

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS

**CONCEPÇÃO ESTRUTURAL ESTUDO
DE CASO**

AUTOR: FELIPE PEREIRA PARENTE
PROF. ORIENTADOR: PEDRO VIANNA PESSOA DE
MENDONÇA

2016

ÍNDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIÇÃO</u>	<u>FOLHA</u>
1	INTRODUÇÃO	3
2	OBJETIVO	3
3	PROGRAMAS UTILIZADOS	3
4	DESENVOLVIMENTO	4
5	CONCLUSÃO	19
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20

1 INTRODUÇÃO

As estruturas têm como função principal a transmissão das cargas verticais, tais como peso próprio, cargas permanentes e sobrecargas de utilização para o solo. No entanto, existem outros importantes fatores a serem atendidos por uma estrutura, como a harmonia com o projeto arquitetônico e a economia de materiais, porém sempre atendendo às normas técnicas vigentes. Tendo em vista todas essas premissas existem diversas formas de se conceber uma estrutura viável economicamente, cabe aos profissionais responsáveis estudar cada caso em busca da melhor solução combinando diversas técnicas construtivas e materiais disponíveis no mercado.

2 OBJETIVO

Esse trabalho tem como objetivo realizar uma análise comparativa entre quatro tipos de soluções estruturais para um edifício garagem com vão livre de 100m² em cada pavimento:

- Sistema convencional com vigas e lajes em concreto armado
- Sistema com lajes nervuradas em concreto armado
- Sistema com lajes nervuradas protendidas
- Sistema com lajes maciças protendidas

Após o desenvolvimento do trabalho será realizada a comparação dos custos e a classificação das soluções por ordem de viabilidade econômica.

3 PROGRAMAS UTILIZADOS

Sistema CAD/TQS

4 DESENVOLVIMENTO

Abaixo serão mostrados os itens relativos ao desenvolvimento do trabalho. Primeiro será feita uma breve revisão bibliográfica, com alguns conceitos importantes para o estudo de concepções estruturais. Na sequência será apresentado o estudo de caso.

4.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1.1 SOFTWARE CAD/TQS

A TQS Informática Ltda. é uma empresa prestadora de serviços que produz e fornece sistemas computacionais gráficos para engenharia estrutural, fundada em 1986. Seu campo principal de atuação é o desenvolvimento de softwares para estruturas em concreto armado, protendido, pré-moldado e alvenaria estrutural. É referência nacional em seu campo de atuação, tendo clientes por todo Brasil e em alguns países do exterior. A empresa conta com uma equipe de engenheiros civis que são responsáveis pelo desenvolvimento e manutenção dos softwares e ainda com um corpo de engenheiros civis responsáveis pelo suporte técnico (atendimento a clientes) dos programas.

O desenvolvimento destes sistemas computacionais, ao longo de todos esses anos, foi baseado nas normas técnicas brasileiras de concreto armado e na metodologia usual de elaboração e representações de projetos estruturais normalmente empregadas pelas empresas nacionais.

4.1.2 DESCRIÇÃO DOS MODELOS DE CÁLCULO DO CAD/TQS

O CAD/TQS permite ao usuário a escolha do modelo estrutural que será utilizado. Estão disponíveis tanto modelos globais como modelos específicos em cada pavimento. Dentre esses modelos específicos por pavimento, estão disponíveis:

- Lajes isoladas e vigas contínuas
- Lajes isoladas e grelha
- Lajes e vigas consideradas como grelha equivalente
- Método dos elementos finitos

No caso deste trabalho, será utilizado apenas o modelo de lajes e vigas consideradas como grelha equivalente.

Em relação aos modelos globais, o modelo que será utilizado no trabalho será o seguinte:

CAD/TQS - Modelo VI: modelo de vigas, pilares e lajes, flexibilizado conforme critérios

O edifício será modelado por um pórtico espacial, composto por elementos que simularão vigas, pilares e lajes da estrutura. Os efeitos gerados pela aplicação das ações verticais e horizontais serão calculados com esse modelo. Dessa forma, além das vigas e pilares, as lajes passarão a resistir parte dos esforços gerados pelo vento, situação essa não considerada pelos demais modelos.

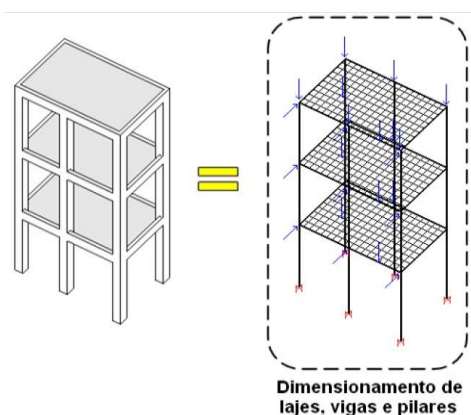


Figura 4.1. Modelo VI. Fonte: TQS Informática (2011)

4.1.3 SISTEMAS CONSTRUTIVOS

O engenheiro de estruturas deve sempre acompanhar a evolução das técnicas construtivas disponíveis no mercado. Sistemas industrializados quando bem empregados podem trazer benefícios para o andamento da obra como maior agilidade na execução, maior precisão e a possibilidade de proporcionar soluções eficientes. Seguem dois exemplos de sistemas que serão utilizados no estudo de caso e que têm sido cada vez mais utilizados em obras por todo o Brasil.

4.1.3.1 CONCRETO PROTENDIDO

A protensão pode ser entendida como a aplicação de tensões em um elemento estrutural com o objetivo de equilibrar tensões que prejudiquem o uso desejado.

As primeiras aplicações da protensão em elementos estruturais datam do início do século XX, sendo que foi com o francês Eugène Freyssinet que a tecnologia do concreto protendido teve grande desenvolvimento. Com o passar dos anos, a aplicação do concreto protendido foi se difundindo pelo mundo até se tornar uma tecnologia bem consolidada.

No Brasil, a primeira obra protendida foi a ponte do Galeão no Rio de Janeiro, em 1949.

