

CENTRO UNIVESITÁRIO ATENAS

CLÁUDIO DA SILVA MELO

ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO: análise
comparativa da eficiência das lajes maciças e lajes nervuradas
em um depósito de um supermercado

Paracatu

2019

CLÁUDIO DA SILVA MELO

ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO: análise comparativa da eficiência das lajes maciças e lajes nervuradas em um depósito de um supermercado

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Atenas, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Estruturas.

Orientador: Prof. Msc. Pedro Henrique Pedrosa de Melo.

Paracatu

2019

CLÁUDIO DA SILVA MELO

ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO: análise comparativa da eficiência das lajes maciças e lajes nervuradas em um depósito de um supermercado

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Atenas, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Estruturas.

Orientador: Prof. Msc. Pedro Henrique Pedrosa de Melo.

Banca examinadora:

Paracatu-MG, _____ de _____ de _____.

Prof. Msc. Pedro Henrique Pedrosa de Melo
Centro Universitário Atenas

Prof. Carlos Eduardo Ribeiro Chula
Centro Universitário Atenas

Prof. Matheus Dias Ruas
Centro Universitário Atenas

Dedico ao meu pai, minha mãe, meus irmãos, em especial a minha filha Isabella por ser compreensiva todo este tempo e a todos os meus amigos e colegas pelo apoio e incentivo durante toda esta jornada de 5 anos. Obrigado e Deus abençoa a todos!

AGRADECIMENTOS

Hoje na concretização desse sonho, agradeço a todos que me acompanharam nesta caminhada, aqueles em algum momento entraram em minha e passaram a fazer parte dela.

Agradecer é reconhecer que em algum momento se precisou de apoio, carinho, compreensão e que alguém se dispôs a ajudar.

Obrigado a todos que estiveram ao meu lado, dando incentivo em momentos de desafios, compartilhando as alegrias e vitórias, sempre confiante em meu potencial, todos sabem o quanto foram e são importantes para mim.

Agradeço a Deus, aos meus pais, a minha filha, minha família e meus amigos, um caminho feito de perseverança é sempre recompensado no final.

Agradeço também ao amigo prof. Carlos Eduardo Ribeiro Chula, prof. Matheus Dias Ruas, prof. Ellen M. S. Cardoso, meu orientador Pedro Henrique Pedrosa de Melo, pelo apoio sempre, com sua dedicação, isso me fez crescer profissionalmente, mas também como pessoa cada dia.

É com vocês que comemoro esta grande conquista.

Enfim, obrigado a todos que contribuíram para a realização de mais um sonho de me tornar um ENGENHEIRO CIVIL.

"Se quer viver uma vida feliz,
amarre-se a uma meta, não a pessoas
nem a coisas".

Albert Einstein

RESUMO

No segmento atual da construção civil, existe à disposição uma diversidade de tipos de lajes, sendo recomendado cada uma para uma determinada necessidade, ou em alguns casos, tem-se mais de uma opção a ser analisada e aplicada. Relacionado a esta situação, decidiu-se que o tema deste trabalho trata de uma análise comparativa que aborda os aspectos eficiência, custos e vantagens entre as lajes maciças e as nervuradas, avaliando qual seria a melhor opção a ser executada em um depósito de mercadorias de um supermercado. Além do objetivo principal de fazer uma análise comparativa, tem-se como objetivos: citar e analisar tanto a laje maciça quanto a nervurada; apresentar o projeto estrutural das lajes a serem avaliadas no estudo de caso; e apontar ao final o tipo de laje mais adequado de acordo com as condições do depósito do supermercado. Ao término do trabalho fica constatado que o custo da laje maciça utilizada no depósito de supermercado é maior que o custo da laje nervurada, que seria a mais indicada para a necessidade da edificação, visto que ambas suportam a mesma carga intensa de mercadorias a ser depositada sobre elas.

Palavras-chave: Laje Maciça. Laje Nervurada. Análise Comparativa.

ABSTRACT

In the current segment of civil construction, a diversity of slab types is available, each of which is recommended for a particular need, or in some cases, there is more than one option to be analyzed and applied. Related to this situation, it was decided that the theme of this paper is a comparative analysis that addresses the efficiency, costs and advantages aspects between the massive and the ribbed slabs, evaluating what would be the best option to be executed in a warehouse of goods of a supermarket. In addition to the main objective of making a comparative analysis, we have as objectives: to quote and to analyze both the massive and the ribbed slab; present the structural design of the slabs to be evaluated in the case study; and to indicate at the end the most appropriate type of slab according to the conditions of the supermarket deposit. At the end of this paper, it is verified that the cost of the solid slab used in the supermarket deposit is greater than the cost of the ribbed slab, which would be the most suitable for the need of the building, since both bear the same heavy load of goods to be deposited about them.

Keywords: *Slab Massive. Slab Ribbed. Comparative Analysis.*

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

NBR Norma Brasileira Regulamentadora

GO Goiás

RS Rio Grande do Sul

Kg/m² Quilograma por metro quadrado

Kg Quilograma

m³ Metro cúbico

m² Metro quadrado

m Metro

cm Centímetro

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA	11
1.2 HIPÓTESES	11
1.3 OBJETIVOS	12
1.3.1 OBJETIVO GERAL	12
1.3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	12
1.4 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO	12
1.5 METODOLOGIA DO ESTUDO	12
2 AS LAJES E SUAS FUNÇÕES	14
2.1 LAJE MACIÇA	15
2.2 LAJE NERVURADA	16
2.3 COMPARATIVO TEÓRICO ENTRE LAJES MACIÇAS E NERVURADAS	17
2.4 IMPORTÂNCIAS DO USO DE LAJES MACIÇAS E NERVURADAS	18
2.5 APLICAÇÕES MAIS COMUNS DAS LAJES MACIÇAS E NERVURADAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	20
3 ESTUDO DO TRABALHO	21
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	24
REFERÊNCIAS	26
APÊNDICE A	28
APÊNDICE B	29
APÊNDICE C	30
APÊNDICE D	31
APÊNDICE E	32
APÊNDICE F	33

1 INTRODUÇÃO

A construção civil está em constante processo de evolução, nos últimos anos tal evolução ocorre de forma ainda mais acentuada. A cada dia surgem novos materiais e novas técnicas na busca por melhoramentos no desempenho e segurança das construções, e igualmente almejando a redução de gastos da execução (SILVA, 2010).

As inovações nem sempre suprimem as técnicas antigas, como bem esclarece Pilotto Neto (2018) embora os métodos e materiais construtivos alterem-se ao longo do tempo, muitos antigos princípios que norteiam as construções permanecem aplicáveis no cenário contemporâneo.

A questão principal na engenharia será sempre a manutenção da segurança e estabilidade da estrutura. Para segurança de uma estrutura de forma a garantir sua utilização é preciso se evitar estados limites, ou seja, “colapso, ou qualquer outra forma de ruína estrutural, que determine a paralisação do uso da estrutura” (ABNT, 2014). Justamente por isso é preciso uma análise estrutural que considere todas as possíveis influências que possam comprometer a segurança da estrutura (ABNT, 2014).

No contexto da segurança das estruturas que se encontra a laje, que compoendo a denominada engenharia estrutural, tem importante função de auxiliar na estabilidade das obras de engenharia, de modo a permitir que elas desempenhem suas funções, a saber, abrigar, conter, movimentar e transpor, por isso é muito importante a escolha adequada de todas as técnicas e materiais (PILOTTO NETO, 2018).

As lajes, sinônimo usual das placas de concreto, são definidas pela NBR 6118 como “elementos de superfície plana sujeitos principalmente a ações normais do plano” (ABNT, 2014). Elas servem para receber os carregamentos atuantes no piso e transferi-los para os apoios de modo a preservar a integridade da estrutura (PINHEIRO, 2003).

