



**UNICEPLAC**

CENTRO UNIVERSITÁRIO

**Centro Universitário do Planalto Central Aparecido dos Santos - UNICEPLAC**

**Curso de Engenharia Civil**

**Trabalho de Conclusão de Curso**

**ESTUDO COMPARATIVO DE LAJES MACIÇAS  
DE CONCRETO ARMADO E LAJES LISAS DE  
CONCRETO PROTENDIDO NÃO ADERENTE**

Gama-DF

2022

**Bruno Hugo de Almeida Araújo**  
**Valgesange de Souza**

**ESTUDO COMPARATIVO DE LAJES MACIÇAS  
DE CONCRETO ARMADO E LAJES LISAS DE  
CONCRETO PROTENDIDO NÃO ADERENTE**

Monografia apresentada como requisito para  
conclusão do curso de Engenharia Civil do  
Centro Universitário do Planalto Central  
Apparecido dos Santos – Uniceplac.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> MSc. Natalia G Torres

S729e

Souza, Valgesange de.

Estudo comparativo de lajes maciças de concreto armado e lajes lisas de concreto protendido não aderente. / Souza, Valgesange de Souza, Bruno Hugo de Almeida Araújo. – 2021.

37 p.; il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Centro Universitário do Planalto Central Aparecido dos Santos - UNICEPLAC, Curso de Engenharia Civil, Gama-DF, 2021.

Orientação: Profa. Me. Natalia Gonçalves Torres.

1. Laje protendida. 2. Laje maciça. 3. Concreto. I. Araújo, Bruno Hugo de Almeida. II. Título.

CDU: 624

**Bruno Hugo de Almeida Araujo**

**Valgesange de Souza**

# **ESTUDO COMPARATIVO DE LAJES MACIÇA DE CONCRETO ARMADO E LAJES LISAS DE CONCRETO PROTENDIDO NÃO ADERENTE**

Monografia apresentada como requisito  
para conclusão do curso de Engenharia  
Civil do Centro Universitário do Planalto  
Central Aparecido dos Santos –  
Uniceplac.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> MSc Natalia G. Torres

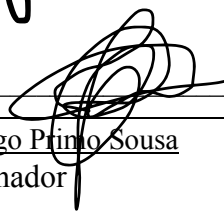
Gama, 11/ 02/2022.

## **Banca Examinadora**



---

Prof.<sup>a</sup> MSc Natalia G. Torres  
Orientador



---

Prof. MSc Thiago Primo Sousa  
Examinador



---

Prof. MSc Maycol Moreira Coutinho  
Examinador

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por ter dado saúde e força para superar as dificuldades.

A esta universidade, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbro um horizonte superior, eivado pela acendrada confiança no mérito e ética aqui presente.

A nossa família que nos deu apoio e tranquilidade para atravessar essa jornada.

A minha orientadora Natália Gonçalves Torres, pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da nossa formação , muito obrigado.

## **RESUMO**

Esse trabalho tem como objetivo fazer uma análise comparativa técnica entre a laje protendida lisa e a laje maciça, bem como, busca falar a respeito das respectivas vantagens e desvantagens. A fim de atender tal objetivo foi estabelecido a seguinte questão norteadora: Quais as diferenças entre a laje maciça e a laje protendida? Para tanto, o presente trabalho baseia-se em pesquisa bibliográfica, que permite resgatar conhecimentos já sistematizados em determinada área. Desta forma, foi realizada uma pesquisa em materiais publicados, livros e trabalhos acadêmicos, que embasaram a discussão aqui proposta. Diante de tudo que foi demonstrado, cabe concluir que a laje lisa protendida teve melhores resultados econômicos e técnicos, mas que outros fatores devem ser levados em consideração, cada sistema construtivo pode se sobressair em relação ao outro, dependendo do meio no qual está inserido e disponibilidade de mão de obra e equipamentos necessários para sua execução.

**Palavras-chave:** Laje Protendida; Laje Maciça; Concreto.

## ABSTRACT

This paper aims to make a technical comparative analysis between the prestressed flat slab and the solid slab, as well as to discuss their respective advantages and disadvantages. In order to meet this objective, the following guiding question was established: What are the differences between the flat slab and the prestressed slab? To this end, this study is based on bibliographic research, which allows the retrieval of knowledge already systematized in a given area. Thus, a search was made in published materials, books and academic papers, which supported the discussion proposed here. In view of everything that has been demonstrated, it is possible to conclude that the prestressed flat slab had better economic and technical results, but that other factors must be taken into account, each constructive system can stand out in relation to the other, depending on the environment in which it is inserted and availability of manpower and equipment necessary for its execution.

Keywords: Prestressed Slab; Solid Slab; Concrete.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Representação de uma laje	14
Figura 2 – Comportamento das Placas	15
Figura 3 – Representação de uma laje em concreto armado	15
Figura 4 – a) Laje com armadura nas duas direções. b) Vão de laje retangular armada em uma direção	16
Figura 5 – Representação de vinculação das lajes	17
Figura 6 – Fila horizontal de livros	21
Figura 7 – Representação esquemática de cordoalhas aderentes em corte longitudinal	22
Figura 8 – Reforço com protensão externa	22
Figura 9 – Laje em concreto protendido	23
Figura 10 – Esquema típico de montagem de uma laje lisa com monocordoalhas engraxadas	25
Figura 11 – Desenho arquitetônico do restaurante	26
Figura 12 – Planta de formas do restaurante e locação dos pilares	27
Figura 13 – Planta de formas do primeiro pavimento e locação dos pilares.	30

## LISTA DE QUADRO

Quadro 1 – Classes de agressividade ambiental (CAA)	19
Quadro 2 – Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para 10 mm	19
Quadro 3 – Características básicas dos sistemas de protensão aderente e não aderente	24
Quadro 4 – Comparativo do valor global do material de cada sistema estrutural	29
Quadro 5 – Espessuras de lajes lisas protendidas com cordoalhas engraxadas	30
Quadro 6 – Comparativo entre laje maciça e laje protendida	31

## **LISTA DE GRÁFICO**

Gráfico 1 – Comparativo do valor global do material de cada sistema estrutural

29

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
<b>2. JUSTIFICATIVA</b>	<b>13</b>
<b>3. METODOLOGIA</b>	<b>13</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>14</b>
<b>4.1. Lajes - Definição</b>	<b>14</b>
<b>4.2 Lajes Maciças de Concreto Armado</b>	<b>15</b>
4.2.1 Critérios de Cálculo para lajes maciças	16
4.2.2 Execução de lajes maciças	20
<b>4.3. sistema Estrutural De Laje Em Concreto Protendido</b>	<b>21</b>
4.3.1 Lajes Protendidas Pós Tracionadas	21
4.3.2 Laje protendida com aderência...	21
4.3.3 Laje protendida sem aderência	22
4.3.4 Equipamentos para protensão	24
<b>4.4. Considerações Econômicas</b>	<b>25</b>
<b>4.5. Considerações Técnica</b>	<b>30</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>33</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>34</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Ao longo da história, as construções realizadas pelo homem evoluíram significativamente, variando de acordo com a cultura da região. Assim, o ser humano saiu das cavernas e as novas habitações foram criadas a partir da união de materiais - madeira, solo, pedras. Com o advento da engenharia, ocorreu a mistura de saberes: conhecimentos adquiridos de geração para geração e os estudos empíricos, e por fim chegou-se aos sistemas estruturais atuais, tais como : Concreto armado, Concreto protendido, Alvenaria estrutural, Estrutura de madeira e Estrutura metálica. (ONOUYE; ZUBERBUHLER; CHING, 2015).

Segundo CARVALHO E FILHO (2012), sistemas estruturais são constituídos por elementos estruturais - peças que geralmente possuem uma ou duas dimensões preponderantes sobre os demais, tais como lajes, vigas e pilares. No Brasil, os elementos estruturais em concreto armado e concreto protendido são regulamentados pela NBR 6118 (2014).

Bastos (2006), relata que o primeiro registro do concreto armado foi na França em 1855, o francês Lambot utilizou argamassa e telas de aço para construir um barco. O concreto armado consiste na combinação de concreto simples e uma armadura de aço, combinando suas propriedades : à tração do aço e a compressão do concreto aumenta a resistência e, conseqüentemente, alcançando maiores vãos (BENEVOLO, 1976).

