diferença entre os sistemas se intensifica nos pavimentos superiores e no pavimento tipo. Enquanto o sistema maciço apresenta baixo percentual de não conformidade na cobertura e percentual moderado no pavimento tipo, o sistema treliçado apresenta percentuais substancialmente mais elevados, especialmente na cobertura.

Considerando o conjunto das verificações realizadas, a laje L24 do pavimento tipo, no sistema treliçado, configurou-se como o elemento mais crítico do trabalho. Esse painel apresentou flecha máxima de 3,80 cm frente a um limite admissível de 1,34 cm, o que corresponde a uma razão $f/f.lim$ de aproximadamente 2,84.

Dessa forma, a análise das flechas em serviço indica que o sistema maciço apresentou melhor desempenho global no Estado Limite de Deformações Excessivas, especialmente na cobertura e no pavimento tipo. O sistema treliçado, embora vantajoso em termos de racionalização e redução de materiais já discutidos nos tópicos anteriores, mostrou maior sensibilidade às deformações em serviço nos pavimentos mais representativos da edificação.

Por fim, cabe registrar que os valores discutidos neste tópico resultam de análise linear simplificada. Assim, a interpretação final da conformidade normativa das lajes deve considerar a recomendação de verificação complementar por grelha não linear, especialmente nos painéis que apresentaram maiores flechas e maiores razões entre flecha calculada e limite admissível.

7) CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo realizar a análise comparativa entre lajes maciças e lajes treliçadas, ambas apoiadas sobre vigas, em uma edificação residencial modelada no software TQS, com foco na resposta estrutural, no consumo de materiais e no comportamento em serviço de cada sistema. A partir dos resultados obtidos, verifica-se que o objetivo geral foi alcançado, uma vez que foram desenvolvidos dois modelos estruturais da mesma edificação sob condições equivalentes de geometria, carregamento, materiais, arranjo estrutural e parâmetros de análise, mantendo-se a espessura nominal de 12 cm para as lajes em ambas as soluções.

A manutenção dessas premissas permitiu isolar a influência da tipologia de laje nos resultados comparativos. Do ponto de vista geométrico, os modelos apresentaram proximidade entre as áreas totais estruturadas, com diferença de 1,31 m², correspondente a aproximadamente 0,13% da área total do edifício. Dessa forma, as diferenças observadas nos resultados podem ser associadas predominantemente à substituição do sistema de laje, e não a alterações relevantes nas condições gerais da edificação.

Em relação às cargas aplicadas, a solução com laje treliçada apresentou redução da carga total do edifício quando comparada à solução com laje maciça. Esse comportamento está associado à menor participação do peso próprio no sistema treliçado, em razão da presença de elementos de enchimento e da redução do volume de concreto efetivamente empregado nos painéis de laje. Assim, sob o ponto de vista da redução de cargas permanentes, a solução treliçada apresentou comportamento mais favorável no recorte analisado.

Quanto ao consumo de materiais, os resultados indicaram redução de 52,64% no consumo exclusivo de concreto das lajes e de 81,32% no consumo exclusivo de aço das lajes na solução treliçada em relação à solução maciça. Esses resultados demonstram que, quando a análise se concentra nos insumos diretamente associados aos painéis de laje, o sistema treliçado proporciona menor consumo de materiais. Contudo, essa redução deve ser interpretada em conjunto com os demais critérios estruturais, especialmente as verificações de serviço.

Na análise do comportamento global da estrutura, os dois modelos apresentaram resultados semelhantes. Os parâmetros de estabilidade global permaneceram dentro dos limites considerados na análise, com classificação de ambos os modelos como estruturas de nós fixos. Da mesma forma, os deslocamentos horizontais máximos no topo e entre pavimentos apresentaram valores próximos e inferiores aos limites adotados. Portanto, no caso estudado, a

substituição da laje maciça pela laje treliçada não produziu alteração relevante na estabilidade global da edificação nem na deslocabilidade lateral do modelo.

A verificação das flechas em serviço evidenciou a principal diferença técnica entre os sistemas. A análise foi conduzida no Estado Limite de Serviço, a partir da combinação quase permanente adotada no processamento das lajes, considerando os limites de flecha associados aos vãos dos painéis. No pavimento caixa d'água, ambos os sistemas atenderam aos limites. Entretanto, na cobertura e no pavimento tipo, a solução treliçada apresentou maior número de lajes em situação de não conformidade e maiores valores de flecha, demonstrando maior sensibilidade às deformações em serviço. A laje maciça, embora tenha apresentado maior consumo de materiais, mostrou resposta estrutural com menor deformação nesse critério.