As lajes podem ser classificadas por quatro critérios distintos, quanto à execução, quanto a secção transversal, quanto à armação e quanto ao apoio. Na primeira subdivisão as lajes podem ser moldada *in loco* ou pré moldada, quanto a armação elas podem ser armadas em uma ou duas direções, no que tange ao apoio

este pode ser em pilares ou em alvenaria/vigas estrutural. Enfim quanto a secção transversal as lajes podem ser maciças ou nervuradas (CUNHA, 1998).

As lajes podem ser maciças ou nervuradas, as primeiras tem toda a espessura preenchida pelo concreto (GUIMARÃES *et al.*, 2017), já as segundas inovam no ponto em que não se preenchem completamente, são provenientes da técnica que afasta o concreto da secção transversal e por isso são mais leves que as lajes maciças (PINHEIRO, 2009).

Cunha e Sousa (1998) apresentam a laje nervurada como uma técnica considerada inovadora com relação à laje maciça, sendo apontada como mais vantajosa em diversos quesitos, especialmente por diminuir o peso da estrutura e trazer um melhor isolamento térmico e acústico (CUNHA, 1998).

No entanto como bem infere Carvalho e Pinheiro (2009) as lajes maciças também apresentam suas vantagens, dentre as quais está a minimização dos esforços e pouca deformação. Justamente por isso Guimarães *et al.* (2017) destaca que a seleção por um ou outro tipo de laje deve ser feita considerando as especificidades da obra e destinação da estrutura.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Em termos de custo, eficiência e viabilidade de execução, qual tipo de laje melhor se adequa ao projeto estrutural apresentado?

1.2 HIPÓTESES

- a) Opta-se pelas lajes maciças já que as mesmas proporcionam alto grau de resistência as trincas e fissuras, além de ótimo isolamento térmico e acústico, no entanto, houve um grande aumento do modelo de construção com o uso de lajes nervuradas.
- b) Para se determinar a melhor estratégia, é importante ter em mente que a laje nervurada vem sendo classificada como uma solução ágil e econômica nas obras civis. Logo, devem-se levar em conta diversos quesitos antes de escolher o método a ser empregado, tais como:

quantidade de pavimentos, quantidade de concreto e aço, maior produtividade e agilidade da obra, redução de fundações entre outros.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GERAL

Fazer a análise comparativa entre lajes maciças e nervuradas levando em conta a resistência, a viabilidade econômica e disponibilidade das mesmas para o projeto estrutural estudado.

1.3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- a) Apresentar os sistemas estruturais das lajes maciças e lajes nervuradas.
- b) Realizar um comparativo entre lajes maciças e nervuradas para o projeto apresentado.
- c) Determinar no estudo de caso, o tipo de laje mais adequada para ser utilizada no supermercado abordado.

1.4 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO

Em razão do aprimoramento constante do setor da construção civil como todo é muito importante analisar as novas técnicas e materiais e comparar tais resultados, com vistas a proceder a escolha mais adequada, no caso específico das lajes, a comparação é necessária para definir qual é mais viável a estrutura tanto do ponto de vista dos custos quanto sob a ótica técnica do comportamento na estrutura (SILVA, 2010), sendo justamente essa a justificativa para a escolha do tema do presente trabalho.

1.5 METODOLOGIA DO ESTUDO

O método de pesquisa descreve as técnicas e procedimentos utilizados do estudo na consecução dos objetivos e metas almejados (GIL, 2010). Conforme Cervo (2002) a técnica consubstancia a forma de execução do segmento do método, onde

este se refere aos procedimentos utilizados pelos pesquisadores na busca dos conhecimentos.

No que tange os objetivos do estudo a pesquisa pode ser exploratória, descritiva ou explicativa. A pesquisa explicativa é destinada a apresentar o porquê, os fenômenos e/ou fatos que contribuem para ocorrência de certos eventos, de forma a conhecer mais profundamente a realidade. De outro lado a pesquisa exploratória subsidia uma maior familiaridade com tema, em geral envolvendo pesquisa bibliográfica. Enfim a pesquisa descritiva, como infere-se do próprio nome é voltada para descrever características de certas populações e fenômenos (GIL, 2010).

Considerando que a pesquisa descritiva analisa dados sem alterá-los, verificando somente as ocorrências sob determinadas condições (CERVO, 2002). Para comparação da eficiência das lajes maciças e nervuradas a pesquisa será descritiva, ao passo que descreverá as características e comportamentos de cada uma das lajes analisadas sem, contudo, interferir nesses dados.

Quanto ao procedimento técnico o trabalho contará com o estudo de caso para averiguar na prática a comparação entre os dois tipos de lajes, conforme Gil (2010) o estudo de caso aprofunda o estudo do objeto e permite seu conhecimento apontando, assim espera-se conhecer detidamente a atuação e características das lajes maciça e nervuradas, bem como os custos oriundos de cada técnica, para melhor escolher entre uma e outra.

Enfim é importante considerar ainda que o trabalho conta com um referencial teórico elaborado com a técnica da pesquisa bibliográfica, aquela “realizada com base em fontes disponíveis, como documentos impressos, artigos científicos, livros, teses, dissertações” (MARCONI; LAKATOS, 2017), a pesquisa bibliográfica é um importante técnica de pesquisa que permite o conhecimento teórico acerca do tema e posterior comparação prática e teoria.

1.5.1 Local do estudo

Como o estudo se propõe a comparar a eficiência de lajes maciças e nervuradas, serão verificados no prédio de um supermercado para depósito de alimentos, sendo o mesmo com laje maciça e laje nervurada, localizado na cidade de Paracatu-MG.

A escolha da obra foi feita, considerando a especificidade de ser no prédio de um supermercado para depósito de alimentos, de modo a possibilitar uma comparação proporcionalmente equivalente de todos os itens analisados.

2 AS LAJES E SUAS FUNÇÕES

As lajes são elementos planos bidimensionais, assim considerados pelo fato da largura e comprimento serem da mesma grandeza e bem maiores que a espessura, terceira dimensão (BASTOS, 2015). Na definição, sob a ótica estrutural, a laje corresponde aos “elementos estruturais de superfície plana, de concreto, cuja dimensão perpendicular à superfície (espessura), é relativamente pequena se comparada à largura e ao comprimento. Elas são sujeitas principalmente a ações normais a seu plano” (GUIMARÃES *et al.*, 2017).

Cunha e Souza (1998) informam que as lajes constituem elemento básico de uma estrutura que tem como função da segurança a estrutura seja distribuindo as cargas horizontais que nela atuam, seja transmitindo o carregamento aplicado diretamente no piso para os pilares ou vigas. De acordo com Pilotto Neto (2018):

As lajes se apoiam em vigas, que por sua vez se apoiam em pilares que transmitem as cargas às suas fundações. As lajes têm como função receber as cargas verticais que atuam na estrutura, transmitindo-as para os respectivos apoios, que basicamente são vigas localizadas em suas bordas. A sustentação da laje nas bordas pode se dar de duas formas: simplesmente apoiada sobre a alvenaria no respaldo da parede ou engastada pelas bordas.

As cargas atuantes sobre as lajes referem-se aos esforços que as estruturas se submetem quando carregadas, podendo tais esforços serem internos ou externos, e ainda oriundos de cargas permanentes ou acidentais, em todo caso eles atuam ao longo da estrutura e no seu interior. Permanentemente atual sobre a estrutura o seu próprio peso, medido pelo peso de cada elemento construtivo, quanto as cargas acidentais, elas referem-se as sobrecargas provenientes da destinação e ocupação da construção de acordo com sua destinação (SALGADO, 2014).

Pinheiro, Muzardo e Santos (2003) destacam que as cargas que atuam sob as lajes são as mais diversas, pois além do peso das paredes, divisórias, piso, forro e revestimentos, ela ainda suporta todas as cargas de uso, correspondente aos móveis, equipamentos e a própria movimentação dos indivíduos.

Neste sentido Bastos (2015) preceitua que a destinação das lajes é “receber a maior parte das ações aplicadas numa construção, normalmente pessoas, móveis, pisos, paredes, e os mais variados tipos de cargas que podem existir em função da finalidade arquitetônica do espaço que a laje faz parte”.