Existem basicamente dois sistemas de protensão, a pré-tração e a pós-tração. Dentro do sistema da pós-tração podemos classificar com relação à aderência dos cabos em sistema aderente e não aderente. No caso de lajes de edifícios é mais utilizado o sistema de pós-tração com cordoalhas não aderentes, por isso é o procedimento que utilizaremos no estudo de caso.

De uma forma geral, pode-se dizer que este sistema de protensão apresenta as seguintes vantagens em relação ao sistema convencional em concreto armado:

- possibilidade de vencer vãos maiores com lajes mais esbeltas, o que permite maior liberdade arquitetônica e redução do número de pilares, com consequente aumento da área útil da edificação;
- possibilidade de trabalhar com lajes de menor espessura, suprimindo o uso de vigas o que permite redução na altura total da edificação, e consequente diminuição da carga nas fundações e/ou maior número de pavimentos para uma altura fixa;

- maior velocidade na desforma e retirada de escoramentos, possibilitando ganhos significativos no tempo de execução da estrutura;
- redução de flechas e fissuração nas lajes;

4.1.3.2 MOLDES RECUPERÁVEIS PARA LAJES NERVURADAS

Os moldes recuperáveis são materiais estruturados e dimensionados em polipropileno, para a concretagem de lajes nervuradas.

Podemos citar algumas vantagens para a utilização dos moldes recuperáveis em lajes nervuradas:

- Construção mais racional;
- dispensa o uso de compensadores e inertes;
- simplifica a armadura;
- fácil desforma manual, sem ar comprimido.

4.1.4 AÇÕES ATUANTES NA ESTRUTURA

Segundo o item 11.2 da ABNT NBR 6118:2003, “na análise estrutural deve ser considerada a influência de todas as ações que possam produzir efeitos significativos para a segurança da estrutura em exame, levando se em conta os possíveis estados limites últimos e os de serviço”.

Existem basicamente dois tipos de ações atuantes em uma estrutura: horizontais e verticais. Neste estudo consideraremos apenas carregamentos verticais, pois trataremos de edificações relativamente baixas, nas quais os esforços de vento têm menor influência, além de o enfoque principal do estudo ser as soluções da grelha e não do pórtico como um todo.

4.1.4.1 AÇÕES VERTICAIS

A ABNT NBR 6120:1980 classifica as ações verticais em permanentes e variáveis.

Ações permanentes

As ações permanentes são aquelas que ocorrem com valores constantes, ou de pequena variabilidade, durante praticamente toda a vida útil da construção (ARAÚJO, 2010).

Ações variáveis

As ações variáveis são aquelas que ocorrem com valores que sofrem significativas variações durante a vida da construção. Consideram-se como ações variáveis as cargas acidentais que atuam nas construções em função da sua finalidade, como o peso das pessoas, móveis, veículos, etc (ARAÚJO, 2010).

4.2 METODOLOGIA

4.2.1 DADOS DE ENTRADA

4.2.1.1 DADOS GERAIS

Classe de agressividade ambiental: II - Moderada

Fck do concreto: 30 MPa

Módulo de elasticidade: Eci: 27 GPa

Ecs: 23 GPa

4.2.1.2 CARREGAMENTOS

- Lajes:
 - Carga permanente: 0,10 tf/m²
 - Sobrecarga: 0,40 tf/m²

4.2.2 EDIFÍCIO EM ESTUDO

Será feito o estudo de um edifício com as seguintes características:

- 5 pavimentos tipo;
- Área total do pavimento igual a 100 m²;
- Vãos de 10,00m por 10,00m;
- Pé direito livre de 2,40m;

Serão propostas quatro soluções estruturais, e será feita a comparação dos resultados entre elas. Todas as soluções têm a mesma disposição de pilares e vigamentos externos, alterando entre elas os tipos de lajes e vigamentos internos.

O edifício é composto com 8 pilares com dimensões de 30cm x 30cm.