De acordo com Pereira ( 2015, p.1) em 1886, o americano P. J. Jackson fez a primeira tentativa de pré-tracionar a armadura do concreto. No final do século, já existiam diversos ensaios e pedidos de patente. Pfeil (1984) explica a protensão como um sistema no qual são introduzidas tensões prévias na estrutura que com o objetivo de melhorar o comportamento do concreto sob a ação de cargas.

Segundo Bastos (2015, p.1) Laje maciça são elementos compostos por concreto e aço, contendo armaduras longitudinais e em alguns casos transversais , em geral são apoiadas por vigas e paredes ao longo do seu perímetro.

De acordo a NBR 6118 (2014), às lajes protendidas podem ser definidas como sendo elementos de concreto protendido, que é aquele em que uma parcela das armaduras, é previamente alongado por meio de equipamentos específicos de protensão ou alongada posteriormente pós tracionada, essa última ainda se dividem entre protensão com aderência e protensão sem aderência.

As informações apresentadas no presente trabalho tem como objetivo explorar as características das lajes maciças e lajes protendidas - execução, composição dos custos, desenvolvimento de projeto, vantagens e desvantagens - de modo a auxiliar os profissionais na

escolha do sistema estrutural.

## **2. JUSTIFICATIVA**

De acordo com SOUZA (2009), a vida útil das estruturas dependem de bons projetos e planejamento adequado. Portanto, conhecer as características dos diversos sistemas estruturais fornecem aos projetistas uma visão mais ampla e melhor tomada de decisões.

A fim de atender aos objetivos da pesquisa, foi estabelecido a seguinte questão norteadora: Quais as diferenças entre a laje maciça e a laje protendida? Para isso, o presente trabalho baseia-se em pesquisa bibliográfica, que segundo RODRIGUES (2007), pode resgatar conhecimentos já sistematizados em uma determinada área.

As informações discutidas no presente trabalho, sobre diferentes sistemas estruturais, suas vantagens e desvantagens, aspectos técnicos e econômicos é de extrema importância ao trabalho do profissional da construção civil. Escolher dentre esses sistemas depende de uma análise criteriosa, sendo necessário esse estudo.

## **3. METODOLOGIA**

O desenvolvimento deste projeto teve como ponto inicial um estudo exploratório baseando-se na pesquisa bibliográfica, mais especificamente, objetivou-se analisar através da seleção em dois tipos de fontes: Google Acadêmico e Scielo. A pesquisa foi realizada nos meses de dezembro de 2021 a janeiro de 2022. As palavras chaves utilizadas foram: Laje Protendida e Laje Maciça e Concreto. Os artigos foram pesquisados na língua portuguesa, priorizando os artigos com data a partir de 2000.

Inicialmente os artigos foram definidos de acordo com os resumos e resultados, em seguida foram descartados os que eram pagos, os que não estavam disponíveis na íntegra e os que não apresentaram relevância para o desenvolvimento do trabalho, restando ao final apenas os artigos que tratam do tema em questão. Dos 47 artigos iniciais foram selecionados ao final 20 artigos para comporem o presente material.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

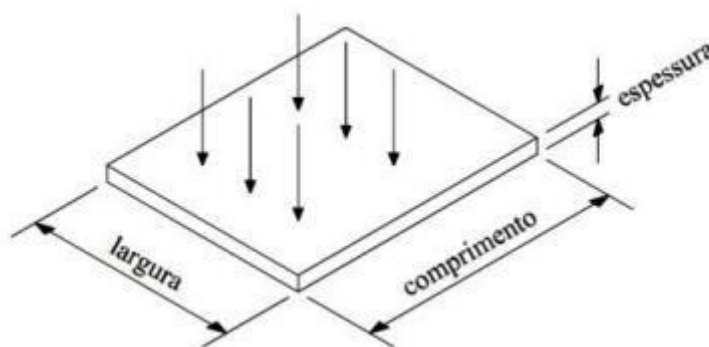
De acordo com SCHMIDT (2009), a opção por determinado sistema estrutural supõe

que existam viabilidade técnica, viabilidade econômica e conveniências arquitetônicas além das vantagens e desvantagens de cada sistema construtivo. Com foco nestes itens, que constatou-se ter uma predominância na literatura, chegou-se aos resultados descritos abaixo.

#### 4.1 Lajes - Definição

Segundo a NBR 6118 (2014) as lajes são constituídas de elementos planos, em geral horizontais que possuem três dimensões (largura, comprimento e espessura), sendo as duas primeiras, muito maiores que a terceira, conforme a Figura 1.

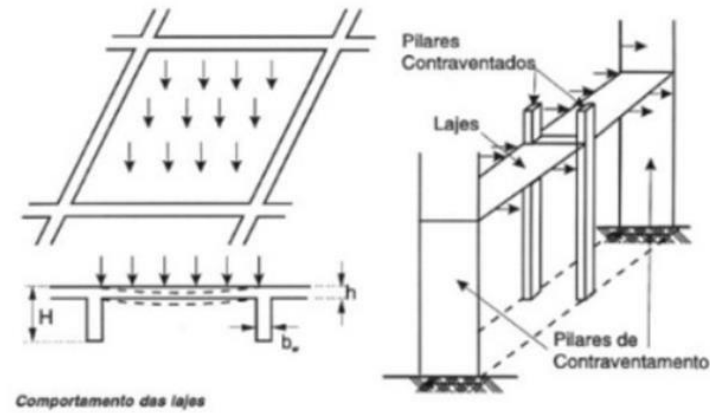
Figura 1- Representação de uma laje



Fonte - Franca e Fusco (1997).

As lajes são placas que têm como função receber os carregamentos atuantes no andar, tanto os de cargas permanentes, como os provenientes do uso da construção (pessoas, móveis e equipamentos), e transferi-los para os apoios. Além disso, travam os pilares e distribuem as ações horizontais entre os elementos de contraventamento (PINHEIRO; MUZARDO e SANTOS, 2010). A Figura 2 apresenta o sistema estrutural de concreto armado, os carregamentos atuantes, o sentido da carga e os elementos de contraventamento.

Figura 2 - Comportamento das Placas



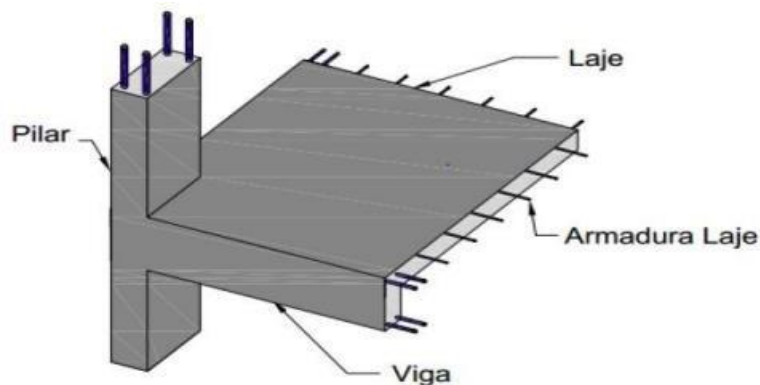
Fonte: Franca e Fusco (1997).

## 4.2 Lajes Maciças de Concreto Armado

A NBR 6118 (2014) cita que elementos de concreto armado são aqueles cujo comportamento estrutural depende da aderência entre concreto e armadura, e nos quais não se aplicam alongamentos iniciais das armaduras antes da materialização dessa aderência.

Segundo ARAÚJO (2003), as lajes maciças são placas de espessura uniforme, apoiadas ao longo do seu contorno (ver Figura 3). Os apoios podem ser constituídos por vigas ou alvenarias, sendo este o tipo de laje predominante nos edifícios residenciais, no qual, os vãos são relativamente pequenos.