Sem dúvida a laje, juntamente com a viga e o pilar, são os elementos estruturais de maior destaque, desde os tempos mais remotos a laje se faz presente nas construções (GUIMARÃES *et al.*, 2017).

2.1 LAJE MACIÇA

As lajes maciças, de acordo com Silva (2010), são de uso mais antigo, sendo bastante utilizadas por muitos anos em razão da simplicidade da execução e segurança, referem-se a placas planas de concreto armado de espessura definida. No conceito atribuído por Bastos (2015) esta laje apoia-se em vigas ou paredes ao longo das bordas e toda a sua espessura é composta de concreto, contendo sempre armaduras longitudinais de flexão e eventualmente armaduras transversais.

Araújo (2003) define a laje maciça como “placas de espessura uniforme, apoiadas ao longo de seu contorno, os apoios podem ser constituídos por vigas ou por alvenarias, sendo este tipo de laje predominante nos edifícios residenciais, onde os vãos são relativamente pequenos”. É digno de nota, mencionar que a laje maciça pode ser perfeitamente utilizada não somente edificações residenciais, mas também em comerciais e industriais.

A laje maciça é o nome atribuído ao elemento plano cuja função é receber o carregamento do andar e distribuir o peso por toda a estrutura. É importante considerar o que foi mencionado por Guimarães *et al.* (2017):

São aquelas nas quais toda a espessura é composta por concreto, contendo armaduras longitudinais de flexão e eventualmente armaduras transversais, e apoiadas em vigas ou paredes ao longo das bordas. Lajes com bordas livres são casos particulares das lajes apoiadas nas bordas.

Com relação a esse tipo de laje é importante mencionar ainda que as características da laje maciça em relação a viga são bastante satisfatórias, considerando que ela tem estado de deformação inferior ao do elemento com

comportamento de viga e submete-se a esforços de menor intensidade (CARVALHO; PINHEIRO, 2009).

2.2 LAJE NERVURADA

As lajes nervuradas denominam as estruturas que deixam o concreto mais espaçado, e assim forma as nervuras que dão nome a laje, segundo foi observado por Pinheiro (2009):

Um sistema estrutural que procura afastar o concreto da seção transversal da linha neutra, aumentando a altura da laje, o que proporciona um maior braço de alavanca, formando um conjunto de nervuras, em um ou em duas direções com espaçamentos uniformes entre si.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas, por meio da NBR 6118. Define lajes nervuradas como “lajes moldadas no local ou com nervuras pré-moldadas, cuja zona de tração para momentos positivos esteja localizada nas nervuras entre as quais pode ser colocado material inerte” (ABNT, 2014).

A partir do conceito trazido pela Norma Regulamentadora infere-se que as lajes nervuradas, quanto à execução, podem ser moldadas no local ou pré-moldadas ou, no primeiro caso a laje já é executada em sua posição definitiva, já no último, em regra, a nervura executa-se em local diverso da construção. Salientando que em qualquer dos casos é possível utilizar materiais de enchimento ou manter os espaços vazios para reduzir o peso da laje (SILVA, 2005).

É importante destacar que esse material inerte é chamado de elemento de enchimento, o qual conforme NBR refere-se ao componente pré fabricado com materiais inertes diversos, maciços ou vazados, que tem a função de diminuir o volume do concreto, diminuindo o peso próprio da laje, além de ser fôrma para concreto complementar (ABNT, 2002).

Souza e Lopes (2016) advertem que em estruturas de múltiplos pavimentos as lajes nervuradas moldadas *in loco* são as mais utilizadas, ora utilizando materiais de enchimento, ora fôrmas removíveis, em alguns casos optando pelo concreto protendido e outros pelo concreto armado.

Em razão da redução do peso da estrutura, quando opta-se pelo não enchimento, esse tipo de laje tem sido cada vez mais utilizado, as fôrmas plásticas sem dúvida aumentaram tal utilização considerando especialmente que permitem a

montagem *in loco* das nervuras sem enchimento por um custo bem inferior as fôrmas de madeira que eram utilizadas nos primórdios das lajes nervuradas (SILVA, 2005).

2.3 COMPARATIVO TEÓRICO ENTRE LAJES MACIÇAS E NERVURADAS

Considerando as constantes inovações do setor da construção civil é sempre preciso comparar as novas técnicas e materiais com aqueles já existentes, buscando estabelecer qual é o mais indicado para cada situação, seja pela técnica, seja pelo custo, justamente sob tal afirmação assenta-se a comparação das lajes maciças e nervuradas, cada uma tem suas características próprias, a primeira foi difundida por muitos anos, desde os primórdios das construções, a segunda embora mais nova também já é utilizada há mais de 150 anos (SILVA, 2010).

Importa ao presente estudo a classificação pelo critério da secção transversal, que alude as lajes maciças e nervuradas. Destaca-se oportunamente que ambos os tipos de lajes podem ter apoio discreto, quando feito diretamente em pilares; apoio contínuo propiciado por paredes de concreto, vigas ou alvenaria estrutural; ou ainda bordas em balanço (SILVA, 2005).

Schwetz (2011) aponta a laje nervurada como uma evolução das lajes maciças, o autor considera que a eliminação da parte do concreto da zona de tração propicia mais leveza e melhor aproveitamento dos materiais. Corroborando Cunha e Sousa (1998) apontam a laje nervurada como mais econômica, melhor aproveitada e mais flexível a projetos arquitetônicos, uma vez que a redução do peso permite espaçar mais os pilares e liberar maior espaço na edificação.

Neste sentido Guimarães *et al.*(2017) reitera que a laje nervurada é uma alternativa da laje maciça, mencionando dentre as vantagens desta substituição a eliminação do concreto abaixo da linha neutra e conseqüente possibilidade de aumentar a altura da laje sem aumentar o consumo de concreto.

Essa diminuição do consumo de materiais é uma característica bem vantajosa das lajes nervuradas, até porque além do consumo de material em si, isso propicia a diminuição do peso e uma melhor resistência, o que impacta diretamente na maior altura útil (SILVA, 2010).

Sousa e Lopes (2016) acrescentam que a laje nervurada além de ser de montagem mais fácil também é vantajosa quando comparada a quantidade de

material do sistema de fôrma e escoramento. Sob a perspectiva das vantagens da laje nervurada ainda pode-se mencionar o melhor isolamento acústico e térmico proporcionado pelo enchimento das lajes nervuradas (CUNHA; SOUZA, 1998), bem como a ampla possibilidade de sua utilização, sendo hábil aos mais diversos ambientes (SCHWETZ, 2011).

Guimarães *et al.*(2017) destacam a vantagem da laje nervurada concernente aos custos, considerando que ela é mais econômica, bem como analisando a carga na fundação, uma vez que a nesta laje a carga é inferior à da laje maciça, o mesmo ocorre com o consumo total em kg/m³. O único ponto equivalente entre os dois tipos de laje foi o índice de consumo total m³/m², pois o resultado é idêntico nos dois tipos de laje.

Mesmo com as vantagens acima apostas para as lajes nervuradas, as lajes maciças também têm seus pontos de destaque, tendo em vista que distribuem de forma mais eficiente a carga concentrada bem como trazem maior reserva de segurança (CUNHA; SOUSA, 1998). Além disso (SILVA, 2010) menciona que as lajes maciças são mais simples de serem instaladas e igualmente mais fácil garantir a espessura mínima exigida pelas normas e também se obterem as fôrmas. Além disso é preciso mencionar que as lajes maciças apresentam pouca deformação e esforços mínimos (CARVALHO; PINHEIRO, 2009).

Justamente por esse motivo “a seleção da laje depende dos critérios que forem priorizados como arquitetura, fundação e custos, entre outros” (GUIMARÃES *et al.*, 2017). Cada tipo de laje possui vantagens inerentes, cabe então verificar qual das vantagens e mais importante para a obra em questão, e optar pela laje mais hábil para satisfazer as necessidades da estrutura e sua destinação.