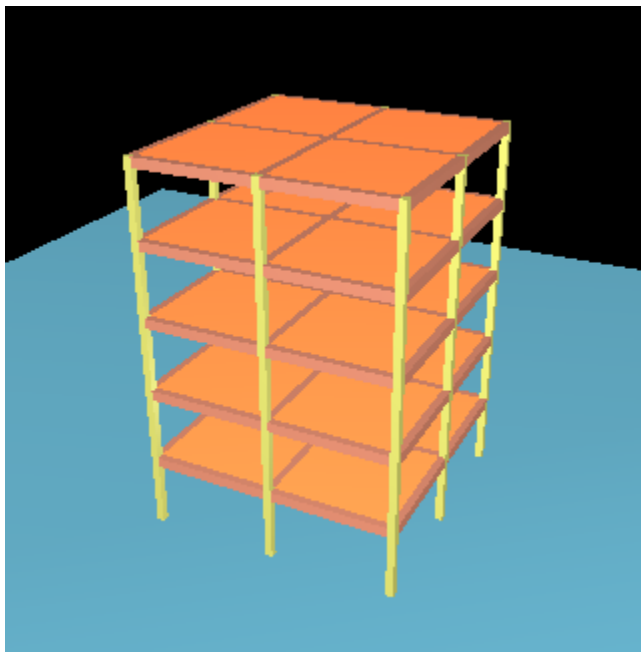
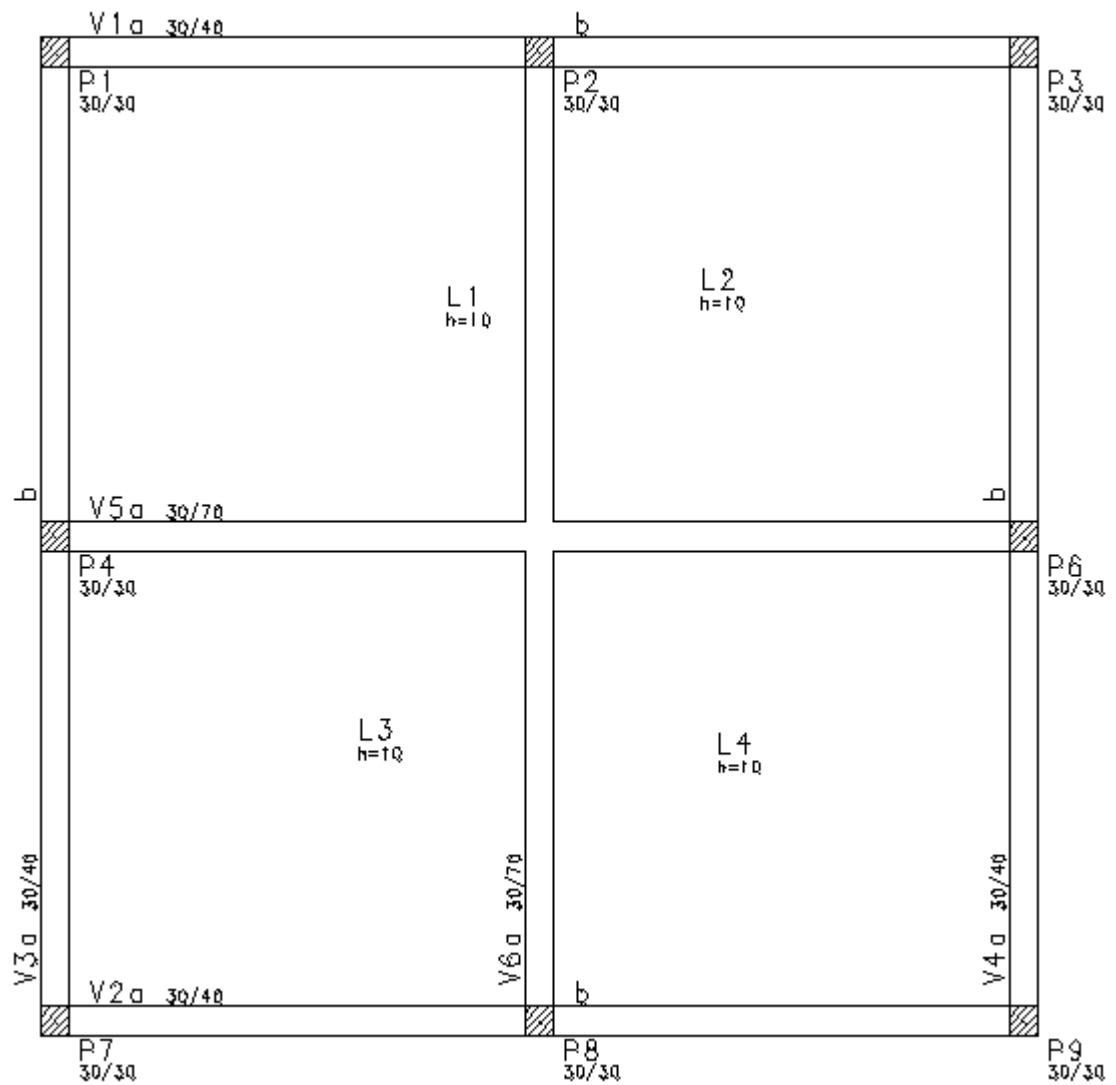


IMAGEM 3D – EDIFÍCIO EM ESTUDO

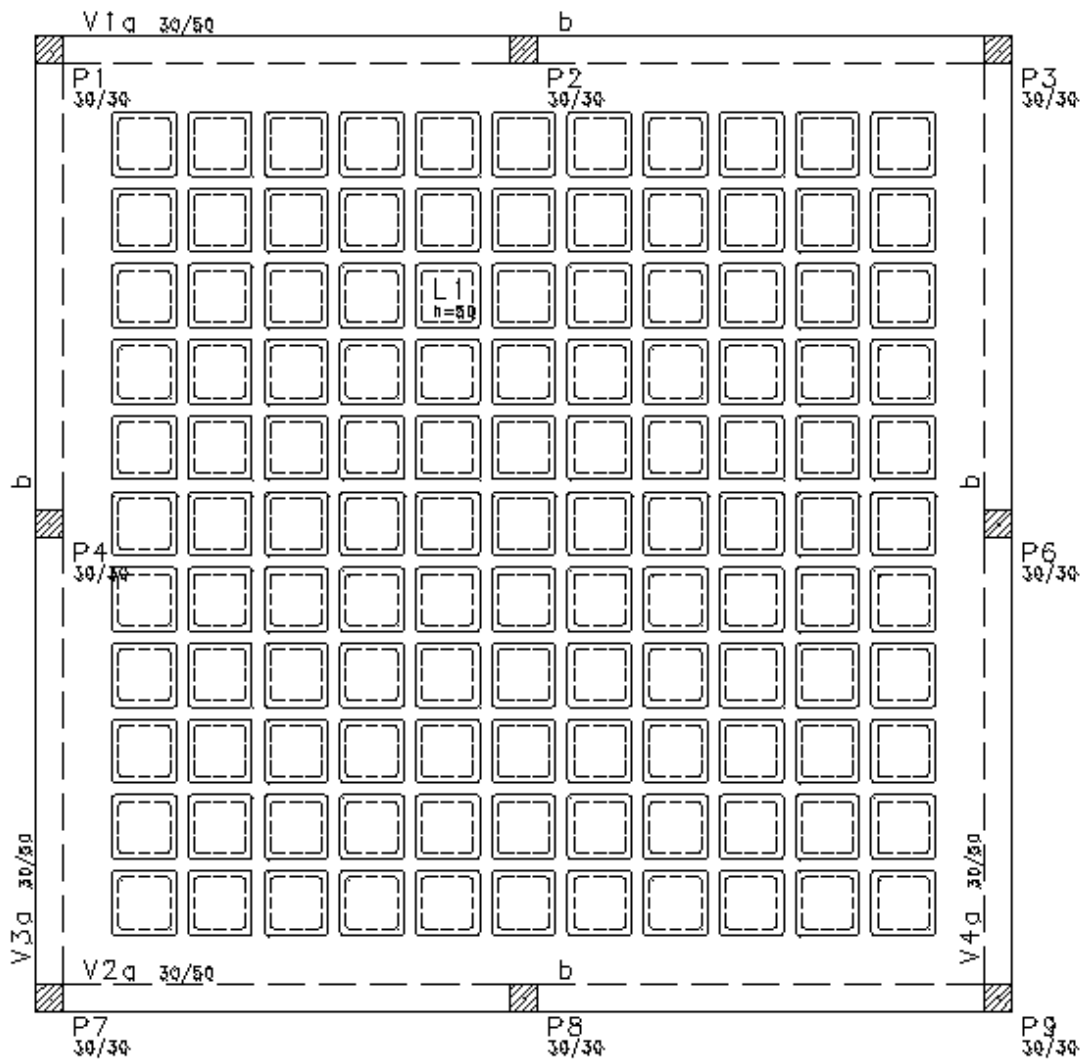
Primeira solução:

A primeira solução proposta é a composição dos pavimentos com vigas e lajes convencionais em concreto armado conforme a forma a seguir:



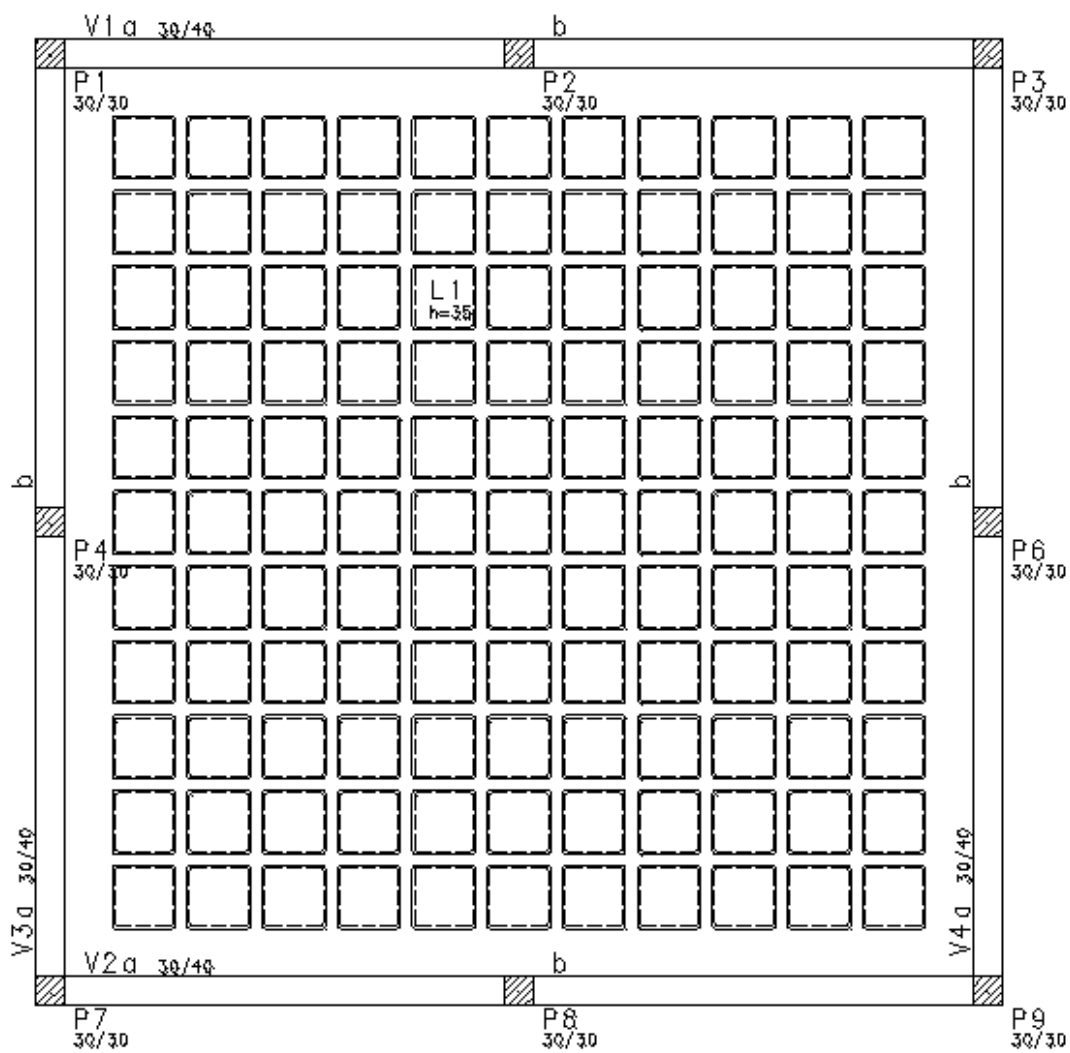
Segunda solução:

A segunda solução proposta é a composição dos pavimentos com lajes nervuradas em concreto armado conforme a forma a seguir:

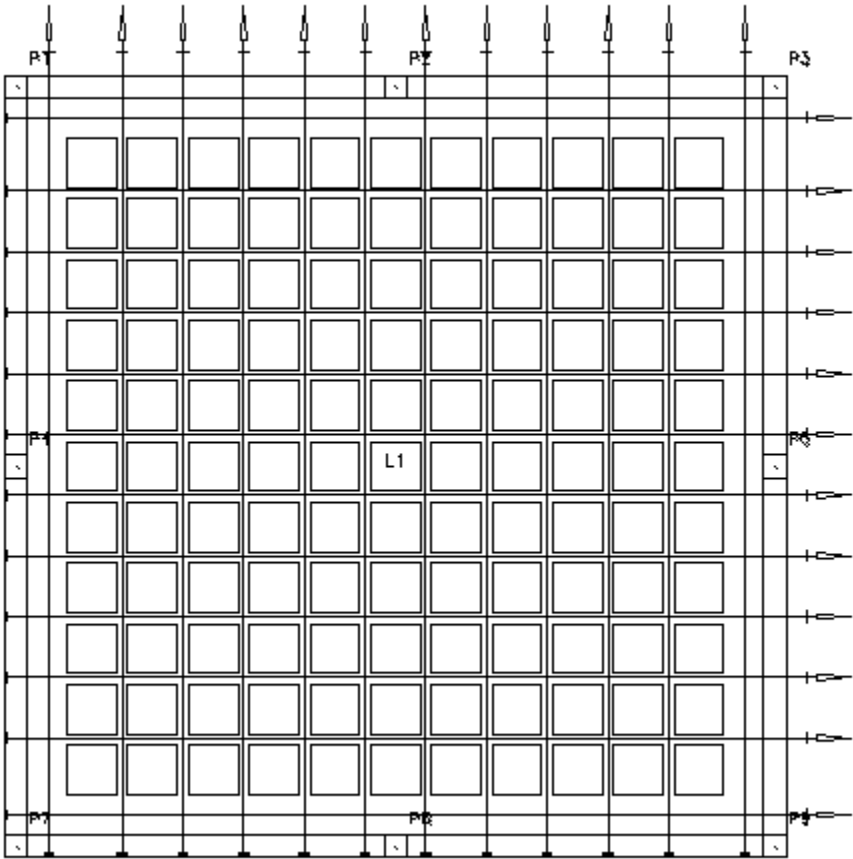


Terceira solução:

A terceira solução proposta é a composição dos pavimentos com lajes nervuradas protendidas conforme a forma a seguir:

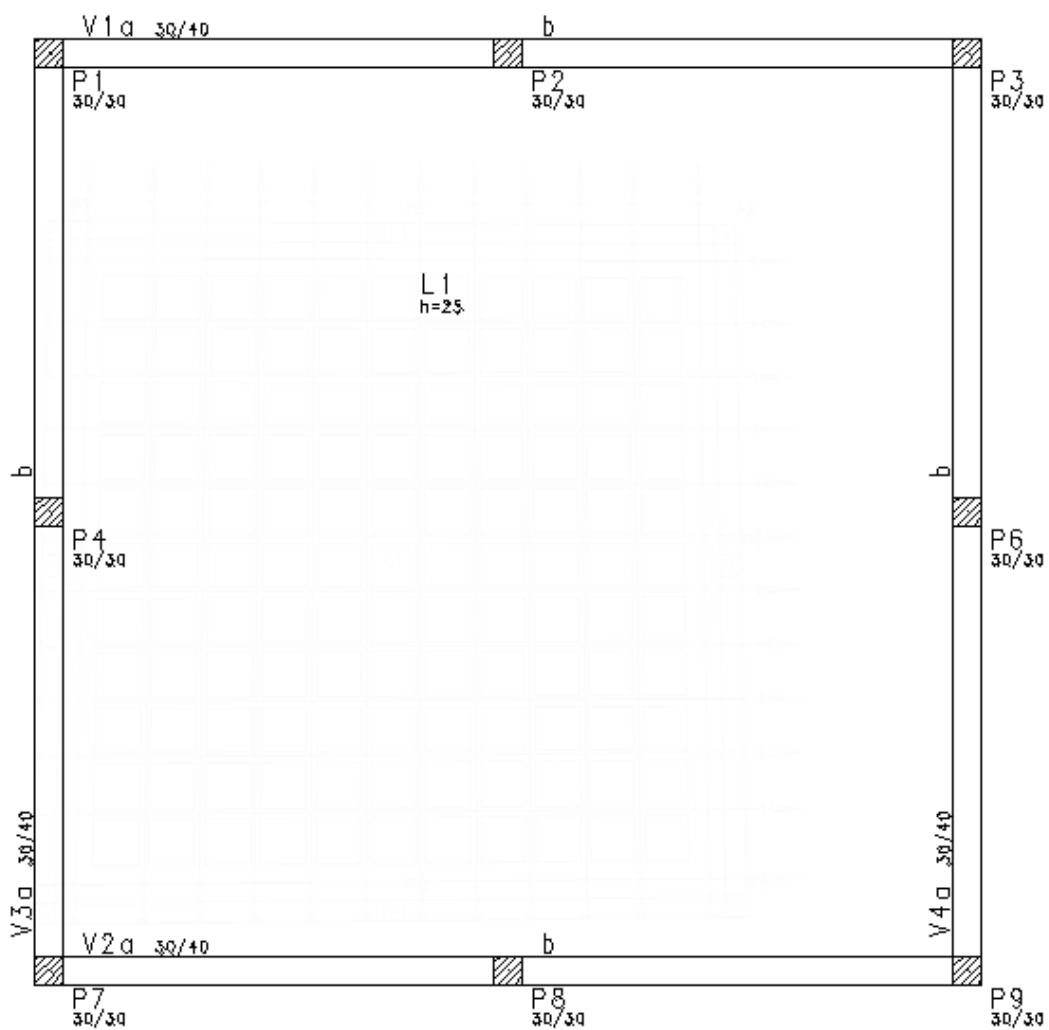


A protensão foi aplicada nas duas direções conforme imagem a seguir:

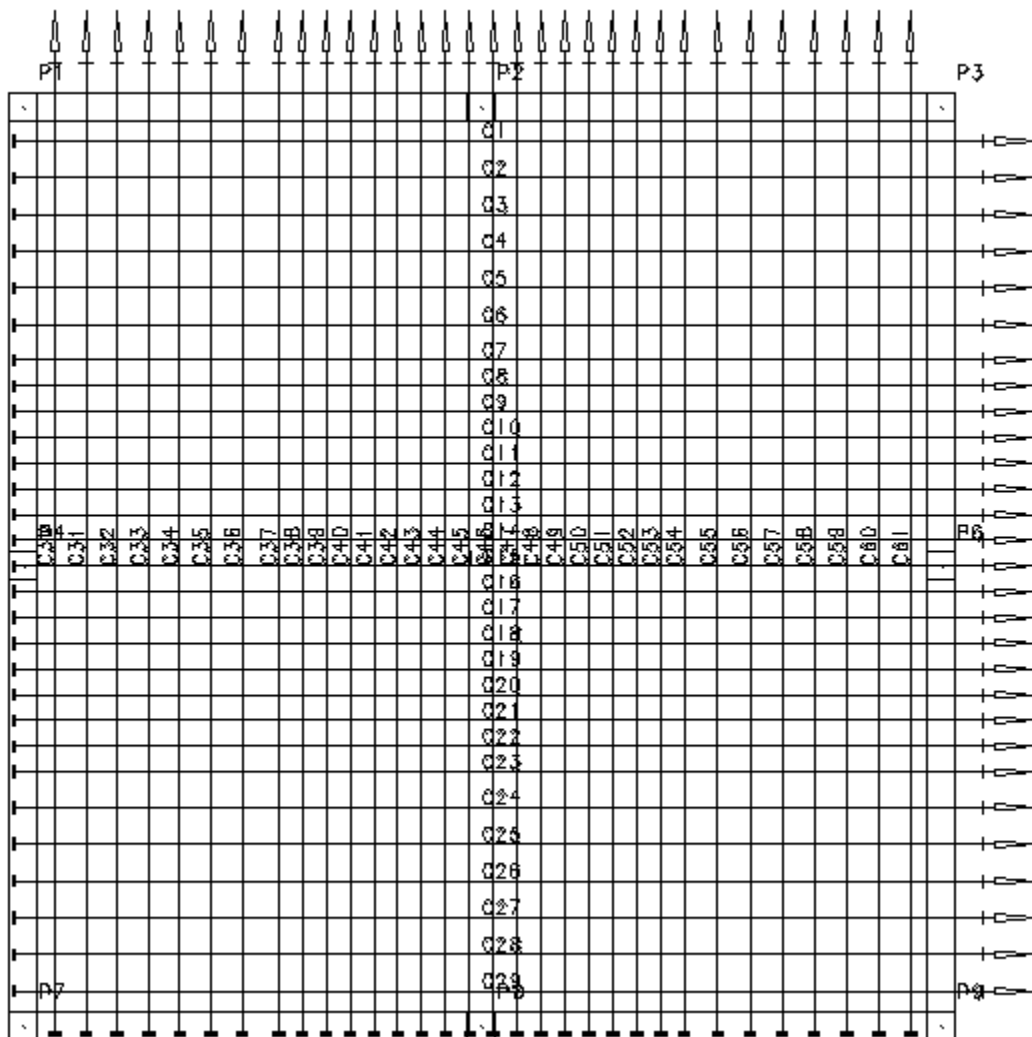


Quarta solução:

A quarta solução proposta é a composição dos pavimentos com lajes maciças protendidas conforme a forma a seguir:



A protensão foi aplicada nas duas direções conforme imagem a seguir:

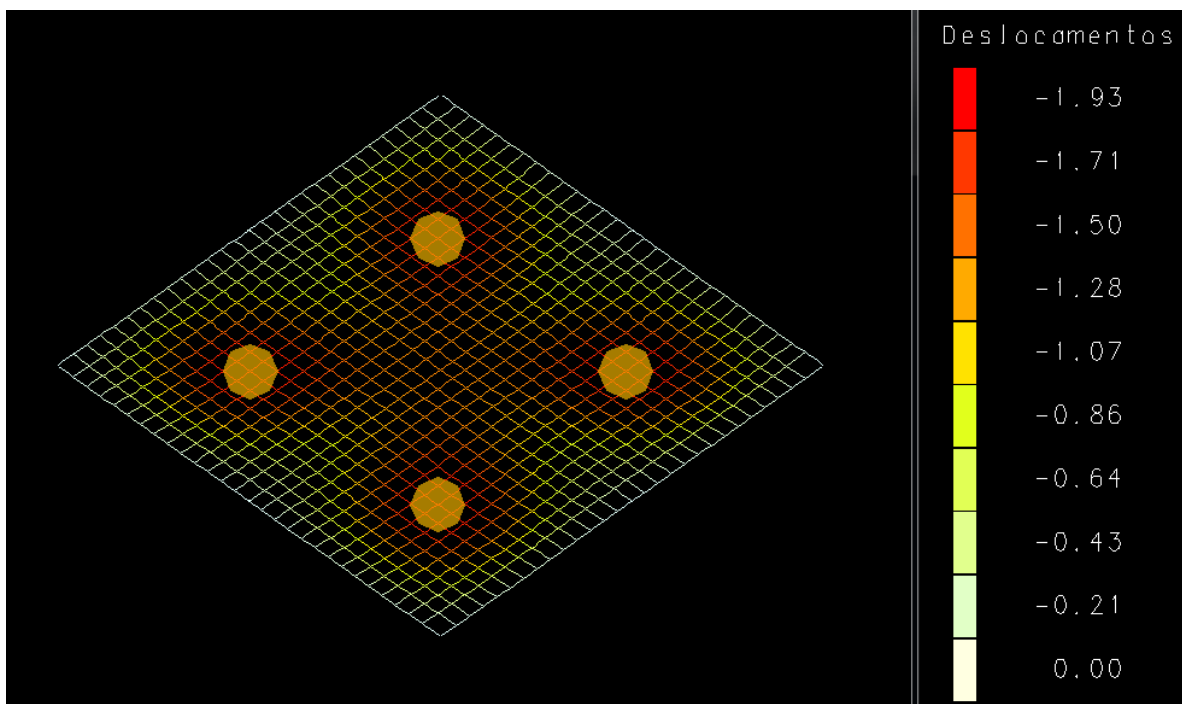


4.3 RESULTADOS

4.3.1 DEFORMAÇÕES

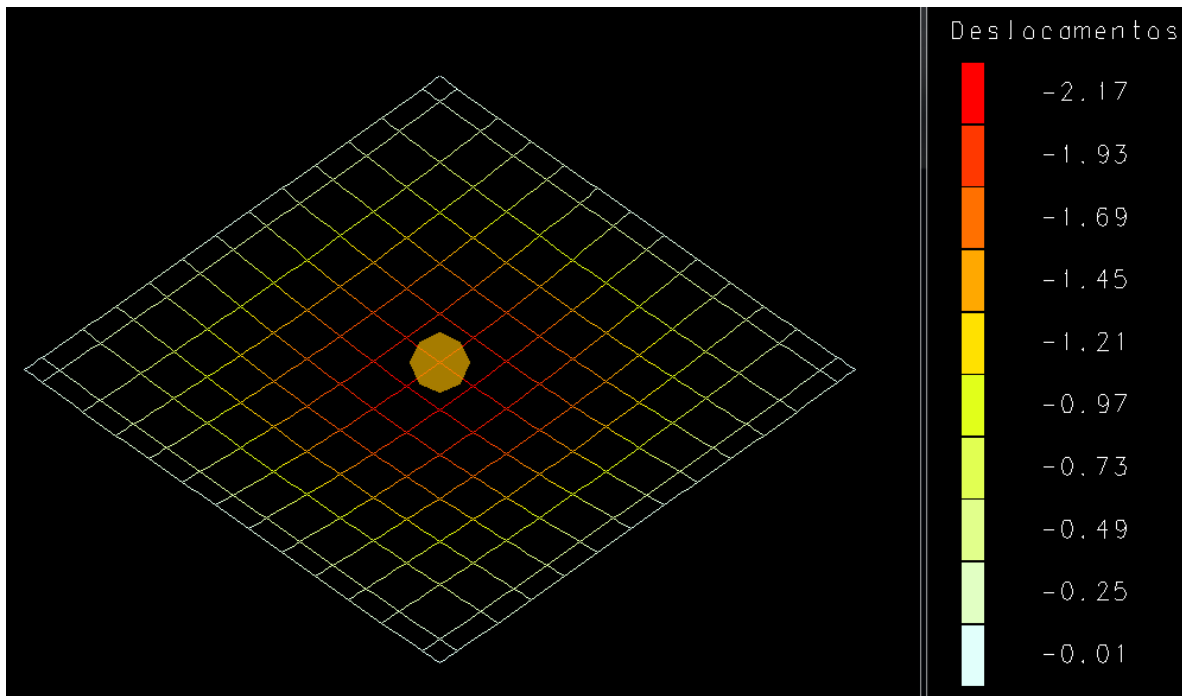
Considerando os casos de carregamento específicos para estruturas em concreto armado e em concreto protendido em serviço temos as seguintes estimativas de deformações ao longo do tempo:

Primeira solução:



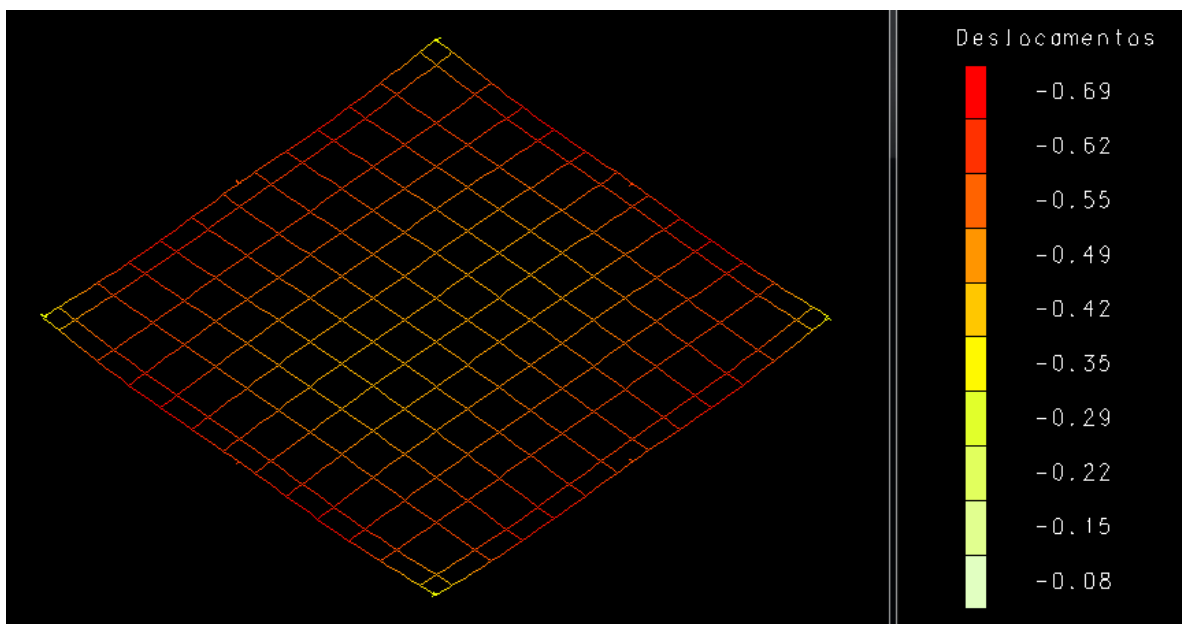
- Deslocamentos em cm.

Segunda solução:



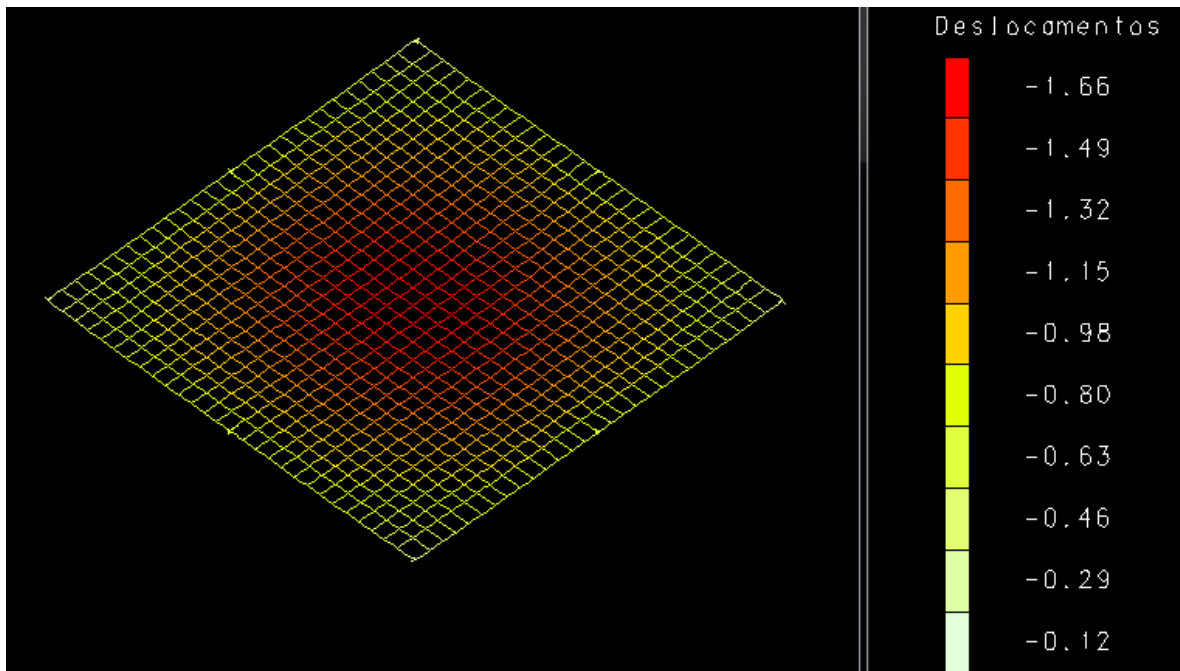
- Deslocamentos em cm.