Figura 3- Representação de uma laje em concreto armado



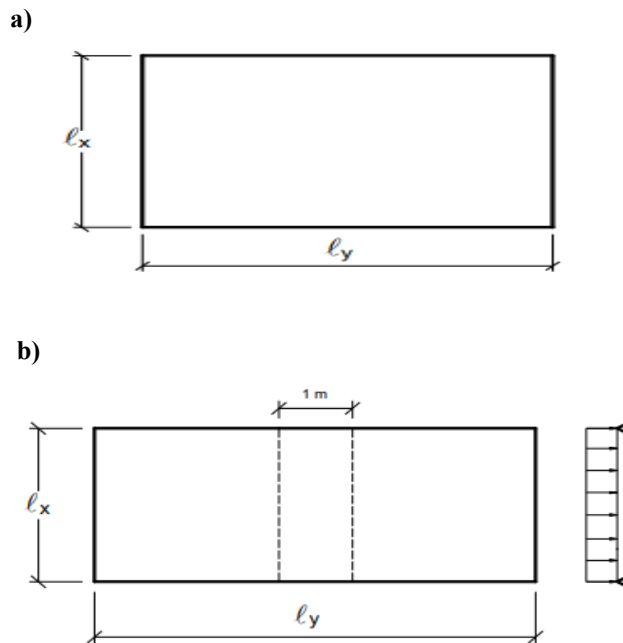
Fonte – Spohr (2008)

#### 4.2.1.1 Critérios de Cálculo para Lajes Maciças

##### Classificação quanto ao Vão

Há duas classificações principais para lajes maciças, as lajes armadas em cruz (armadura nas duas direções) e as lajes armadas em uma direção. Para as lajes serem armadas em cruz (ver Figura 4a) a relação entre o vão maior ( $l_y$ ) e o vão menor ( $l_x$ ) não é superior a 2, assim, os momentos fletores nas duas direções são consideráveis e devem ser calculados. Para as lajes serem armadas em uma direção (ver Figura 4b) deverá ter uma relação entre maior e menor vão superior a 2, neste caso sendo desprezado os momentos no maior vão, bastando apenas adotar uma armadura de distribuição nesse sentido (ARAÚJO, 2003).

Figura 4 – a) Laje com armadura nas duas direções. b) Vão de laje retangular armada em uma direção



Fonte – Bastos (2017)

##### Espessura










Dentro desse contexto, a NBR 6118 (2014) prescreve os limites mínimos para a espessura das lajes maciças, como 7 cm para cobertura não em balanço e 8 cm para lajes de piso não em balanço, tal como, 10 cm para lajes em balanço. E finalmente 10 cm para lajes que

suportem veículos de peso total menor ou igual a 30 KN e 12 cm para lajes que suportem veículos de peso total maior que 30 KN.

Vínculos nas lajes

Botelho e Marchetti (2010), destaca que o vínculo de uma estrutura é cada restrição ao seu giro, movimento verticais e horizontais. De acordo com PINHEIRO; MUZARDO E SANTOS (2010), é necessário identificar os vínculos das bordas das lajes. São três tipos: simplesmente apoiada, engastada e livre. Na borda apoiada e engastada não há deslocamentos verticais, o que não ocorre na borda livre e as rotações são impedidas nas bordas engastadas. A Figura 5 apresenta alguns casos com bordas apoiadas ou engastadas, as bordas livres em geral são consideradas apoiadas ou engastadas.

Figura 5 – Representação de vinculação das lajes.

Borda livre		Borda simplesmente apoiada		Borda engastada	
-----		—————		///////	
Caso	Vinculação	Caso	Vinculação	Caso	Vinculação
1		2A		2B	
Quatro bordas simplesmente apoiadas		Uma borda menor engastada		Uma borda maior engastada	
3		4A		4B	
Duas bordas adjacentes engastadas		Duas bordas menores engastadas		Duas bordas maiores engastadas	
5A		5B		6	
Uma borda maior apoiada		Uma borda maior apoiada		Quatro bordas engastadas	

Fonte – Libânio M. Pinheiro, Cassiane D. Muzardo, Sandro P. Santos (2003), (Adaptado)

### Ações nas lajes

As ações que atuam nas lajes vão desde seu próprio peso até pessoas, móveis, água, revestimento, paredes etc. As lajes ainda atuam distribuindo as ações do vento para os elementos de contraventamento.

A NBR 6118 (2014), elenca condições e valores de cargas para um projeto estrutural de edificações, as cargas são classificadas em:

4.2.1.1.1 Carga permanente (g): É o peso próprio da estrutura e dos elementos fixos e que fazem parte da edificação, tais como piso, parede, telhado etc.

4.2.1.1.2 Carga acidental (q): É a carga que a estrutura sofre em função do uso, como por exemplo: pessoas, materiais, equipamentos.

### Cobrimento Mínimo

A NBR 6118 (2014), expõe os critérios de projeto que visam a durabilidade dos elementos estruturais e fornece, em seu item 7.1, os valores para o cobrimento da armadura. O projeto de execução deve considerar o cobrimento nominal, ou seja, o cobrimento mínimo mais a tolerância de execução.

Para obter o cobrimento mínimo é necessário definir a Classe de Agressividade Ambiental a qual a estrutura se insere. O Quadro 1, extraído da NBR 6118:2014, demonstra as classes de agressividade ambiental para estruturas de concreto.

Quadro 1 - Classes de agressividade ambiental (CAA)

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
	I		Fraca
II	Moderada	Urbana <sup>a, b</sup>	Pequeno
III	Forte	Marinha <sup>a</sup> Industrial <sup>a, b</sup>	Grande
IV	Muito forte	Industrial <sup>a, c</sup> Respingos de maré	Elevado

<sup>a</sup> Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

<sup>b</sup> Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

<sup>c</sup> Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte – NBR 6118 (2014)

O Quadro 2 apresenta valores de cobrimento nominal dos elementos estruturais, para a tolerância de execução de 10 mm, em função da Classe de Agressividade ambiental.

Quadro 2 - Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para 10 mm

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV <sup>c</sup>
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje <sup>b</sup>	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo <sup>d</sup>	30		40	50
Concreto protendido <sup>a</sup>	Laje	25	30	40	50
	Viga/pilar	30	35	45	55

<sup>a</sup> Cobrimento nominal da bainha ou dos fios, cabos e cordoalhas. O cobrimento da armadura passiva deve respeitar os cobrimentos para concreto armado.

<sup>b</sup> Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal  $\geq 15$  mm.

<sup>c</sup> Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.

<sup>d</sup> No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal  $\geq 45$  mm.

Fonte - NBR 6118 (2014)

#### 4.2.1.2 Execução de Lajes Maciças

A execução pode ser dividida basicamente em sete etapas baseadas na NBR 6118:2007 : Confeção da fôrma de madeira e escoras; Colocação das armaduras; Instalação de caixas, tubos e eletrodutos; Preparação e lançamento do concreto; Adensamento do concreto; Cura do concreto; Retirada das fôrmas e escoras.

No sistema de lajes maciças as etapas para a produção da estrutura segundo Barros e Melhado (2006), são montagem das fôrmas de vigas e lajes, em seguida, montagem da armadura de vigas e lajes, depois concretagem de vigas e lajes, e desforma.

Para a liberação das fôrmas e consequente posicionamento das armaduras, deve-se proceder à verificação do posicionamento das fôrmas, recomendando-se que sejam verificados os pontos como o encontro viga/pilar, verificando possíveis frestas), bem como verificando o posicionamento das escoras das vigas, laterais das vigas e escoras das lajes; também distribuindo travessões e longarinas de apoio da laje e de painéis, verificando se há sobreposição ou frestas. Deve ser conferido os eixos de referência e localizada as “bocas” pilares e vigas, operando o alinhamento e prumo das escoras e nivelamento das vigas e lajes. Depois de verificado todos esses elementos, deve ser feita uma limpeza geral da forma, e aplicado o

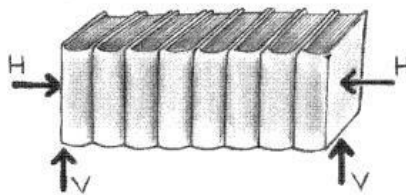
desmoldante quando for utilizado. Após liberadas as fôrmas, pode-se efetuar a concretagem dos pilares.

Após, considerando-se que as armaduras estejam previamente cortadas e pré-montadas, tendo sido devidamente controlado o seu preparo, tem início o seu posicionamento nas fôrmas, recomendando-se observar alguns procedimentos como por exemplo, antes de colocar a armadura da viga na fôrma, deve-se colocar as pastilhas de cobertura, como também, posicionar a armadura de encontro viga-pilar (amarração) quando especificada em projeto e marcar as posições das armaduras nas lajes. Feito isso, deve-se montar a armadura na laje com a colocação das pastilhas de cobertura com fixação da armadura com arame recozido n.º 18, posto isso, deve-se chumbar os ferros para definição dos eixos. Uma vez executada a armadura, deve-se proceder o controle de recebimento para liberação da laje para a concretagem.