Diante do conjunto dos resultados, conclui-se que a laje treliçada apresentou menor carga aplicada e menor consumo exclusivo de concreto e aço nas lajes, enquanto a laje maciça apresentou comportamento mais favorável quanto ao controle das flechas em serviço. Assim, a escolha entre os dois sistemas não deve ser baseada em um único parâmetro, mas na análise integrada entre consumo de materiais, estabilidade global, deslocamentos horizontais e deformabilidade em serviço.

Desse modo, a hipótese inicialmente adotada foi parcialmente confirmada. A solução treliçada apresentou vantagens quantitativas quanto à redução de carga e ao consumo de materiais, mas não se mostrou superior em todos os critérios avaliados, sobretudo no que se refere às flechas em serviço. Para a edificação estudada, o sistema treliçado mostrou-se mais eficiente quanto ao consumo de materiais, enquanto o sistema maciço apresentou resposta estrutural mais rígida no controle das deformações verticais.

Por fim, recomenda-se, para trabalhos futuros, a complementação da verificação das lajes mais críticas por meio de grelha não linear, a fim de avaliar com maior refinamento os efeitos da fissuração, da redistribuição de rigidez e das deformações diferidas no tempo. Também se recomenda aplicar a mesma metodologia em edificações com diferentes vãos, geometrias, carregamentos e arranjos estruturais, de modo a ampliar a base comparativa entre sistemas de lajes maciças e treliçadas.

REFERÊNCIAS

- ANTUNES, Karina de Oliveira. **Estudo comparativo entre lajes maciças e nervuradas unidirecionais e bidirecionais de concreto armado**. 92 f. 2017. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento. Rio de Janeiro, 2026.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120**: Ações para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8681**: Ações e segurança nas estruturas — Procedimento. Rio de Janeiro, 2025.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 14931**: Execução de estruturas de concreto armado, protendido e com fibras — Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.
- ÁVILA JÚNIOR, Ataliba Cordeiro. **Projeto estrutural de uma habitação coletiva de múltiplos pavimentos utilizando software TQS®**. 128 f. 2019. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia, Goiânia, 2019.
- AXIAL ENGENHARIA. **Lajes Treliçadas com EPS(Isopor): Preço, Vantagens e Desvantagens**. Disponível em: <<https://axialengenharia.eng.br/2017/04/27/lajes-trelicadas-com-epsisopor-preco-vantagens-e-desvantagens/>>. Acesso em 23 de jun. de 2026.
- BASTOS, Paulo Sérgio. **Fundamentos do concreto armado**. Bauru, 2023. 96 p.
- BOTELHO, Manoel Henrique Campos; MARCHETTI, Osvaldemar. **Concreto armado, eu te amo**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2015. v. 2
- CARVALHO, Isaac Oliveira de. **Comparativo no uso de lajes maciças e nervuradas unidirecionais em edificações residenciais unifamiliares**. 64 f. 2022. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Centro Universitário Christus, Fortaleza, 2022.
- CARVALHO, Roberto Chust; FIGUEIREDO FILHO, Jasson Rodrigues de. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado**. 4. ed. São Carlos: EdUFSCar, 2014.
- CHAVES, Hamilton Alexandre Tavares et al. O uso do software TQS para o dimensionamento estrutural de um projeto de uma residência multifamiliar. **Revista FT**, Rio de Janeiro, v. 28, n. 134, maio 2024.
- CUNHA, J. **Estruturas de concreto armado**. Uberlândia, MG: UFU, 2014. 198 p. Apostila (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, 2014.

DOURADO, Matheus Henrik Queiroz; MARQUES, Isabelly. **Comparativo de viabilidade entre laje maciça e laje treliçada**. 14. 2021.

KIMURA, Alio Ernesto. **Informática aplicada em estruturas de concreto armado: cálculo de edifícios com o uso de sistemas computacionais**. São Paulo: PINI, 2007.

LEITE, Fernando José. **Análise comparativa entre dois sistemas estruturais: laje treliçada e laje maciça**. Florianópolis, SC: UNISUL, 2022. Projeto de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Sul de Santa Catarina, 2022.

