

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE GRADUAÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

LUCAS MACIEL DE MELLO

**INDICADORES DE CONSUMOS DE MATERIAIS E MÃO DE OBRA DOS
SISTEMAS ESTRUTURAIS: ANÁLISE COMPARATIVA DE LAJES PLANAS
MACIÇAS, CONVENCIONAIS E NERVURADAS COM PREENCHIMENTO DE
BLOCOS EPS**

São Leopoldo
2018

LUCAS MACIEL DE MELLO

**INDICADORES DE CONSUMOS DE MATERIAIS E MÃO DE OBRA DOS
SISTEMAS ESTRUTURAIS: ANÁLISE COMPARATIVA DE LAJES PLANAS
MACIÇAS, CONVENCIONAIS E NERVURADAS COM PREENCHIMENTO DE
BLOCOS EPS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil, pelo Curso de
Engenharia Civil da Universidade do Vale
do Rio dos Sinos - UNISINOS

Orientadora: Prof.^a Dra. Andrea Parisi Kern

São Leopoldo

2018

Dedico este Trabalho,
A minha família em especial minha mãe Eliane.

AGRADECIMENTOS

A minha mãe, Eliane Cleci Polhmann Maciel pelo incentivo e apoio incondicional para minha formação.

A professora Doutora Andrea Parisi Kern, pela orientação e auxílio na elaboração deste trabalho.

Aos responsáveis técnicos das obras que serviram como base deste estudo: o Engenheiro Severiano Hernández Gandia, o Arquiteto João Eduardo Hendler, e o Arquiteto Marco Aurélio Pires.

Ao diretor da empresa Nopin Brasil o Sr. Daniel Cé pelo auxílio na busca dos contatos dos responsáveis técnicos das obras para a elaboração do trabalho.

Aos meus amigos pelas horas de ausência, e que mesmo distantes me apoiaram e torceram pelo meu êxito.

RESUMO

O mercado da construção civil nos últimos anos vem passando por uma crise que tem ocasionado uma redução na procura e demanda de novos empreendimentos. O cálculo do orçamento global de uma obra é uma etapa imprescindível para o planejamento e a elaboração do cronograma físico financeiro para execução de um empreendimento, os orçamentos podem variar de acordo com os sistemas construtivos adotados, e os sistemas influenciam na quantidade e qualidade dos materiais usados na mão de obra e na demanda de tempo para sua execução. Deste modo, este trabalho tem o objetivo de realizar uma análise comparando os dados de três obras, uma de cada sistema construtivo abordado no trabalho que são de lajes apoiadas em vigas de bordas, lajes maciças e lajes nervuradas com preenchimento de blocos de EPS, todas de concreto armado, moldadas “in loco”. As análises comparativas foram realizadas através de indicadores unitários de consumo dos materiais e de produtividade da mão de obra utilizados na execução das estruturas. Foram analisados os indicadores de consumos unitários de concreto, aço e formas e de produtividade da mão de obra para as três obras, e os indicadores por elementos estruturais e total do pavimento tipo, que inclui os elementos estruturais que no trabalho foram definidos como pilares, vigas e lajes do pavimento. Os resultados apontam indicadores unitários obra do sistema estrutural de lajes nervuradas com preenchimento de blocos de EPS com menor consumo dos materiais, embora em alguns elementos estruturais tenham apresentados variações de consumo dos indicadores abordados nos sistemas construtivos do trabalho. A obra que apresentou o melhor indicador de produtividade foi a que utilizou sistema estrutural de laje maciça.

Palavras-chave: Indicadores. Produtividade. Sistemas Construtivos. Laje plana maciça, Laje nervurada. Lajes apoiadas em vigas de borda.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Modelo com lajes e vigas.	21
Figura 2. Modelos de engrossamento das ligações entre lajes e pilares.	22
Figura 3. Modelo de distribuições das cargas em lajes planas.	23
Figura 4. Corte modelo de uma laje nervurada.	25
Figura 5. Croqui de uma laje nervurada bidirecional.	27
Figura 6. Croqui de laje nervurada bidirecional.	28
Figura 7. Croqui da planta baixa do pavimento tipo da obra “A” sem escala.	39
Figura 8. Croqui sem escala da planta baixa da obra “B” sem escala.	40
Figura 9. Croqui da planta baixa do pavimento tipo da obra “C” sem escala.	42

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1. Lajes maciças com mesma espessura.....	23
Fotografia 2. Execução de formas lajes nervuradas armadas em duas direções.	26
Fotografia 3. Laje nervurada armada em duas direções.	26
Fotografia 4. Formas das lajes nervuradas armadas em uma direção.....	27
Fotografia 5. Laje Nervurada após concretagem.	29
Fotografia 6. Laje nervurada com Bloco de EPS antes da Concretagem.	29