#### 4.2.2 Sistema Estrutural de Laje em Concreto Protendido

De acordo com Pfeil (1984), a protensão consiste em introduzir na estrutura, tensões prévias para melhorar a resistência e seu comportamento, sob variadas condições de carga. Hanai (2005), explica que a protensão pode ser comparado com uma fila de livros na horizontal, para que os livros tenham equilíbrio como visto na Figura 6, é necessário aplicar uma força horizontal que comprima os livros, para isso é imprescindível que a força normal seja aplicada antes da força horizontal.

Figura 6 – Fila horizontal de livros



Fonte – Fundamentos do concreto protendido, Hanai (2005)

##### 4.2.2.1 Lajes Protendidas Pós Tractionadas

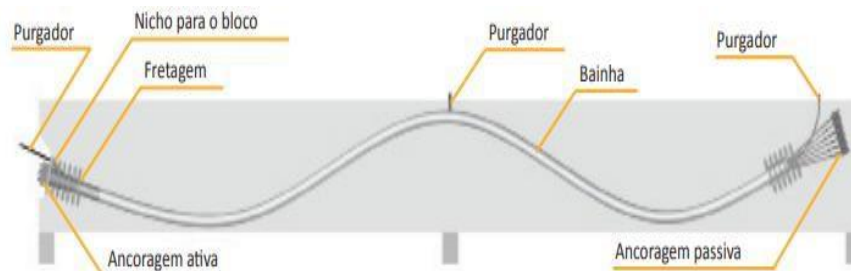
Segundo Carvalho (2012), as lajes protendidas, que são moldadas no local, segundo os estudos podem ser executadas com protensão aderente e não aderente. O primeiro tipo, ordinariamente é utilizado em lajes por meio de bainhas achatadas, nas lajes protendidas não aderentes, no entanto, é utilizado a protensão sem que haja a aderência, de modo que são

empregados cabos de monocordoalha engraxadas.

#### 4.2.2.2 Lage Protendida Com Aderência

Segundo Pedrozo (2008) quando se fala na protensão aderente, se está falando daquela em que o cabo de aço é alojado no interior de uma bainha, feita com material metálico, e logo após exige o alongamento por dispositivos hidráulicos. Após esse processo, essa proteção será injetada uma nata de cimento com a finalidade de garantia de aderência, esse sistema é composto basicamente por cordoalhas de aço, ancoragens, bainhas metálicas e purgadores como pode ser visto na (Figura 7).

Figura 7 - Representação esquemática de cordoalhas aderentes em corte longitudinal



Fonte –Rudloff (2015)

Ainda segundo o autor, esse é o tipo de protensão mais usado nas estruturas de grande porte, como nas pontes ou nos viadutos, como também é utilizado em estruturas que necessitam de reforços/recuperação estrutural, nesse caso a cordoalha se situa fora da seção transversal do concreto como exemplifica a (Figura 8).

Figura 8 - Reforço com protensão externa

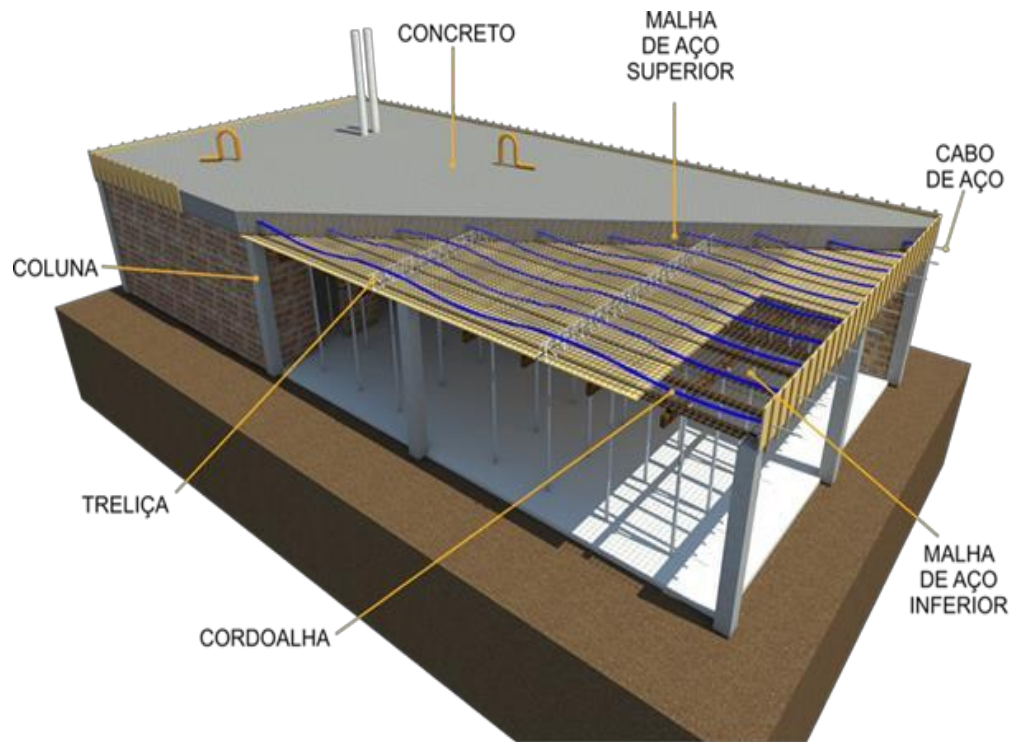


Fonte – Vitório e Barros (2014)

### 4.3.3 Laje Protendida Sem Aderência

Schmidt (2009) destaca que o sistema de protensão não aderente tem características próprias, os equipamentos são mais leves, o que simplifica a execução de peças protendidas, sendo fácil aplicar em obras de pequeno porte, possibilitando o uso em edifícios residenciais que pode ter vãos menores (Figura 9).

Figura 9 – Laje em concreto protendido



Fonte - Construindocasas.com.br (2021)

O quadro - 3 demonstra algumas características, elementos, operação e equipamento que diferencia os sistemas de protensão com e sem aderência.

Quadro 3 – Características básicas dos sistemas de protensão aderente e não aderente

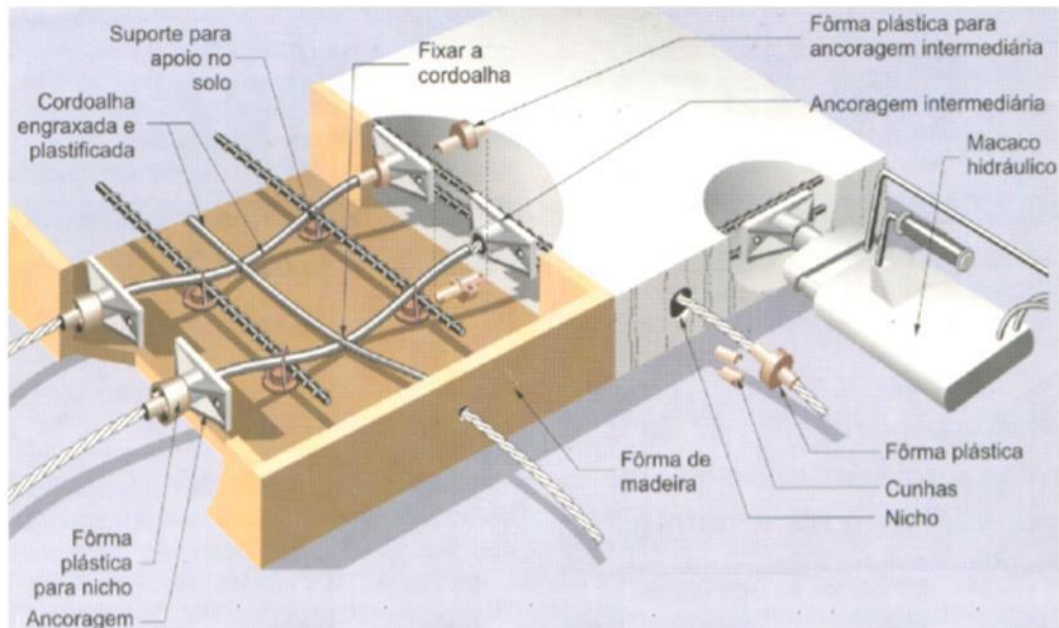
SISTEMA ADERENTE	SISTEMA NÃO ADERENTE
Usa bainha metálica para até quatro cordoalhas por bainha, em trechos de 6 m com luvas de emenda e vedação.	Sem bainha metálica. As cordoalhas vêm de fábrica com graxa e bainha plástica contínua.
O manuseio (enrolar e desenrolar) e feito com quatro cordoalhas ao mesmo tempo (aproximadamente 3,2 kg/m).	O manuseio é feito com uma cordoalha por vez (cerca de 0,89 kg/m).
Concretagem cuidadosa para evitar danos a bainha metálica (abertura da costura helicoidal).	Concretagem sem maiores cuidados, pois a bainha plástica de PEAD é resistente aos trabalhos de obra.
Usa macaco de fura central que precisa ser enfiado pela ponta da cordoalha (aproximadamente 50 cm da face do concreto).	Usa macaco de dois cilindros que se apoia na cordoalha junto a face do concreto
A protensão é feita em quatro níveis de pressão hidráulica, seguidas das respectivas leituras de alongamento, correção da tabela e medida da perda por acomodação da ancoragem.	A protensão é feita em uma só elevação de pressão, pois não há retificação da cordoalha (bainha justa).
Exigem lavagem das cordoalhas por dentro para a diluição de eventual pasta de cimento que poderia ter entrado e prendido as cordoalhas.	Lavagem desnecessária.
A água deve ser retirada por ar comprimido antes da injeção, para haver diluição da pasta.	Medida desnecessária.
Usa cimento em sacos para preparo da pasta de injeção, feito com misturador elétrico. A injeção é feita por bomba elétrica.	Medida desnecessária.