2.4 IMPORTÂNCIA DO USO DE LAJES MACIÇAS E NERVURADAS

Primeiramente abordando a importância das lajes maciças, pode-se dizer que a sua essencialidade se reflete no fato de que se trata do “[...] sistema estrutural de lajes mais utilizado e difundido no meio técnico” (VIZOTTO; SARTORTI, 2010).

Constituindo-se o sistema de laje mais utilizado, denota-se que ocorre desta forma, mediante a sua importância, que está relacionada diretamente com as suas diversas vantagens, sendo uma destas a sua alta performance na função

redistribuir todos os esforços de maneira adequada. A aplicação de laje maciça é fundamental quando se pretender se adequar as necessidades de singularidade estrutural, ou seja, quando se tem um ou vários bordos livres.

Pode-se também destacar a variabilidade deste tipo de laje, podendo esta ser uni, ou ainda bidirecional. Podendo-se assim ser aplicada em diversos tipos de estruturas.

De acordo com outra referência bibliográfica, a importância da laje maciça para o segmento da construção civil, relaciona-se a algumas de suas propriedades, desta forma citadas por (NAPPI, 1993):

- Facilidade no lançamento e adensamento do concreto;
- Possibilidade do emprego de telas soldadas, reduzindo o tempo de colocação das ferragens;
- Segurança na execução da concretagem;
- Maior rigidez ao conjunto da estrutura;
- Não necessidade de área para depósito de material inerte;
- Possibilidade de descontinuidade em sua superfície.

Conclui-se relatando o que foi observado por Dorneles (2014), ou seja, que em razão da forma bem prática de execução da laje maciça, não se tem a necessidade de contratar uma mão de obra especializada. Além disso, esta laje possui uma quantidade significativa de vigas, as quais resultam na determinação dos pórticos, os quais contribuem na propriedade de chapa, e por fim facilitam o contraventamento.

Quanto ao uso das lajes nervuradas na construção civil, este é recomendado nos casos em que se tem como intenção retirar o concreto nos locais da laje onde este é dispensável; e em consequência reduz-se o custo da mesma (NAPPI, 1993).

Quando a laje nervurada é edificada levando-se em consideração todas as especificações contidas na norma NBR 6118:1982, a qual traz todas as orientações sobre as suas dimensões exatas, esta tem condições de disponibilizar todas estas vantagens, constituindo-se assim um método de real importância para a construção civil, de acordo com (NAPPI, 1993):

- Simplicidade na execução de fôrmas das vigas, quando "chatas";

- Possibilidade de obtenção de teto plano, facilitando a limpeza, melhorando a ventilação e não limitando previamente os espaços;
- Maior rigidez ao conjunto da estrutura;
- Viabilidade para vencer maiores vãos e suportar maiores cargas;
- Maior flexibilidade no posicionamento das paredes;
- Possibilidade de haver descontinuidade de sua superfície.

Segundo Dorneles (2014), independentemente do tipo de laje nervurada a ser utilizada em uma edificação, tendo mais ou menos quantidade de enchimento, esta tem como justificativas importantes para a sua utilização diminuição do peso estrutural; menor período de tempo na sua produção; menor quantidade de escoras, fato este contribui para um menor custo; tem-se menos momentos em vãos, mediante outros tipos de laje, razão esta que torna este tipo de laje passível de utilização em vãos maiores.

2.5 APLICAÇÕES MAIS COMUNS DAS LAJES MACIÇAS E NERVURADAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

De acordo com os autores Vizotto e Sartorti (2010), e conforme o que já foi citado, a laje tipo maciça é uma das mais aplicadas no setor da construção civil. Os aspectos principais desta laje são a sua elevada resistência tanto as trincas quanto as fissuras; além de possuir um índice levado de isolamento térmico e acústico (SILVA, 2012).

Segundo foi mencionado por Nappi (1993), em razão de sua alta resistência mecânica por causa da grande presença de concreto em sua estrutura, a laje maciça é altamente recomendada em edificações que estão sujeitas a cargas intensas sobre a sua estrutura, como no caso de pavimentos de garagens de prédios, edifícios com vários pavimentos, dentre outros tipos de construções.

O mesmo autor observa que em razão da alta resistência disponibilizada pela laje maciça, a sua utilização em residências térreas, sem previsão de excesso de cargas sobre estas, a sua aplicação não é a mais indicada, havendo no mercado tipos de lajes mais leves e de custo acessível.

Nota-se que quando se aplica a laje maciça, tem-se um custo considerável de fôrmas de madeira para a sua execução, no entanto estas podem perfeitamente serem reaproveitadas em outras construções (SILVA, 2012).

Conclui-se observando que a aplicação de laje maciça, também é indicada quando não se tem condições favoráveis de se executar uma laje do tipo mista (DORNELES, 2014).

Quando se trata de laje nervurada, foi relatado que esta constitui-se um sistema que representa uma solução prática e econômica, nas edificações em que esta é executada (SOUZA, 2016).

De acordo com Vizotto e Sartorti (2010), a principal indicação de utilização da laje nervurada, é nos casos em que se tem a precisão de cobrir-se vãos de longa extensão.

A utilização da laje nervurada em grandes vãos, é indicada em razão de esta possuir um peso inferior a laje maciça, fato este que é justificado pelo não preenchimento total da laje por concreto, sendo adicionado materiais inertes (como por exemplo o EPS, fôrmas de polipropileno, ou blocos cerâmicos) e de massa corpórea mais leve (NAPPI, 1993).

Uma facilidade do uso de laje nervurada em uma edificação, é que esta tenha as opções de ser produzidas in loco dentro do canteiro de obras, ou serem pré-fabricadas.

Termina-se a análise deste tópico, ressaltando que a opção pelo tipo de laje maciça ou nervurada, irá depender diretamente da necessidade da edificação a ser executada.

3 ESTUDO DO TRABALHO

O estudo de caso refere-se a uma análise comparativa, entre dois tipos de lajes: “Laje maciça e Laje nervurada”, visando identificar qual a melhor opção a ser adotada em um estabelecimento comercial, levando-se em conta os seguintes aspectos: 1-eficiência, 2-viabilidade, 3-custo, 4-adequação, ao projeto estrutural em questão.

A análise comparativa entre o uso da laje maciça e laje nervurada, se passa em um supermercado que está localizado na cidade de Paracatu-MG.

A edificação onde será executada a laje trata-se de um depósito de alimentos, ou seja, sobre a laje será colocada uma carga distribuída de alimentos, que tem como peso médio previsto de sobrecarga 1.500 Kg/m².

O projeto original elaborado para esta obra, contempla execução com Laje maciça. Conforme Apêndice E (Projeto de laje maciça) pode se observar que a laje se apoia em 04-vigas transversais com espaçamentos de 4,00 m (eixo) e 02-vigas longitudinais com espaçamento de 5,00 m (eixo).

O projeto da fôrma de cobertura utilizando-se a laje nervurada, pode ser visualizado em detalhes por intermédio da Apêndice F (Projeto de laje nervurada).

Em se tratando do projeto de execução da laje maciça, foi realizado um estudo demonstrativo do consumo de material utilizado (concreto, fôrmas e aço), sendo este apresentado na Apêndice A (Síntese do consumo de materiais do projeto de laje maciça).

De acordo com o que foi mencionado neste trabalho, e as informações apresentadas, verifica-se um consumo acentuado de concreto e de fôrmas na execução da laje maciça (incluindo os pilares e vigas); totalizando um consumo de 12,1 m³ de concreto e 114,9 m² de fôrmas. Além de ter utilizado 1.619,64 Kg de aço.