LUCIO, Bruna da Motta et al. Estudo comparativo do consumo de concreto e aço entre lajes nervuradas e maciças em um pavimento garagem residencial em função do vão livre. **Revista ERR01**, São José dos Pinhais, v. 10, n. 6, p. 1-36, 2025.

PEREIRA, Eliaquim Rodrigues. **Análise de diferentes configurações estruturais de lajes em edifício residencial usando o software TQS**. 75 f. 2024. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, João Pessoa, 2024.

PERES, Rodrigo Pereira. **Comparativo entre as lajes maciças e lajes treliçadas unidirecionais**. Ubá, MG: FUPAC/FAPAC, 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade Presidente Antônio Carlos de Ubá, 2013.

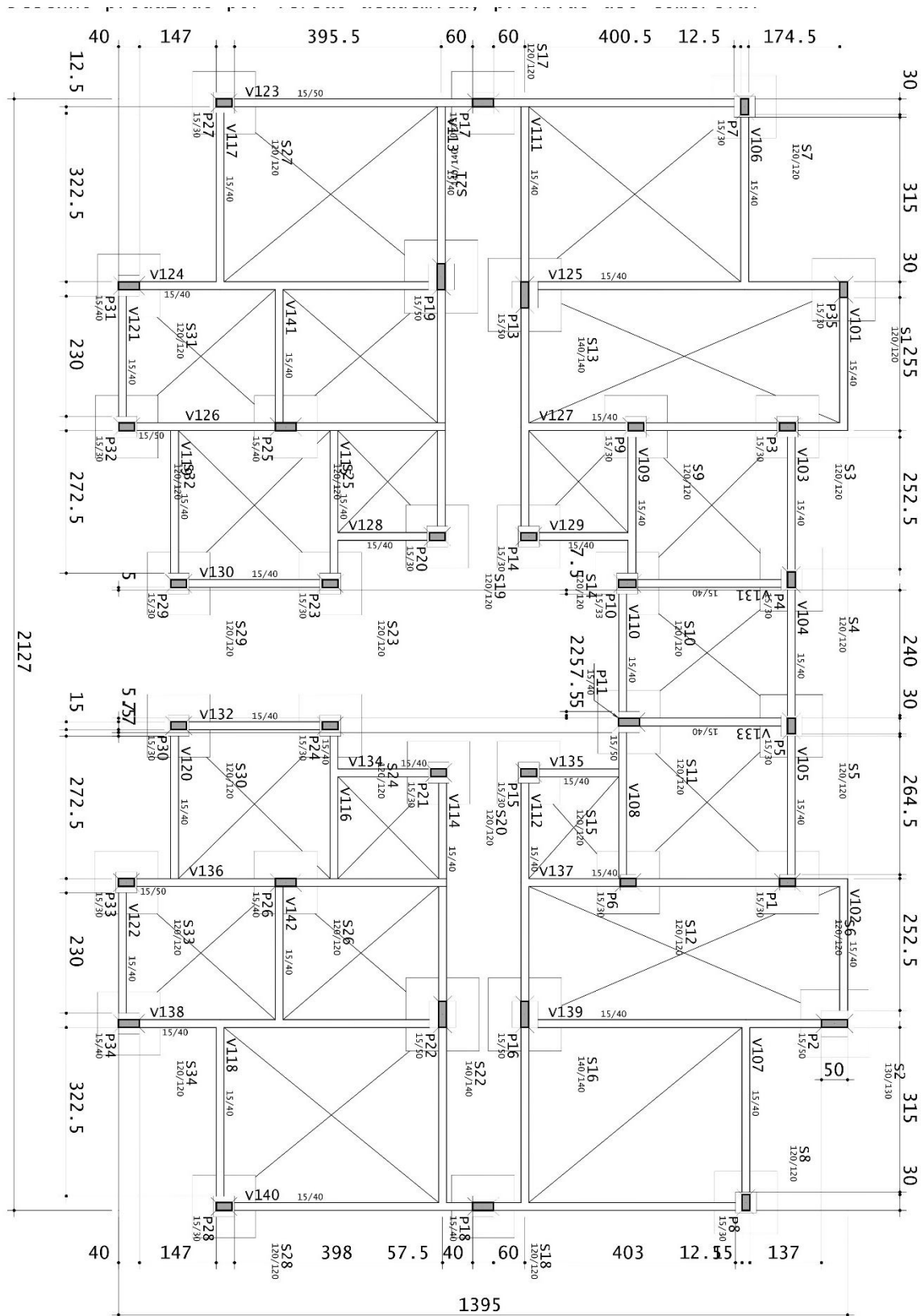
RAGUZZONI, Luciano Mello. **Análise de uma laje maciça utilizando-se o método das tabelas e o método de analogia de grelha equivalente**. Santa Maria, RS: UFSM, 2019. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, 2019