Fonte – Revista Técnica (1999)

#### 4.3.4 Equipamentos para Protensão

Segundo Emerick (2002) a operação com laje protendida, somente deve ser realizada por uma equipe especializada, com o auxílio de um macaco hidráulico, que esteja devidamente calibrado. Deve-se atentar para o fato de que essa calibragem, é realizada em conjunto com a bomba, de modo que será depois da calibração, para que possa ser garantido que esses equipamentos não sejam separados. Assim, o macaco hidráulico, deve ser colocado na borda da laje, como demonstra a Figura 10, e tem como objetivo esticar as cordoalhas, até que possam alcançar a força prevista no projeto.

Figura 10 - Esquema típico de montagem de uma laje lisa com monocordoalhas engraxadas



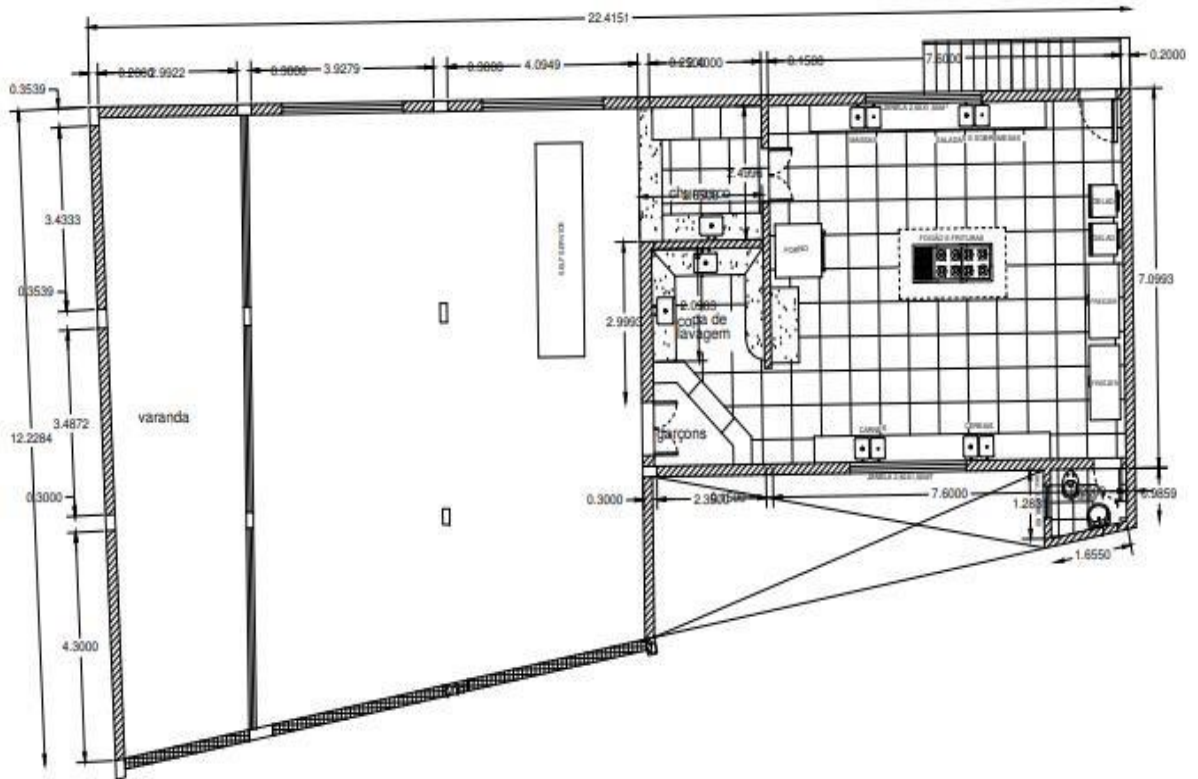
Fonte - Revista Técnica (1997)

#### 4.2.3 Considerações Econômicas

Neste item, o trabalho propõe verificar por um exemplo de outra pesquisa a diferença de custo entre um prédio de dois pavimentos executado com lajes lisas protendidas e o mesmo prédio projetado para o sistema com lajes maciças com vigas. Por fim aproveita-se para sustentar os resultados encontrados, descrevendo algumas considerações sobre o tema tendo base a pesquisa em outras publicações com o mesmo tipo de estudo comparativo.

Silva e Carvalho (2016), Trabalho de Conclusão de Curso, ESTRUTURAS EM CONCRETO ARMADO E CONCRETO PROTENDIDO CUSTOS E BENEFÍCIOS NA EXECUÇÃO DE OBRAS. O trabalho apresentado é um prédio para fins comerciais de alto padrão com dois pavimentos, uma garagem com 11 vagas, restaurante e um salão de festas, cada pavimento tem área de 206m<sup>2</sup>. A construtora foi a FREDENG Ltda, o projeto é a ampliação do empreendimento Vind's Hotel em Caratinga - MG a figura 11 traz a representação da planta arquitetônica do primeiro pavimento onde está localizado o restaurante.