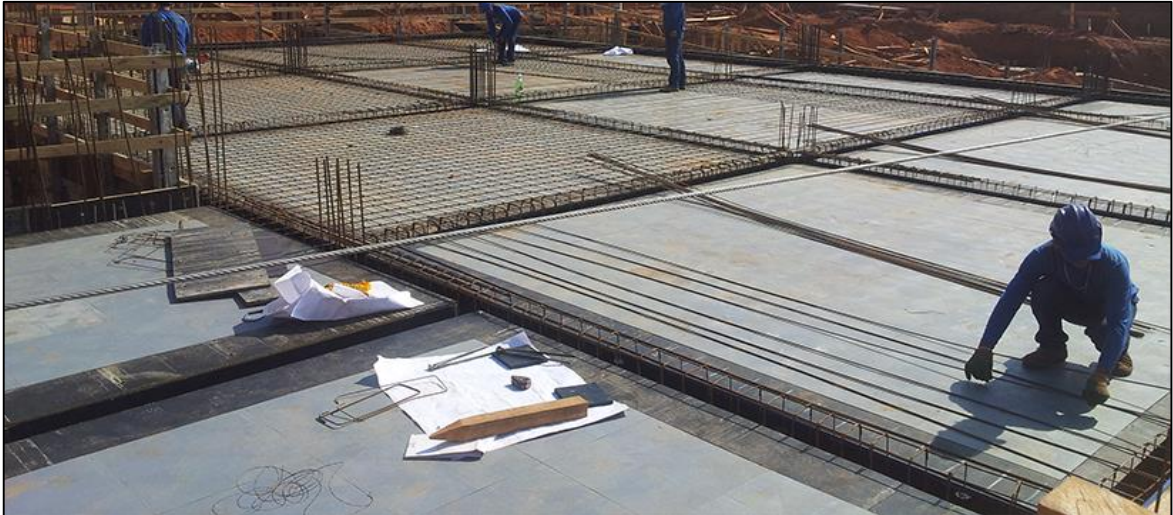
A Apêndice B (Síntese do consumo de materiais do projeto de laje nervurada) menciona a quantidade de materiais que foi determinada, para o projeto da laje nervurada.

Conforme as informações que estão contidas no Apêndice B, observa-se uma redução no consumo de concreto, fôrmas e aço; utilizando um consumo de 11,4 m³ de concreto e 105,1 m² de fôrmas. Quanto à quantidade de aço, esta atingiu um total de 1.044,6 Kg de aço.

Ressalta-se que na laje nervurada houve um consumo adicional referente ao enchimento, no caso blocos de EPS(isopor) de 110 cm x 42 cm x 20 cm, sendo utilizado um total de 84 peças, mas foram desconsideradas as vigas transversais intermediárias.

Duas imagens que permitem visualizar os dois tipos de lajes analisados no estudo do trabalho, podem ser visualizadas a seguir nas figuras 1 e 2.

Figura 1-Exemplo de laje maciça.



Fonte: Brasil Atex (2017).

Figura 2-Exemplo de laje nervurada.



Fonte: Brasil Atex (2017).

Duas planilhas orçamentárias detalhadas das lajes objetos deste estudo; laje maciça e laje nervurada, constam nos apêndices (Apêndice C e D) deste trabalho.

Conforme as planilhas orçamentárias supra-citadas, constatou-se que a laje maciça tem um custo superior que perfaz um total de R\$ 37.391,58; e a laje nervurada um total de R\$ 29.132,55. A diferença de custo entre os dois tipos propostos ficou em R\$ 8.259,03 o que representaria uma economia de 22,09% no custo final, para duas lajes distintas que apresentam a mesma eficiência final com viabilidades executivas semelhantes.

Os custos da execução da laje maciça divulgados na planilha de custos permaneceram em todos os itens superiores a laje nervurada. No item 1.0 corte, dobra

e montagem de aço, no subitem pilares a comparação maciça x nervurada totalizou: R\$ 2.557,56 x R\$ 1.248,16; o item 1.2 vigas (R\$ 3.574,76 x R\$ 2.469,23); o item 1.3 lajes (R\$ 8.050,58 x R\$ 5.098,20). No item 2.0 concretos, forma e desforma, a tendência superior da laje maciça se manteve a mesma, com exceção do subitem pilares que teve o mesmo custo: item 2.1 pilares (R\$ 3.506,30 x R\$ 3.506,30), item 2.2 vigas (R\$ 6.270,68 x R\$ 4.426,30), item 2.3 lajes (R\$ 13.431,70 x R\$ 12.384,36).

Embora o custo da laje maciça tenha sido mais alto no caso em questão, o Supermercado optou por sua aplicação, em virtude da inexistência deste comparativo ora proposto e resolveu seguir fielmente o projeto contratado.

Quanto a fundação o carregamento dos pilares dos dois modelos foi o mesmo. Por isso não foi feito o comparativo de custos para os dois sistemas.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao final do presente trabalho ficou comprovado que a construção civil, como sendo um dos segmentos que mais crescem na sociedade moderna, tem se empenhado a cada dia de forma intensa, por novas soluções tecnológicas, que buscam sempre atender a todo e qualquer tipo de necessidade construtiva no Brasil e no mundo.

A cada novo tipo de material, sistema de construção, dentre outros que são desenvolvidos pelo setor da construção civil, surge uma melhor forma para disponibilizar uma boa performance executiva, além de oferecer a devida segurança e praticidade, tão necessária para quem constrói e para quem vai usufruir das edificações.

Percebeu-se neste estudo que a busca pela segurança e estabilidade na construção civil, procurou desenvolver tipos de lajes variados, os quais atendem a necessidades construtivas específicas, sendo estas edificadas de forma sempre a evitar que ocorram os estados limites da estrutura, fato que pode resultar em desgastes, trincas e fissuras que por fim podem resultar na ruína total da estrutura predial.

De acordo com o tema proposto para o trabalho, foi feita uma análise envolvendo dois tipos de laje: a maciça e a nervurada. Quanto a laje maciça deve-se destacar que esta é mais robusta, sendo preenchida em sua totalidade por uma

camada densa e uniforme de concreto. Outra característica importante é que esta laje tem o potencial de receber todo o carregamento que é imposto sobre esta, sendo este posteriormente distribuído de forma direta sobre toda estrutura. A laje maciça é indicada em edificações que requerem uma resistência superior, como por exemplo, os edifícios garagem, os pavimentos de edifícios, e outros.

Ao se analisar a laje nervurada, pode-se concluir que esta tem como características específicas, o fato de permitir que o concreto seja disposto de modo espaçado na laje, havendo a presença de nervuras. Outra propriedade da laje nervurada é que nesta se permite o uso de materiais de enchimento, como forma para preencher os espaços vazios que estão dispostos em sua extensão estrutural.

A laje nervurada é mais leve que a maciça, visto que possui uma quantidade menor de concreto, e por esta razão esta é a mais indicada em estruturas que estejam expostas a vencer grandes vãos.

O estudo de caso, trata-se de laje executada nas seguintes condições: em um depósito de alimentos localizado no piso superior de um supermercado localizado na cidade de Paracatu-MG, a laje sofrerá uma sobrecarga média de 1.500 Kg/m² de mercadoria.

Ao se observar a planilha de custo de ambos os tipos de laje, verificou-se que a laje maciça (R\$ 37.391,58) tem um custo maior que a nervurada (R\$ 29.132,55), tendo-se o diferencial exato de (R\$ 8.259,03). Em se tratando do corte, montagem e dobra do aço o custo da laje maciça também foi superior a nervurada; ocorrendo a mesma superioridade quanto ao consumo de concreto, forma e desforma.

Após a apresentação das especificações, aplicabilidade e da planilha de custos comparativa da laje maciça e da laje nervurada, além das informações sobre as reais condições do depósito de mercadorias onde a laje foi executada, conclui-se que a laje nervurada seria a mais indicada para o caso, uma vez que ambas suportam a mesma carga atendendo as necessidades do supermercado, porém apresentando uma economia financeira de 22,09%.

REFERÊNCIAS

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

ABNT. **NBR 14859-1**: Laje pré-fabricada - requisitos - parte 1: lajes unidirecionais: Rio de Janeiro, 2002.

ABNT. **NBR 14859-2**: Laje pré-fabricada - requisitos - parte 1: lajes bidirecionais: Rio de Janeiro, 2002.