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Número de Empregados formais e informais na construção civil.	14
Gráfico 2. Possibilidade de intervenção no empreendimento em relação aos custos acumulados ao longo das etapas de produção.	15
Gráfico 3. Custos por matérias e fundação de laje nervurada com enchimento de EPS.	32
Gráfico 4. Custos por materiais e fundação de laje maciça convencional.	32
Gráfico 5. Indicadores unitários de consumo por elementos estruturais.	60
Gráfico 6. Indicadores totais dos materiais e produtividade.	61
Gráfico 7. Indicadores de consumos de materiais e produtividade por volume de concreto.	62

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Dados obra "A"	39
Quadro 2. Dados da obra "B"	41
Quadro 3. Dados da obra "C"	42
Quadro 4. Resumo	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Índice de Custos de Produção.	31
Tabela 2. Composição do CUB em mês Abril de 2018.	34
Tabela 3. Elementos vinculados aos sistemas de indicadores de desempenho.	34
Tabela 4. Resumo das 3 obras.	38
Tabela 5. Dados de Consumo de Concreto.	58
Tabela 6. Dados dos indicadores de consumo de aço.	58
Tabela 7. Dados de consumo de Formas.	59
Tabela 8. Dados para cálculo de produtividade.	59

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BNH	Banco Nacional da Habitação
CUM	Custo unitário de Materiais
CUB	Custo unitário Básico
EPS	Poliestireno Expandido
FGTS	Fundo de Garantia de tempo de serviço
Hh	Homens horas
Hh/m ²	Homens Horas por metro quadrado
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas
NBR	Normas Brasileiras de Regulação
PIB	Produto interno Bruto
RAIS	Relação anual de informações sociais
RUP	Razão Unitária de Produção
RS	Estado do Rio Grande do Sul
SINDUSCON	Sindicado da Indústria da construção civil
SBPE	Sistema Brasileiro de poupança e empréstimo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Tema	16
1.2 Delimitação do Tema	16
1.3 Problema	17
1.4 Objetivos	17
1.4.1 Objetivo Geral	17
1.4.2 Objetivos Específicos	18
1.5 Justificativa	18
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
2.1 Definições de lajes apoiadas em vigas de borda	21
2.2 Definições de laje plana	22
2.3 Definições de laje nervurada	24
2.4 Definições de orçamentos e custos	30
2.4.1 Projeção dos custos dos materiais	31
2.4.2 Projeção dos custos de mão de obra	33
2.5 Definições de Indicadores	34
2.5.1 Indicador de produtividade	35
2.5.2 Indicadores de referência de consumo de materiais	35
3 METODOLOGIA	37
3.1 Apresentação das obras e os dados	38
3.1.1 Apresentação da obra “A”	38
3.1.2 Apresentação da obra “B”	40
3.1.3 Apresentação da obra “C”	41
3.2 Indicadores de consumo de concreto	43
3.2.1 Indicadores de consumo de concreto por elementos estruturais	43
3.2.2 Indicador de consumo de concreto total	44
3.3 Indicadores de consumo de aço	45
3.3.1 Indicadores de consumo de aço por elementos estruturais	45
3.3.2 Indicador total de consumo de Aço	46
3.3.3 Indicador de consumo de massa aço por volume de concreto	47
3.4 Indicadores de consumo de área formas	47
3.4.1 Indicadores de consumo formas por elementos estruturais	47

3.4.2 indicador total de consumo de formas.....	48
3.4.3 Indicador de consumo de relação de área de formas por volume de concreto	49
3.5 Indicadores de produtividade de mão de obra	49
3.5.1 Indicador de produtividade de mão de obra por m ²	50
3.5.2 Indicador de produtividade de mão de obra por volume de concreto	50
4 ANALISE DOS RESULTADOS	52
4.1 Resultados da obra “A”	52
4.2 Resultados da obra “B”	54
4.3 Resultados da obra “C”	55
4.4 Síntese e apresentação dos Indicadores	57
4.4.1 Síntese dos indicadores dos materiais	58
4.4.2 Resumo dos índices de consumo e produtividade	59
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
6 REFERÊNCIAS.....	65