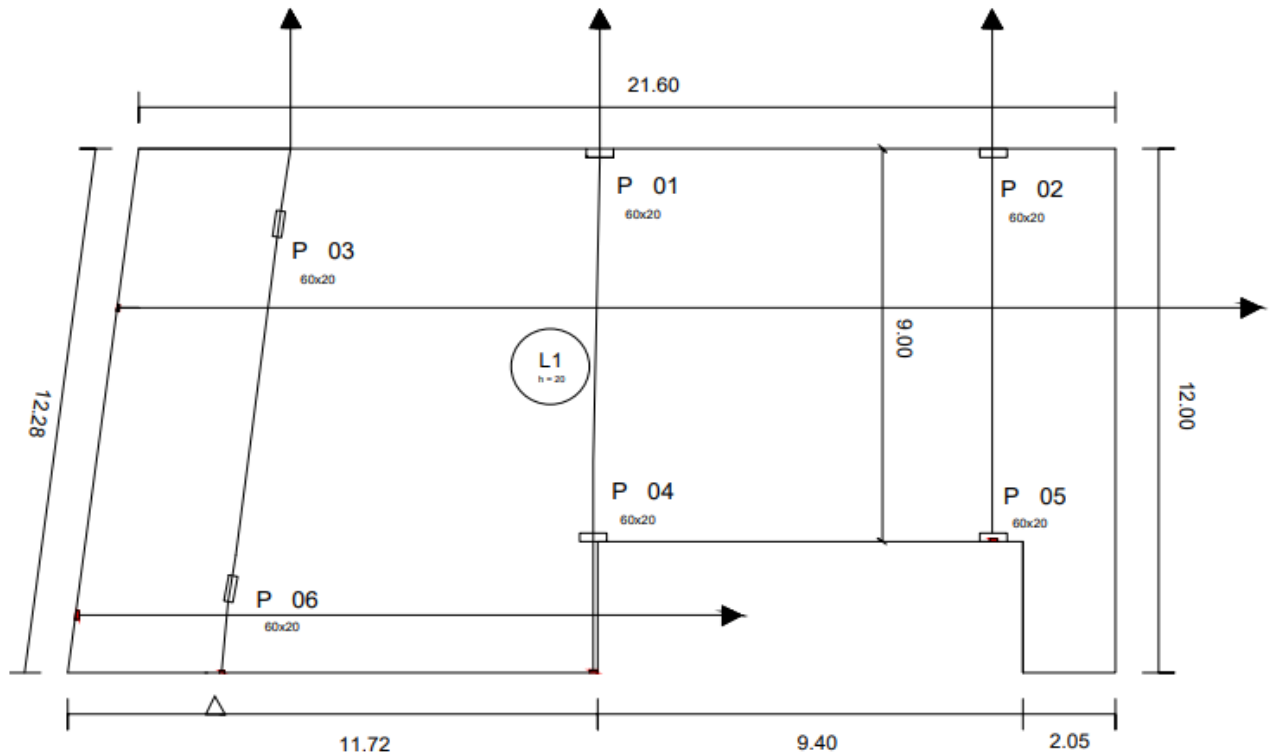
Figura 11 - Desenho arquitetônico do restaurante



Fonte - Silva e Carvalho (2016)

O projeto em concreto protendido que é o original em que o empreendimento foi construído é composto por apenas seis pilares, com altura da laje de 20cm, com sistemas de cordoalhas engraxadas não aderentes, concreto utilizado FcK de 30 MPa e aços CA- 50 tendo uma área total de 206m<sup>2</sup>. A Figura 12 abaixo, apresenta a planta de distribuição das cordoalhas no projeto estrutural de concreto protendido, bem como a disposição dos pilares e traçado das cordoalhas.

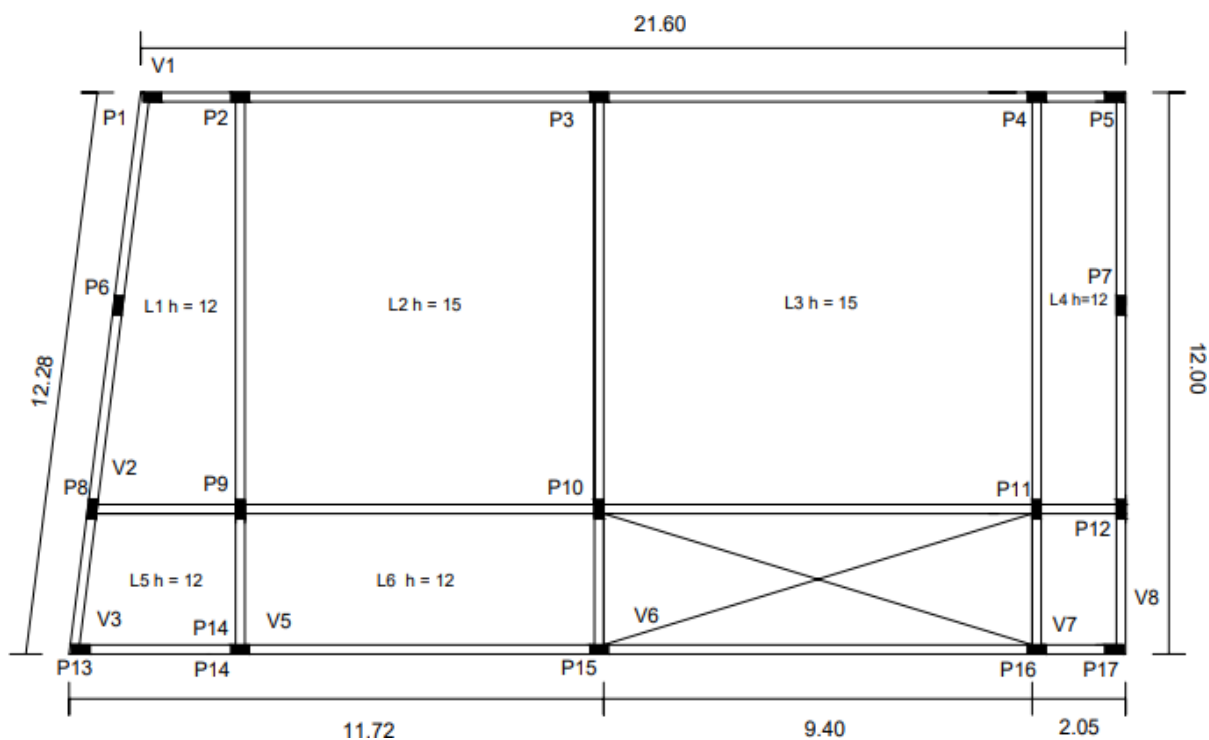
Figura 12 - Planta de formas do restaurante e locação dos pilares



Fonte - Silva e Carvalho (2016), (Adaptado)

O projeto em concreto armado foi elaborado pelo software CYPECAD, apenas para que fosse feito o levantamento do material e sendo possível fazer a comparação, objetivou-se o aproveitamento dos ambientes, para que não perdesse as características do projeto em concreto protendido, mas por tratar-se de outro modelo construtivo existem algumas mudanças as vigas e o aumento de pilares que agora totalizam 26, são as maiores mudanças. A Figura 13 traz a representação da planta de forma do primeiro pavimento, para o projeto em concreto armado, com a representação dos pilares e vigas. Simulando um outro, com mesma disposição arquitetônica e número de andares com pavimentos com cordoalhas engraxadas.

Figura 13 - Planta de formas do primeiro pavimento e localização dos pilares.



Fonte - Silva e Carvalho (2016), (Adaptado)

Será apresentado nesta seção os consumos e os valores do material utilizado em cada sistema estrutural, a fonte de preços e composições é a tabela TCPO ( PINI,2003 ), o Quadro dois demonstra os respectivos valores.

Quadro 4 - Comparativo do valor global do material de cada sistema estrutural.

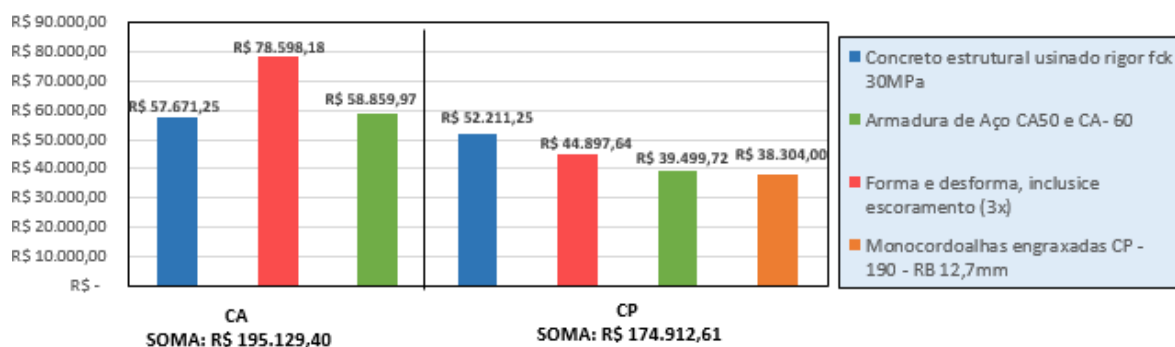
COMPOSIÇÕES	UN	CONCRETO ARMADO		
		Quantidade	Preço unitário	Preço Total
Concreto estrutural usinado rigor fck 30MPa	m <sup>3</sup>	169	R\$ 341,25	R\$ 57.671,25
Forma e desforma, inclusive escoramento (3x)	m <sup>3</sup>	1439	R\$ 54,62	R\$ 78.598,18
Armadura de Aço CA50 e CA - 60	Kg	12237	R\$ 4,81	R\$ 58.859,97
<b>TOTAL</b>				<b>R\$ 195.129,40</b>