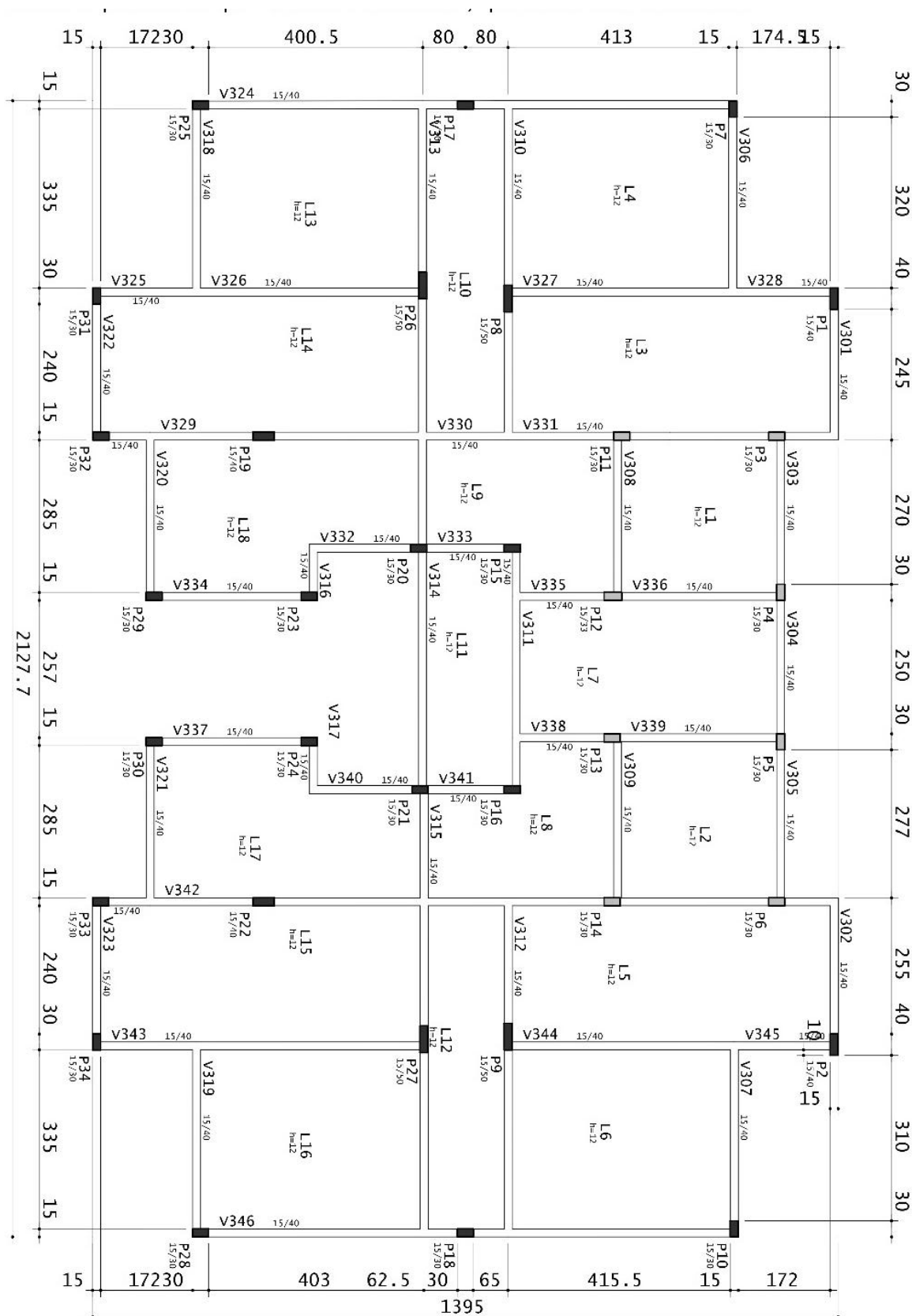
SILVA SOBRINHO, Kleber Enrique da. **Projeto estrutural de uma residência unifamiliar em concreto armado com aplicação do software TQS®**. 135 f. 2024. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Campus Patos, Patos, 2024.