1 INTRODUÇÃO

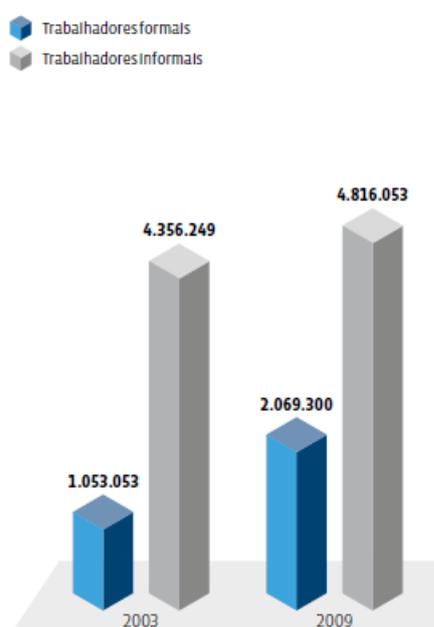
O Brasil começou a apresentar uma evolução na construção civil a partir dos anos de 1950, principalmente pelo crescimento do êxodo Rural, e devido ao aumento das populações urbanas. Com isso o setor público começou a disponibilizar recursos financeiros para construções dos conjuntos habitacionais em grandes centros, visando principalmente à população de baixa renda. E para isso se criou o Banco Nacional da Habitação mais conhecido com BNH, e também as Leis de Inquilinato, e de Incorporações e as legislações de estímulos à Construção Civil, e de mercado de capitais. Outras ações que foram realizadas para fomentar a construção civil foram a criação do fundo de garantia por tempo de serviço (FGTS) e o sistema Brasileiro de poupança e empréstimo que é conhecido por SBPE a qual parte destes recursos são destinados ao setor. (GARCIA, 2003).

A construção civil é responsável por uma grande demanda de serviços e atividades com relevância para a evolução econômica e social do país, que atuam diretamente na qualidade de vida da população e infraestrutura econômica. Uma característica importante que ressalta esses aspectos é que o setor também pode interferir em outros setores industriais, pois a utilização dos diversos insumos nos processos construtivos que colabora com várias áreas dos setores industriais e absorve uma grande parcela da mão de obra com menor qualificação da sociedade brasileira. Por esses motivos o setor da construção civil apresenta uma grande complexidade. (MONTEIRO; COSTA; ROCHA, 2010).

Para economia nacional o setor da construção civil representa uma importante parcela na formação do PIB brasileiro que apura a produção total do país, este indicador econômico é um importante índice mundial. Segundo pesquisas e relatório do IBGE de indicadores nacionais trimestrais de 2016, e a construção civil representou 5,6% do valor da produção total dos valores arrecadados em 2015, gerando cerca de 2,5 milhões de empregos diretos e formais de acordo com os dados do relatório anual de informações sócio econômicos (RAIS) de 2015. Este relatório é exigido pelo ministério do trabalho Brasileiro de todas as empresas registradas e empregadores que atuam no país, e mostra que uma boa parte dos trabalhadores da sociedade Brasileira com baixo nível de escolaridade são trabalhadores deste setor.

O setor apresentou uma contribuição de uma parcela maior para geração de empregos formais e informais, de acordo com as pesquisas da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), quando apresentava maior produção nacional. A construção civil além de agrupar uma grande parte dos trabalhadores com carteira assinada, agrega outra parte da população Brasileira que trabalha de forma informal de acordo com o gráfico 1. De acordo com a pesquisa em 2009 o setor gerou quase 7 milhões de empregos formais e informais no país.

Gráfico 1. Número de Empregados formais e informais na construção civil.



Fonte: CBIC (2009).

No Brasil a construção civil teve um crescimento mais acentuado a partir do ano de 2002, como se pode confirmar com os dados apresentados no gráfico 1, com o aumento da geração dos empregos no setor. Devido principalmente à queda da taxa de juros básicos (SELIC), junto ao crescimento da renda familiar e do emprego, e ao aumento do crédito ao consumidor. (FOCHEZATTO; GUINIZ, 2010).

Com o aumento do mercado da construção civil, começou a se ter a necessidade de criar sistemas de avaliações de desempenho, que permitem a criação de um banco de dados com informações e experiências anteriores das empresas, com isso a auxilia a tomada de decisões dos gestores de forma mais coerente e de acordo com os seus valores. (AZEVEDO, et al, 2011).

Hammarlund e Josephson (1992, apud GIROLDO, 2007) apresentam que as etapas iniciais das construções, ou ainda na concepção de um empreendimento, são

extremamente importantes para as tomadas de decisões, pois os autores apresentam uma grande relevância nessas etapas iniciais, e destacam que mesmo com a conclusão das elaborações dos projetos de um empreendimento, ainda tem boas oportunidades de prever e minimizar os erros na execução e os custos adicionais, pois ainda se tem possibilidade de interferências principalmente se não foram programados ou executados os serviços, e por consequência apresenta uma redução destes custos, como pode ser observado do gráfico no 2.