COMPOSIÇÕES	UN	CONCRETO PROTENDIDO		
		Quantidade	Preço unitário	Preço Total
Concreto estrutural usinado rigor fck 30MPa	m <sup>3</sup>	153	R\$ 341,25	R\$ 52.211,25
Forma e desforma, inclusive escoramento (3x)	m <sup>3</sup>	822	R\$ 54,62	R\$ 44.897,64
Armadura de Aço CA50 e CA - 60	Kg	8212	R\$ 4,81	R\$ 39.499,72
Monocordoalhas engraxadas CP - 190 - RB 12,7mm	Kg	3.192,00	R\$ 12,00	R\$ 38.304,00
<b>TOTAL</b>				<b>R\$ 174.912,61</b>

Fonte - Silva e Carvalho (2016), (Adaptado)

Pode-se notar no Gráfico 1 que entre as estruturas em estudos o consumo de concreto foi mais alto, 16 m<sup>3</sup> de diferença, financeiramente a estrutura em CA é R\$5.461,60 mais onerosa que CP. Essa diferença se dá pelo fato das estruturas em CP não utilizar vigas como o sistema convencional e a quantidade de pilares é bem menor. Quanto à forma, foi considerado no orçamento para utilizar as mesmas três vezes. Em comparação, a área de formas do projeto original com laje em concreto protendido apresentou uma economia de 615 m<sup>2</sup> em relação ao sistema estrutural em CA.

Gráfico 1 - Comparativo do valor global do material de cada sistema estrutural.



Fonte - Silva e Carvalho (2016), (Adaptado)

Como foi exposto no quadro anterior, houve uma diferença econômica entre a solução real em concreto protendido e a solução hipotética em concreto armado para essa edificação, a diferença é de R\$ 20.117,21 (vinte mil, cento e dezessete reais e vinte um centavos). Apesar que a comparação exposta aqui leva em consideração apenas os custos do material, outros casos que essa pesquisa compilou em geral reflete o caso exposto, Nascimento (2014) do ponto de vista de economia no prazo final da obra, o concreto protendido possui características que podem ser determinantes numa análise de custo global, quando comparado ao concreto armado.

De acordo com Nunes (2019) o resultado da estrutura em lajes lisas resultou em valor de custo final menor, principalmente pela possibilidade de se diminuir os custos indiretos da execução da estrutura.

A laje em concreto protendido apesar de ter uma espessura maior que a laje em concreto armado e os valores por quilo da cordoalha engraxada serem superiores ao aço usado no sistema em concreto armado a montagem do sistema em concreto protendido tem um custo menor pois como exposto na tabela acima a diferença mais significativa é na produção de formas, para casos em que há a repetibilidade de pavimentos a laje em concreto armado perderia a vantagem econômica de possuir uma mão de obra mais barata, para efeitos de exemplo o projeto em concreto armado exposto na Figura 13 tem doze pilares a mais que o projeto em concreto

protendido, sendo que ainda há as vigas que consomem muitas horas de trabalho e material com a presença de recortes. Porém esses custos podem variar a escolha que mais se adequa inclui muitos fatores, como equipe de trabalho, equipamentos, região e controle sobre a execução do sistema escolhido.

#### 4.2.4 Considerações Técnicas

Linck (2013), relata que nas execuções dos dois sistemas construtivos, que o sistema em concreto protendido leva vantagem quanto a velocidade da execução, devido a ausência de vigas há menos armações e formas, mesmo que a colocação de cordoalhas para o sistema protendido seja um processo mais técnico e requeira profissionais mais qualificados, esse sistema apresentou vantagens quanto ao número de escoras e uma obra mais limpa.

Segundo Castro (2011), a laje protendida vence vãos que seriam inviáveis de serem vencidos com concreto armado, acarretando maiores possibilidades arquitetônicas com menores restrições ao aproveitamento dos espaços, devido à maior distância entre os pilares. O Quadro 5 demonstra a relação indicada entre vãos e espessura mínima.

Quadro 5 - Espessuras de lajes lisas protendidas com cordoalhas engraxadas

<b>VÃO LIVRE ENTRE APOIOS (metros)</b>	<b>ESPESSURA MÍNIMA (cm)</b>
até 7,0	16
de 7,0 até 8,0	18
de 8,0 até 9,0	20
de 9,0 até 10,0	22
de 10,0 até 11,0	24
<b>Faixa econômica: 7,0 a 9,0 metros (h = 18 a 20cm)</b>	

Fonte – Emerick (2002)

Nunes (2019) quando se usa a solução da laje lisa em concreto protendido se tem uma tripla vantagem, a saber: uma espessura e um gasto de concreto bem menor, uma menor reação de peso próprio nos pilares e fundação, e finalmente vencer maiores vãos com espessuras menores, viabilizando-se vãos em torno de 7,0 mt, o qual dificilmente em concreto armado viabilizaria em laje lisa, conduzindo então para uso em concreto armado de lajes apoiadas em vigas.

Bastos (2019), expõe que o concreto protendido, alia aços de resistências mais elevadas que o de concreto armado o que possibilita diminuir ou eliminar tensões de fissuração e tração,

deixando as peças mais rígidas e flechas menores, trazendo vantagens econômicas e técnicas, para vãos acima de 10 a 12 metros.

Hanai (2005), cita que o sistema protendido requer um controle mais rigoroso de qualidade de materiais e na execução, o que inclui pessoal mais especializado e equipamentos levando a um custo mais elevado, ele afirma que as diferenças entre os métodos construtivos são essencialmente tecnológicas.

Os autores defendem que o concreto protendido se torna mais economicamente viável em função do vão, e sua escolha poderia se tornar mais onerosa em função da mão de obra, essa realidade pode ter mudado, pois os estudos econômicos do item 4.4 demonstraram que o custo do concreto protendido é em média 15% mais barato em todos na predominância dos casos pesquisados, principalmente com serviço de fabricação de fôrmas para lajes maciças que possuem vigas, logo precisam de mais tempo de trabalho, a superioridade tecnológica e técnica do sistema protendido é comprovada também, através do item 4.4 que indica que o tempo de escoramento é menor determinando assim economia e maior velocidade construtiva (BASTOS, 2019; HANAI, 2005).

Com base nos estudos desses autores ainda é possível salientar outras características e informações, o Quadro 6 demonstra essas comparações entre os dois sistemas.

Quadro 6 - Comparativo entre laje maciça e laje protendida

COMPARATIVO		
SISTEMA ESTRUTURAL	VANTAGENS	DESVANTAGENS
LAJE PROTENDIDA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redução na espessura das lajes, acarretando uma significativa redução na altura total do prédio e consequentemente um menor peso total da estrutura – minimizando os custos com fundações. (CAUDURO, 2005)</li> <li>• A ausência das vigas, por exemplo, facilita sensivelmente a instalação de dutos em projetos hospitalares e de dutos de ar-condicionado. (SCHMIDT, 2009)</li> <li>• A redução do peso total ou de partes do edifício diminui o custo das fundações. (EMERICK, 2002)</li> <li>• Considerando o aspecto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O uso de cabos não aderentes não é recomendado para estruturas expostas a agentes corrosivos e cargas dinâmicas. (BASTOS, 2019)</li> <li>• Um maior nível de tecnologia na sua execução, além de equipamentos, dispositivos, cilindros e bombas hidráulicas. (EMERICK, 2002)</li> <li>Aberturas e demolições em lajes são mais arriscadas no sistema engraxado. (SCHMIDT, 2009)</li> </ul>

	<p>construtivo permitem de uma maneira geral velocidade e repetição nas formas</p> <p>requisitos básicos para a racionalização e dependo da espessura do elemento</p> <p>permitem inclusive o embutimento de pequenas tubulações.</p> <p>(CARVALHO, 2013)</p>	
LAJE MACIÇA	<ul style="list-style-type: none"> <li>•As peças de concreto armado oferecem maior resistência ao fogo e isolamento térmico e baixa manutenção.</li> </ul> <p>(BASTOS, 2019)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Durante muito tempo foi o sistema estrutural mais utilizado nas construções de concreto armado, por isso, a mão de obra já é bastante treinada.</li> </ul> <p>(NERVO, 2012)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Peso próprio elevado</li> </ul> <p>(BASTOS, 2019)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Alto consumo de fôrmas e escoramento.</li> </ul> <p>(NERVO, 2012)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Tempos de execução das fôrmas e do processo de desforma muito grandes.</li> </ul> <p>(NERVO, 2012)</p>

Fonte - Autor (2021)

### 4.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Já se passaram quase cem anos que os primeiros prédios em concreto armado foram erguidos, procurou-se modificar os sistemas construtivos para que melhorasse aspectos construtivos, custo e aplicações mais rápidas sem perder de foco a segurança, foram surgindo outros modelos construtivos e no caso das lajes dentro do próprio concreto surgiram modelos

pré-moldadas, nervuradas o sistemas protendido que mesmo sendo usado há muito tempo só vem ganhando espaço agora com o sistema de cordoalhas engraxadas. Desta forma o objetivo deste estudo visou demonstrar as diferenças entre lajes maciças de concreto armado e lajes lisas de concreto protendido, um tema de suma importância para se entender os aspectos diferentes entre o concreto armado convencional e o concreto protendido que não é tão conhecido no Brasil.