ABNT. **NBR 6118**: Projetos de estruturas de concreto - procedimentos: Rio de Janeiro, 2014.

BASTOS, P. S. dos S. **Lajes de concreto**: estruturas de concreto I. Bauru: Universidade Estadual Paulista - Departamento de Engenharia Civil, 2015.

BRASIL ATEX. **Conheça os principais tipos de laje**. 2017. Disponível em: <<https://www.atex.com.br/blog/laje/conheca-os-principais-tipos-de-laje/>> Acesso em: 13 mai. 2019.

CARVALHO, R. C.; PINHEIRO, L. M. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado**. Vol. 2. São Paulo: Pini, 2009.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. **Metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

CUNHA, A. J. P.; SOUZA, V. C. M. **Lajes em concreto armado e protendido**. 2. ed. Niterói: EDUFF, 1998. 580 p.

DORNELES, D.M. **Lajes na construção civil brasileira: estudo de caso em edifício residencial em Santa Maria - RS**. Curso de Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2014.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GUIMARÃES, M. S.; SILVA, C. R.; SILVA, J. R.; SANTOS, I. F.; ZÚÑIGA, L. de O. Comparativo da utilização de diferentes tipos de lajes em edifício de concreto armado. **REVISTA MIRANTE**, Anápolis (GO), v. 10, n. 1, p.226-245, jun. 2017.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia do trabalho científico**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

NAPPI, S. C.B. **Análise comparativa entre lajes maciças, com vigotes pré-moldados e nervuradas**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1993.

PILOTTO NETO, E. **Caderno de receitas de concreto armado: Lajes**. Vol. 3. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

PINHEIRO, L. M. **Fundamentos do concreto e projetos de edifícios**. Escola de Engenharia de São Carlos. Departamento de Engenharia de Estruturas. Universidade de São Carlos. São Carlos, 2007.

PINHEIRO, L. M.; MUZARDO, C. D.; SANTOS, S. P. **Lajes Maciças**. São Paulo: USP - EESC - Departamento de Engenharia de Estruturas, 2003.

SALGADO, J. **Estruturas na construção civil**. São Paulo: Érica, 2014.

SCHWETZ, P. F. **Análise numérico experimental de lajes nervuradas sujeitas a cargas estáticas de serviço**. 2011. 214 f. Tese (Doutorado em Engenharia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011.

SILVA, M. A. F. da. **Projeto e construção de lajes nervuradas de concreto armado**. 2005. 239f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil). Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2005.

SILVA, L.P. **Estudo comparativo entre lajes nervuradas e maciças em função dos vãos entre apoios**. 2010. 85f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SILVA, J.G.da; MOURA, M. L. de; CAMPOS JÚNIOR, D. J. Análise técnica de lajes maciças pré-moldadas do tipo içada aplicadas em edificações de múltiplos pavimentos. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Três Corações, v. 10, n. 1, p. 369-383, 2012. Disponível em: <periodicos.unincor.br/index.php//article/viewFile/2505/pdf_365> Acesso em: 01 mai. 2019.

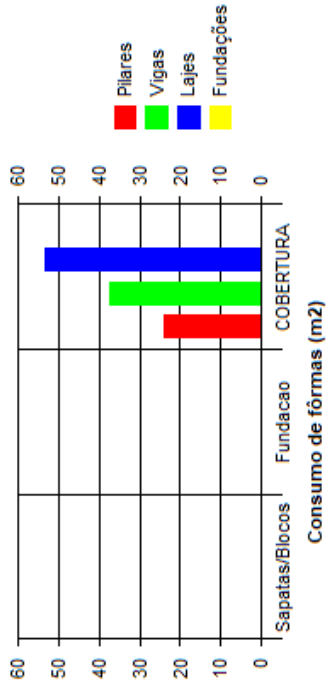
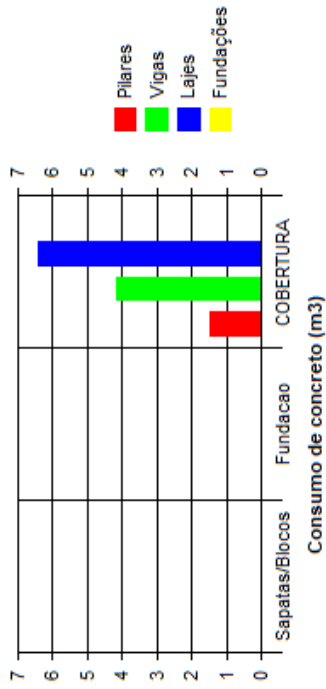
SOUZA, C. G. S. e; LOPES, R.C. **Estudo comparativo entre laje maciça convencional e lajes nervuradas**. 2016. 132f. Monografia (Conclusão de Curso Engenharia Civil) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

VIZOTTO, I.; SARTORTI, A. L. **Soluções de lajes maciças, nervuradas com cuba plástica e nervuradas com vigotas treliçadas pré-moldadas: análise comparativa**. Teoria e Prática na Engenharia Civil, n.15, p.19-28, Abril, 2010.

APÊNDICE A

Consumo de concreto e fôrmas

Pavimento	Concreto (m3)				Fôrmas (m2)					
	Pilares	Vigas	Lajes	Fundações	Outros	Pilares	Vigas	Lajes	Fundações	Outros
COBERTURA	1.5	4.1	6.4	0.0	0.0	24.0	37.5	53.4	0.0	0.0
Fundacao	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sapatas/Blocos	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TOTAL	1.5	4.1	6.4	0.0	0.0	24.0	37.5	53.4	0.0	0.0



Consumo de aço

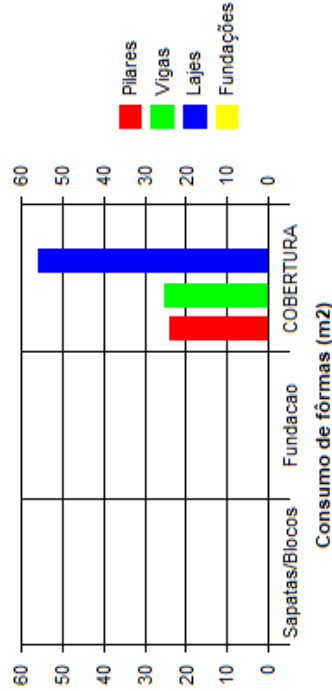
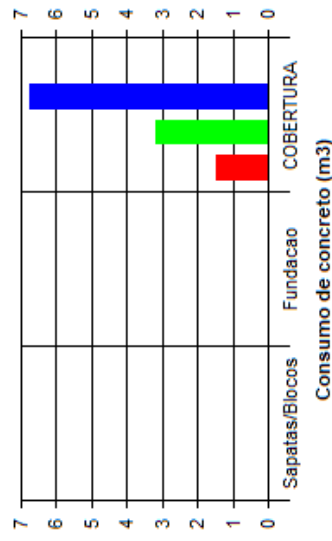
Pasta	Aço (kg)			
	Pilares	Vigas	Lajes	Outros
COBERTURA	289.0	420.2	910.4	0.0
TOTAL	289.0	420.2	910.4	0.0

SÍNTESE DO CONSUMO DE MATERIAIS DO PROJETO DE LAJE MACIÇA

APÊNDICE B

Consumo de concreto e fôrmas

Pavimento	Concreto (m3)					Fôrmas (m2)				
	Pilares	Vigas	Lajes	Fundações	Outros	Pilares	Vigas	Lajes	Fundações	Outros
COBERTURA	1.5	3.2	6.7	0.0	0.0	24.0	25.3	55.8	0.0	0.0
Fundacao	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sapatas/Blocos	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TOTAL	1.5	3.2	6.7	0.0	0.0	24.0	25.3	55.8	0.0	0.0



Consumo de aço

Pasta	Aço (kg)				
	Pilares	Vigas	Lajes	Fundações	Outros
COBERTURA	141.6	286.6	616.4	0.0	0.0
TOTAL	141.6	286.6	616.4	0.0	0.0