Terceira solução:



- Deslocamentos em cm.

Quarta solução:



- Deslocamentos em cm.

De acordo com a NBR 6118 para uma laje de 10,00m de vão a deformação máxima é de $1000/250 = 4\text{cm}$. Dessa forma todas as quatro soluções apresentam deformações aceitáveis.

4.3.2 QUANTITATIVOS

TABELA DE QUANTITATIVOS - SOLUÇÃO I				
ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO	UNID.	QUANT.	UNITÁRIO (R\$)	TOTAL (R\$)
CONCRETO BOMBEADO FCK >=30MPa	m ³	98	R\$ 280,00	R\$ 27.440,00
FORMA DE MADEIRA CONVENCIONAL COM MÃO DE OBRA	m ²	922	R\$ 40,00	R\$ 36.880,00
AÇO CA50 COM MÃO DE OBRA	kg	7367	R\$ 9,00	R\$ 66.303,00
TOTAL:				R\$ 130.623,00
TABELA DE QUANTITATIVOS - SOLUÇÃO II				
LAJES NERVURADAS EM CONCRETO ARMADO	UNID.	QUANT.	UNITÁRIO (R\$)	TOTAL (R\$)
CONCRETO BOMBEADO FCK >=30MPa	m ³	185	R\$ 280,00	R\$ 51.800,00
FORMA DE MADEIRA CONVENCIONAL COM MÃO DE OBRA	m ²	290	R\$ 40,00	R\$ 11.600,00
ALUGUEL DE MOLDE RECUPERÁVEL PARA LAJE NERVURADA BIDIRECIONAL 800 (h=50) COM MÃO DE OBRA	un / 20 dias	605	R\$ 25,00	R\$ 15.125,00
AÇO CA50 COM MÃO DE OBRA	kg	9205	R\$ 9,00	R\$ 82.845,00
TOTAL:				R\$ 161.370,00
TABELA DE QUANTITATIVOS - SOLUÇÃO III				
LAJES NERVURADAS PROTENDIDAS	UNID.	QUANT.	UNITÁRIO (R\$)	TOTAL (R\$)
CONCRETO BOMBEADO FCK >=30MPa	m ³	134	R\$ 280,00	R\$ 37.520,00
FORMA DE MADEIRA CONVENCIONAL COM MÃO DE OBRA	m ²	285	R\$ 40,00	R\$ 11.400,00
ALUGUEL DE MOLDE RECUPERÁVEL PARA LAJE NERVURADA BIDIRECIONAL 800 (h=35) COM MÃO DE OBRA	un / 20 dias	605	R\$ 20,00	R\$ 12.100,00
AÇO CA50 COM MÃO DE OBRA	kg	3157	R\$ 9,00	R\$ 28.413,00
CABOS DE PROTENSÃO CP190 12.7 COM MÃO DE OBRA	kg	1442	R\$ 11,50	R\$ 16.583,00
TOTAL:				R\$ 106.016,00
TABELA DE QUANTITATIVOS - SOLUÇÃO IV				
LAJES MACIÇAS PROTENDIDAS	UNID.	QUANT.	UNITÁRIO (R\$)	TOTAL (R\$)
CONCRETO BOMBEADO FCK >=30MPa	m ³	151	R\$ 280,00	R\$ 42.280,00
FORMA DE MADEIRA CONVENCIONAL COM MÃO DE OBRA	m ²	775	R\$ 40,00	R\$ 31.000,00
AÇO CA50 COM MÃO DE OBRA	kg	2365	R\$ 9,00	R\$ 21.285,00
CABOS DE PROTENSÃO CP190 12.7 COM MÃO DE OBRA	kg	2932	R\$ 11,50	R\$ 33.718,00
TOTAL:				R\$ 128.283,00

5 CONCLUSÃO

Com o estudo da estrutura de um edifício garagem de 5 pavimentos em quatro tipos de soluções, pode-se observar que as estruturas em concreto protendido apresentaram valores de quantitativos de materiais menores do que as estruturas em concreto armado, sendo a solução 3 a de menor valor de custo total. Tendo em vista que as quatro soluções apresentaram deformações aceitáveis de acordo com a NBR 6118, o que torna todas as soluções válidas do ponto de vista estrutural, é possível concluir que a melhor solução em relação à viabilidade técnico/econômica é a solução que apresenta lajes nervuradas em concreto protendido.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2014) – **ABNT. NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**, Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1980) – **ABNT. NBR 6120 – Cargas para o cálculo de estruturas de edificações**, Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2003) – **ABNT. NBR 8681 – Ações e segurança nas estruturas**, Rio de Janeiro.
- ARAÚJO, J. M. de (2004). **Projeto estrutural de edifícios de concreto armado**. 1ª edição, Editora Dunas, Rio Grande, 2004.
- TQS INFORMÁTICA (2011). **Manual de Migração – Versão 16**. TQS Informática, São Paulo, 2011.
- ALEXANDRE A. EMERICK (2005) – **Projeto e execução de lajes protendidas**. 1ª edição, Editora Interciência, Rio de Janeiro, 2005.

MANUAL ATE