Diante de tudo que foi, o sistema de lajes lisas se mostrou uma boa alternativa quando se deseja vãos maiores principalmente na questão econômica mas salientando que outros aspectos também são importantes não só o custo direto, fatores como tempo de execução da obra e aspectos arquitetônicos devem ser levados em conta, foi demonstrado que cada sistema tem suas vantagens e desvantagens, o que depende muito em relação ao meio que está inserido, bem como em relação ao projeto e disponibilidade de mão de obra e equipamentos para sua execução.

Portanto, esse estudo bibliográfico demonstrou que a escolha de um determinado sistema construtivo deve ter parâmetros observados entre o arquiteto, engenheiro e financiador do projeto.

Em síntese, espera-se que essa pesquisa possa contribuir para a escolha do meio construtivo mais adequado.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, J. M. Curso de concreto armado. 2. ed. Rio Grande: Dunas, 2003. v. 1

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

BARROS, M. M. S. B.; MELHADO, S. B. Recomendações para a produção de estruturas de concreto armado em edifícios. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. Versão Ampliada e atualizada em 2006: Mercia Maria S. Bottura de Barros e Viviane Miranda Araújo, a partir do texto original de 1998. Apostila da disciplina PCC – 2435: Tecnologia da Construção de Edifícios I.

BASTOS, P. S. S. Notas de aula: Fundamentos do concreto protendido. Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista, UNESP, Bauru, SP, 2019. Disponível em:< [wwwp.feb.unesp.br/pbastos](http://wwwp.feb.unesp.br/pbastos)>.

BENEVOLO, Leonardo. História da arquitetura moderna. São Paulo: Perspectiva, 1976.

BOTELHO, M. H. C; Concreto armado eu te amo para arquitetos. São Paulo: Edgard Blucher, 2005

BOTELHO, M. H. C.; MARCHETTI, O. Concreto armado: eu te amo. Vol.2. 3ª ed. rev. e ampl. São Paulo: Blucher, 2010.

CARVALHO, R. C; PINHEIRO, L. M. Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado. 2. ed. São Paulo: Pini, 2013 v. 2.

CARVALHO, R. C. Estruturas em Concreto Protendido: Cálculo e Detalhamento. 1. ed. São Paulo: PINI, 2012.

CASTRO, S. V. de. Concreto protendido - vantagens e desvantagens dos diferentes processos de protensão do concreto nas estruturas: vantagens e desvantagens dos diferentes processos de protensão do concreto nas estruturas. 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUOS-9AEKDH>. Acesso em: 28 set. 21.

CARVALHO E SILVA, R. Trabalho de conclusão de curso, Estruturas em concreto armado e concreto protendido custos e benefícios na execução de obras, 2016.

CONSTRUINDO CASAS. Disponível em: <http://construindocasas.com.br>. 2021.

EMERICK, A. A. Projeto e Execução de Lajes Protendidas. Brasília, 2002. Disponível em:<[http://www.deecc.ufc.br/Download/TB812\\_Estruturas%20de%20Concreto%20Protendido/LP.pdf](http://www.deecc.ufc.br/Download/TB812_Estruturas%20de%20Concreto%20Protendido/LP.pdf)> Acesso em: 15 set 2021.

FRANCA, A. B. M; FUSCO, P. B. As lajes nervuradas na moderna construção de edifícios. São Paulo, AFALA E ABRAPEX, 1997.

FREDEG. Projetos Arquitetônicos. 2008. <https://obranobrasil.com/empresa-construtora-fredeng-em-caratinga-18120>

GRAFF, S. Análise Comparativa de Sistemas Estruturais Compostos por Vigas e Lajes Maciças ou Nervuradas em Edifícios. 2015. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2015.

HANAI, J. B. de. Fundamentos de Concreto Protendido. São Carlos: Universidade de São Paulo, 2005. Disponível em: [http://www.set.eesc.usp.br/mdidatico/protendido/arquivos/cp\\_ebook\\_2005.pdf](http://www.set.eesc.usp.br/mdidatico/protendido/arquivos/cp_ebook_2005.pdf).

LINCK, R.B. Lajes lisas protendidas por cordoalhas engraxadas: avaliação do processo executivo em comparação ao do concreto armado convencional em edificações residenciais. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2013.

NERVO, R. Análise Comparativa dos Sistemas Estruturais de Lajes Convencionais e Lajes Nervuradas. 2012. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, RS, 2012.

NUNES, H. Análise do sistema e construção civil construtivo de edifícios de múltiplos pavimentos no Brasil em lajes lisas com cordoalhas engraxadas. Programa de Pós-graduação Em Estruturas e Construção Civil. Universidade Federal de São Carlos, 2019.

ONOUYE, B. S.; ZUBERBUHLER, D.; CHING, Francis D. K.; Sistemas Estruturais Ilustrados. Porto Alegre: Bookman, 2010.

PASSAMANI, V. Análise comparativa de custo direto de sistemas estruturais de lajes de concreto armado e concreto protendido para pavimentos tipo de edifícios. 2019. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2019.

PEDROZO, D. G. E. Estudo De Modelos Para Projeto De Lajes Lisas Protendidas. 2008. 141f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Programa De Pós-Graduação Em Engenharia Civil, Florianópolis, 2008.

PFEIL, W. Concreto Protendido: Introdução. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1984. v. 1. Van

PINHEIRO, L. M., MUZARDO, C. D., & SANTOS, S. P. Lajes Maciças. São Carlos, São Paulo: EESC, 2010.

REVISTA TÉCHNE. 1997. Disponível em: <http://www.politech.poli.br/imprensas/Revistas>

REVISTA TÉCHNE. 1999. Disponível em: <http://www.politech.poli.br/imprensas/Revistas>

RIBAS, R. A. J. Capítulo 5: lajes. Notas de Aula. Ouro Preto, UFOP: 2015. Disponível em: [http://www.em.ufop.br/deciv/departamento/~rovia/Cap5\\_Const%20Conc%20Arm\\_Lajes\\_A.pdf](http://www.em.ufop.br/deciv/departamento/~rovia/Cap5_Const%20Conc%20Arm_Lajes_A.pdf).

RUDLOFF. Concreto Protendido. Catálogo. Rev. 6, 11/2015. Disponível em (1/02/2019): [http://www.rudloff.com.br/downloads/catalogo\\_concreto\\_protendido\\_rev-06.pdf](http://www.rudloff.com.br/downloads/catalogo_concreto_protendido_rev-06.pdf)

RODRIGUES, W. C. Metodologia Científica. FAETEC/IST, 2007.

SCHMIDT, M. T. Lajes Planas Protendidas. 3. ed. rev. e ampl. São Paulo: Rudloff Sistema de Protensão Ltda., 2009. Publicação técnica n. 1.

SOUZA, V. C. M.; RIPPER, T; PATOLOGIA, RECUPERAÇÃO E REFORÇO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO. São Paulo: PINI, 2009.

SPOHR, V. H. Análise comparativa: sistemas estruturais convencionais e estruturas de lajes nervuradas. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós- graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2008.

VERGARA, S. C. Projetos e relatórios de pesquisa em administração. 16 ed. São Paulo: Atlas, 2016.

VITÓRIO, J. A. P.; BARROS, R. M. M. C. A utilização do Eurocódigo em Projetos de Alargamento e Reforço de Pontes Rodoviárias de Concreto. VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas. Rio de Janeiro, RJ, 2014