SIMÕES, Gabriel Alexander de Sá; SANGUINETTI, Vítor Gouveia. **Dimensionamento de lajes em concreto armado: uma análise comparativa entre os sistemas de lajes maciças e nervuradas**. Recife, PE: UFPE, 2020. 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Pernambuco, 2020.

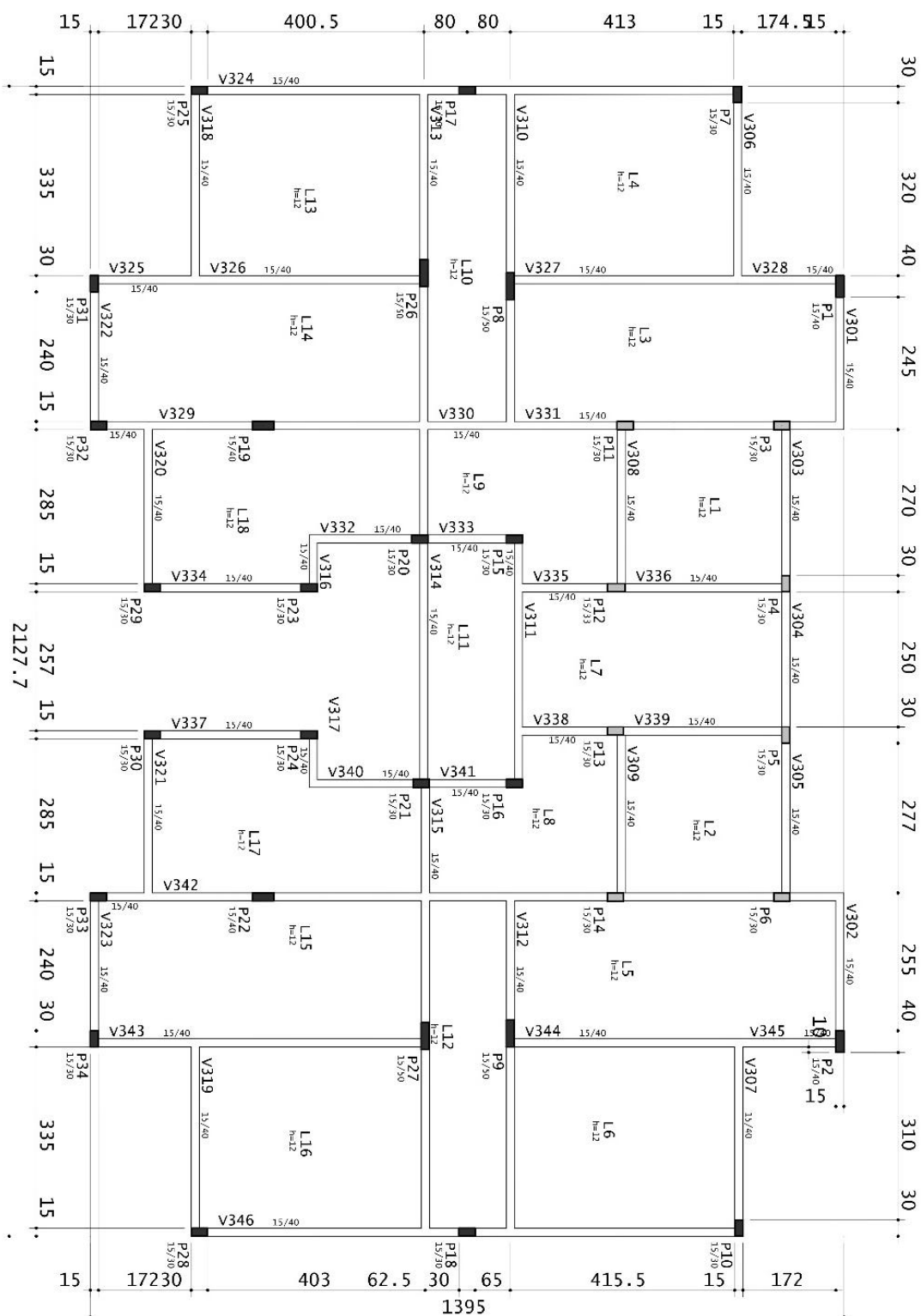
TQS INFORMÁTICA LTDA. **Sistemas CAD/TQS: software para projeto de edifícios de concreto armado**. Versão correspondente. São Paulo: TQS, 2026. Disponível em: <http://www.tqs.com.br/>.