SÍNTESE DO CONSUMO DE MATERIAIS DO PROJETO DE LAJE NERVURADA

APÊNDICE C

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA-LAJE MACIÇA										
Objeto:		ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO: análise comparativa da eficiência das lajes maciças e lajes nervuradas em um depósito de um supermercado					BDI= 28,19%			
Endereço:		Município de Paracatu-MG					Base de Referências:			
Valor Laje Maciça:		Valor Total: trinta e sete mil, trezentos e noventa e um reais e cinquenta e oito centavos.					SETOP TRIANGULO MG (03/2019)			
Item	Fonte	Código	Descrição	Unidade	Quantidade	Custo mão de obra	Custo material	Valor mão de obra	Valor material	Valor Total (COM BDI)
1.0			CORTE, DOBRA E MONTAGEM DE AÇO							14.182,89
1.1			PILARES							2.533,03
1.1.1	SETOP-MG	ED-48297	CORTE, DOBRA E MONTAGEM DE AÇO CA-60 DIÂMETRO (5,0MM a 20,0MM)	KG	289,04	2,29	5,05	661,90	1.459,65	R\$ 2.533,03
1.2			VIGAS							3.682,55
1.2.1	SETOP-MG	ED-48297	CORTE, DOBRA E MONTAGEM DE AÇO CA-60 DIÂMETRO (5,0MM a 20,0MM)	KG	420,21	2,29	5,05	962,28	2.122,06	R\$ 3.682,55
1.3			LAJE							7.967,31
1.2.1	SETOP-MG	ED-48297	CORTE, DOBRA E MONTAGEM DE AÇO CA-60 DIÂMETRO (5,0MM a 20,0MM)	KG	910,39	2,29	5,04	2.085,48	4.588,37	R\$ 7.967,31
2.0			CONCRETO, FORMA E DESFORMA							23.208,69
2.1			PILARES							3.506,30
2.1.1	SETOP-MG	ED-49630	FORNECIMENTO DE CONCRETO ESTRUTURAL, USINADO, COM FCK 25 MPA, INCLUSIVE LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO	M3	1,50	88,36	282,90	132,54	424,35	R\$ 676,51
2.1.2	SETOP-MG	ED-8398	FORMA E DESFORMA DE COMPENSADO PLASTIFICADO, ESP.12MM, REAPROVEITAMENTO (3X), EXCLUSIVE ESCORAMENTO	M2	24,00	23,56	73,60	565,44	1.766,40	R\$ 2.829,79
2.2			VIGAS							6.270,68
2.2.1	SETOP-MG	ED-49630	FORNECIMENTO DE CONCRETO ESTRUTURAL, USINADO, COM FCK 25 MPA, INCLUSIVE LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO	M3	4,10	88,36	282,90	362,28	1.159,89	R\$ 1.849,14
2.2.2	SETOP-MG	ED-8398	FORMA E DESFORMA DE COMPENSADO PLASTIFICADO, ESP.12MM, REAPROVEITAMENTO (3X), EXCLUSIVE ESCORAMENTO	M2	37,50	23,56	73,60	883,50	2.760,00	R\$ 4.421,54
2.3			LAJES							13.431,70
2.3.1	SETOP-MG	ED-49630	FORNECIMENTO DE CONCRETO ESTRUTURAL, USINADO, COM FCK 25 MPA, INCLUSIVE LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO	M3	6,40	88,36	282,90	565,50	1.810,56	R\$ 2.886,46
2.3.2	SETOP-MG	ED-8398	FORMA E DESFORMA DE COMPENSADO PLASTIFICADO, ESP.12MM, REAPROVEITAMENTO (3X), EXCLUSIVE ESCORAMENTO	M2	53,40	23,56	73,60	1.258,10	3.930,24	R\$ 6.286,28
2.3.3	MERCADO		ESCORAMENTO DE LAJE MACIÇA APLICADO DIRETO NAS PRANCHAS E LONGARINAS DE TABUAS DE PINHOS	M2	64,31	33,42	25,47	2.149,24	1.637,98	R\$ 4.248,96
Valor Total: trinta e sete mil, trezentos e noventa e um reais e cinquenta e oito centavos.									Preço total com BDI:	37.391,58

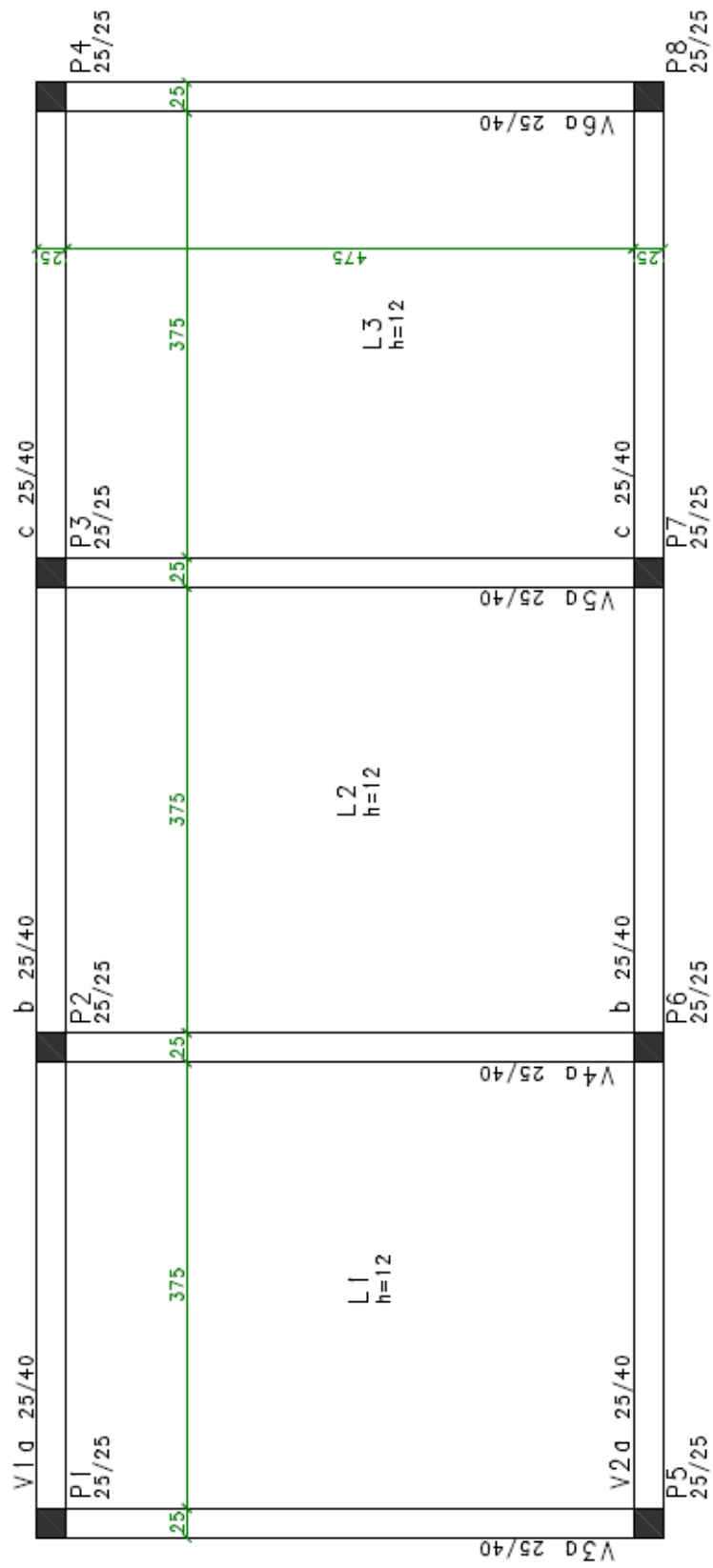
Valor Total (Laje Maciça): R\$ 37.391,58