APÊNDICE A – PLANTA ESTRUTURAL DO FUNDAÇÕES NA SOLUÇÃO COM LAJE MACIÇA.

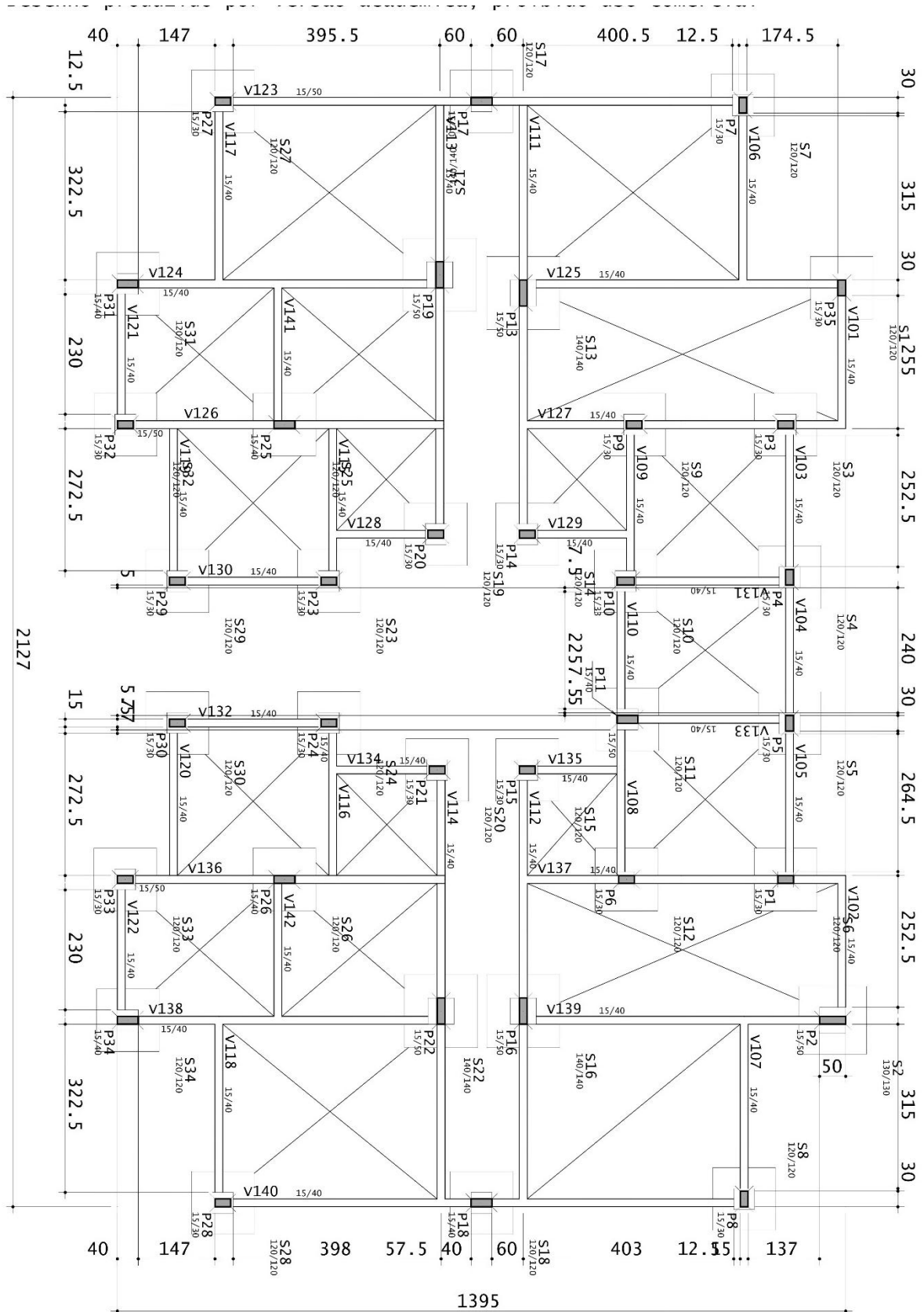


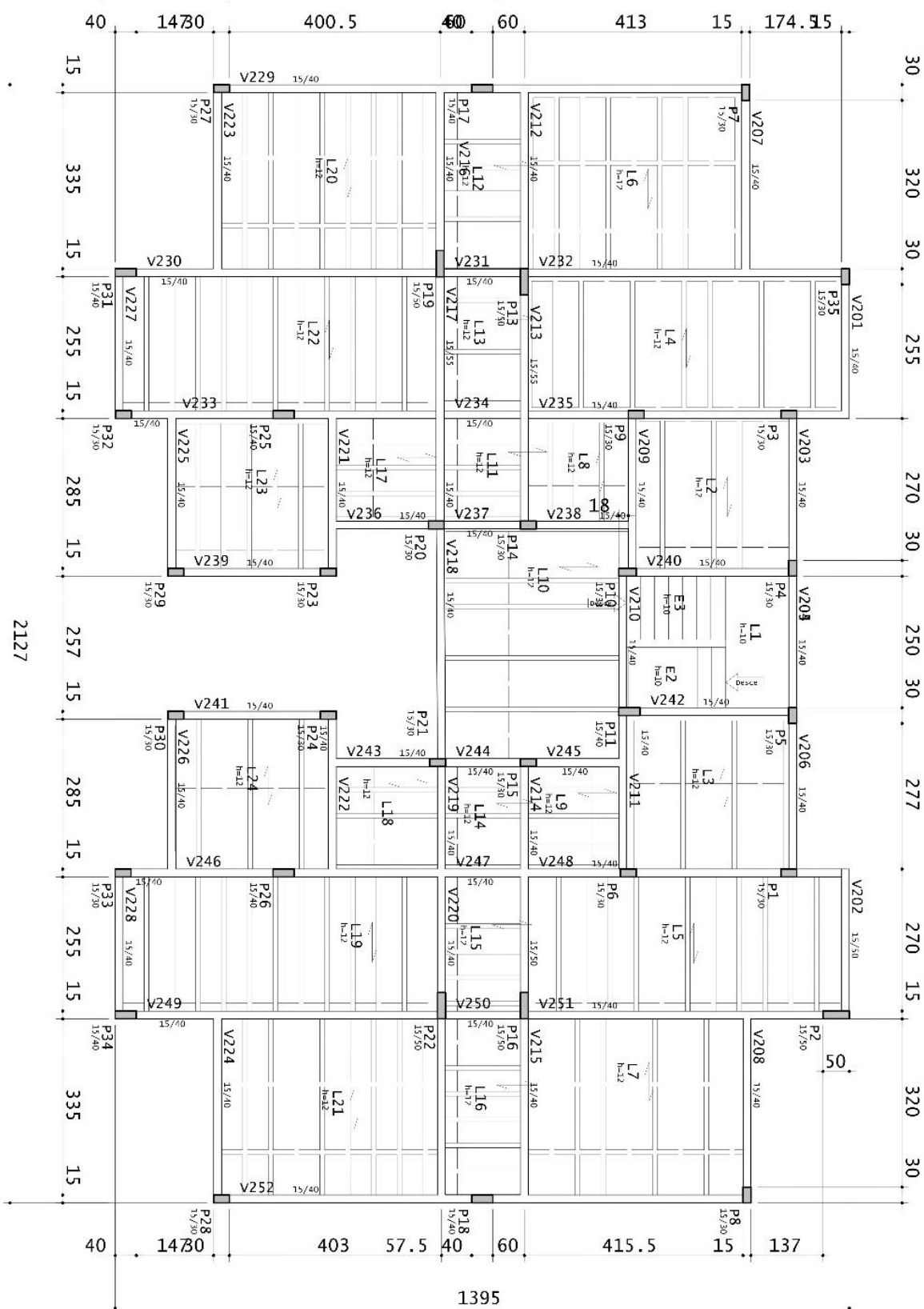


APÊNDICE C – PLANTA ESTRUTURAL DO PAVIMENTO COBERTURA NA SOLUÇÃO COM LAJE MACIÇA.



APÊNDICE D – PLANTA ESTRUTURAL DA FUNDAÇÃO NA SOLUÇÃO COM LAJE TRELIÇADA.





APÊNDICE F – PLANTA ESTRUTURAL DA PAVIMENTOS COBERTURA NA SOLUÇÃO COM LAJE TRELIÇADA