APÊNDICE D

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA- LAJE NERVURADA										
Objeto:		ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO: análise comparativa da eficiência das lajes maciças e lajes nervuradas em um depósito de um supermercado			BDI= 28,19%					
Endereço:		Município de Paracatu-MG			Base de Referências:			SETOP TRIANGULO MG		
Valor Laje Nervurada:		Valor Total: vinte e nove mil, cento e trinta e dois reais e cinquenta e cinco centavos.						03/2019		
Item	Fonte	Código	Descrição	Unidade	Quantidade	Custo mão de obra	Custo material	Valor mão de obra	Valor material	Valor Total (COM BDI)
1.0	CORTE, DOBRA E MONTAGEM DE AÇO									
1.1	PILARES									
1.1.1	SETOP-MG	ED-48297	CORTE, DOBRA E MONTAGEM DE AÇO CA-60 DIÂMETRO (5,0MM a 16MM)	KG	141,58	2,24	4,83	317,14	683,83	R\$ 1.193,74
1.2	VIGAS									
1.2.1	SETOP-MG	ED-48297	CORTE, DOBRA E MONTAGEM DE AÇO CA-60 DIÂMETRO (5,0MM a 16MM)	KG	286,60	2,24	4,83	641,98	1.384,28	R\$ 2.416,49
1.3	LAJE									
1.3.1	SETOP-MG	ED-48295	CORTE, DOBRA E MONTAGEM DE AÇO CA-50 DIÂMETRO (5,0 MM a 16MM)	KG	616,43	2,24	4,84	1.380,80	2.983,50	R\$ 5.205,36
2.0	CONCRETO, FORMA E DESFORMA									
2.1	PILARES									
2.1.1	SETOP-MG	ED-49630	FORNECIMENTO DE CONCRETO ESTRUTURAL, USINADO, COM FCK 25 MPA, INCLUSIVE LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO	M3	1,50	88,36	282,90	132,54	424,35	R\$ 676,51
2.1.2	SETOP-MG	ED-8398	FORMA E DESFORMA DE COMPENSADO PLASTIFICADO, ESP.12MM, REAPROVEITAMENTO (3X), EXCLUSIVE ESCORAMENTO	M2	24,00	23,56	73,60	565,44	1.766,40	R\$ 2.829,79
2.2	VIGAS									
2.2.1	SETOP-MG	ED-49630	FORNECIMENTO DE CONCRETO ESTRUTURAL, USINADO, COM FCK 25 MPA, INCLUSIVE LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO	M3	3,20	88,36	282,90	282,75	905,28	R\$ 1.443,23
2.2.2	SETOP-MG	ED-8398	FORMA E DESFORMA DE COMPENSADO PLASTIFICADO, ESP.12MM, REAPROVEITAMENTO (3X), EXCLUSIVE ESCORAMENTO	M2	25,30	23,56	73,60	596,07	1.862,08	R\$ 2.983,07
2.3	LAJES									
2.3.1	SETOP-MG	ED-49630	FORNECIMENTO DE CONCRETO ESTRUTURAL, USINADO, COM FCK 25 MPA, INCLUSIVE LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO	M3	6,70	88,36	282,90	592,01	1.895,43	R\$ 3.021,76
2.3.2	SETOP-MG	ED-49643	FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA LAJES NERVURADA , EM MADEIRA SERRADA, E=25 MM. AF. 12/2015	M2	53,80	59,66	5,96	3.209,71	320,65	R\$ 3.620,75
2.3.3			EPS (ISOPOR), TIPO T2, PLACA, ISOLAMENTO TERMOACUSTICO, E = 200 MM, 1100 X 420 MM	UNID.	92,00	2,30	18,07	211,60	1.662,44	R\$ 2.342,68
2.3.4	SETOP-MG	ED-51101	ESCORAMENTO DE LAJE TIPO CONTÍNUO EMPREGANDO PRANCHAS E LONGARINAS DE TABUAS DE PINHOS	M2	64,31	26,74	20,38	1.719,39	1.310,38	R\$ 3.399,17
Valor Total: vinte e nove mil, cento e trinta e dois reais e cinquenta e cinco centavos.									Preço total com BDI:	
										29.132,55

Valor Total (Laje Nervurada): R\$ 29.132,55

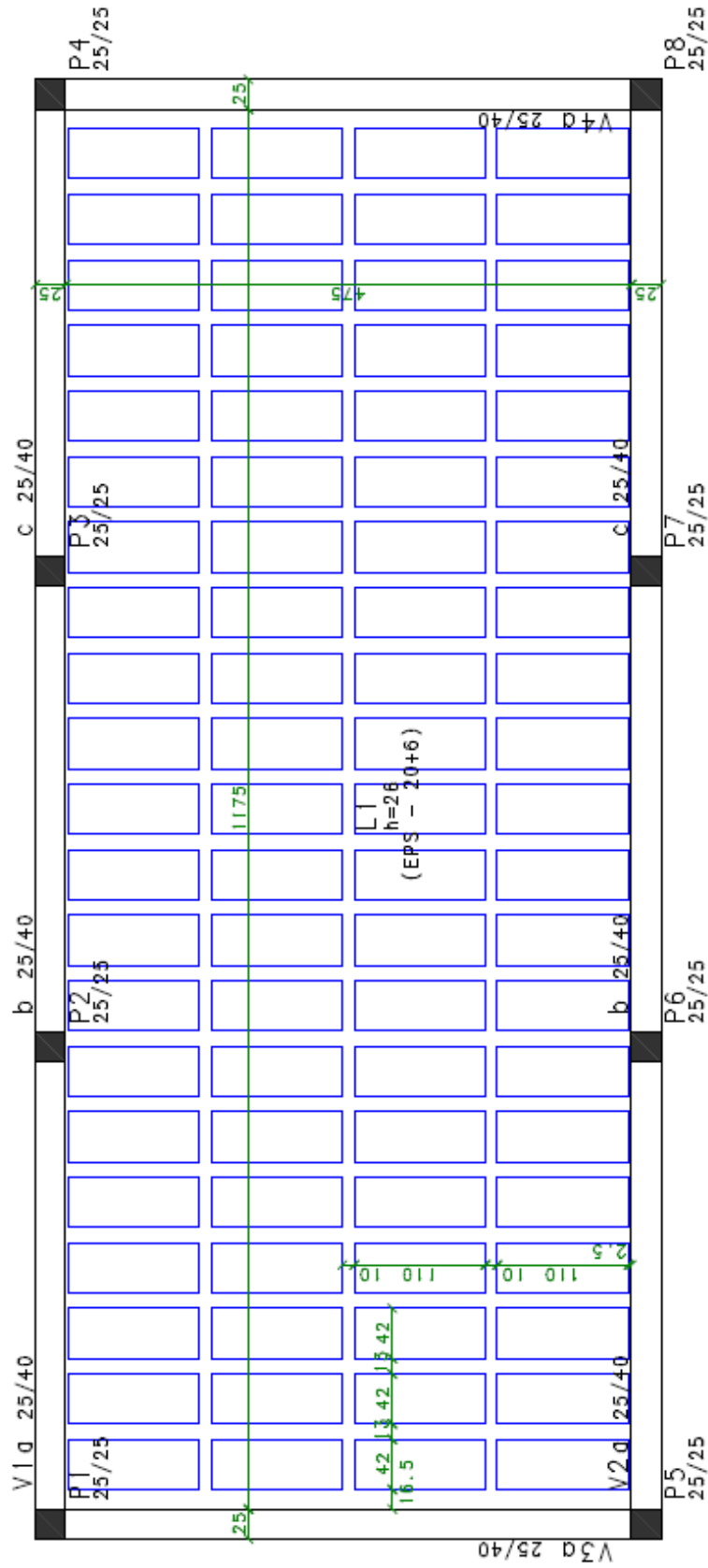
APÊNDICE E



PROJETO DE LAJE MACIÇA

FÔRMA DA COBERTURA

APÊNDICE F



PROJETO DE LAJE NERVURADA

FÔRMA DA COBERTURA