Gráfico 2. Possibilidade de intervenção no empreendimento em relação aos custos acumulados ao longo das etapas de produção.



Fonte: Hammarlund e Josephson (1992).

Para Lantelme (1993) as empresas da construção civil necessitam de um banco de dados atualizados e com informações coerentes para que se tenha dos gestores um entendimento dos processos assim como a revisão dos procedimentos, para que se tenha valores de referência, controles e avaliações de desempenho assim como parâmetros e metas para melhorias. Os sistemas de avaliações de desempenho podem ser elaborados em vários setores dentro das empresas de construção civil como por exemplo nas áreas de projetos, suprimentos, assistência técnica, execução, planejamento e comercial.

Silva (2002) destaca que para elaborar os projetos estruturais é fundamental ter conhecimento dos vários sistemas estruturais existentes, e ainda assim o que for adotado, deve ser economicamente viável conforme as suas características que

influenciam na composição dos custos como os equipamentos e materiais necessários, formas, tempo para execução e a mão de obra.

Albuquerque (1999), apresenta em seus estudos que há variações dos custos totais de acordo com as escolhas do tipo de sistema estrutural adotado para o projeto e a variação mostrada em sua pesquisa apresentou diferenças de até 17 % dos valores dos custos totais referentes aos sistemas estruturais.

1.1 Tema

Análise comparativa dos sistemas estruturais de concreto armado entre lajes planas maciças, sistemas convencionais de lajes apoiadas sobre vigas e lajes nervuradas com enchimento de blocos de EPS, através de indicadores de consumo de materiais e de produtividade da mão de obra.

1.2 Delimitação do Tema

Este trabalho analisou e comparou os sistemas estruturais com lajes maciças, lajes nervuradas e lajes apoiadas em vigas aparentes de acordo com as definições da revisão bibliográfica, onde serão apresentadas as definições e caracterizações das estruturas e as formas executivas destes sistemas. Realizando um comparativo global que compreenda os consumos dos principais insumos utilizados e a produtividade da mão de obra para as execuções dos sistemas estruturais.

Foram avaliados na pesquisa somente os componentes que influenciam na execução destas estruturas não compreendendo os custos indiretos para elaboração destes sistemas assim como as diferenças dos custos dos valores cobrados pelos projetos que possam existir entre os mesmos.

Foram considerados os consumos dos três principais materiais necessários para execução da estrutura que são: concreto, aço e formas. E que foram utilizados nas três obras analisadas assim como a produtividade. Não considerando as interferências ou acréscimos que se têm de cada sistema estrutural nas outras etapas ou serviços posteriores a execução da estrutura, foi observado somente os consumos de materiais e produtividade para executar cada sistema estrutural.

Não serão abordados neste trabalho os valores que foram desembolsados para executar os sistemas estruturais, as análises comparativas serão

desenvolvidas através de indicadores que representaram os consumos unitários dos principais insumos utilizados e também de produtividade da mão de obra para a execução das estruturas analisadas. Também não serão considerados na pesquisa as formas adotadas para escoramentos das estruturas, assim como os travamentos das formas, pois algumas construtoras e empreiteiras já possuem equipamentos próprios para realizar o escoramento, sendo que esta etapa da execução seria necessária em todos os sistemas estruturais.

Outro aspecto que não serão considerados neste estudo são as perdas dos materiais que ocorrem ao longo das suas execuções, por não se ter acessos a estes dados de todas as construtoras pesquisadas.

A pesquisa será realizada somente sobre as análises comparativas dos indicadores estabelecidos na metodologia de pesquisa, para um pavimento tipo das obras estudadas, por elementos estruturais que foi definido para este trabalho como pilares, vigas e as lajes do pavimento, e também dos totais dos elementos estruturais.

1.3 Problema

Identificar qual o sistema estrutural entre lajes planas maciças, lajes convencionais apoiadas em vigas aparentes de borda e lajes nervuradas com enchimento de blocos de EPS, apresentam os melhores indicadores de consumo dos materiais e de mão de obra, das obras pesquisadas.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo Geral

Identificar dentre os sistemas estruturais com lajes maciças planas, lajes maciças apoiadas em vigas de bordas e lajes nervuradas com enchimento de blocos de EPS, o que apresenta menores indicadores de consumo e produtividade de mão de obra para a execução.

1.4.2 Objetivos Específicos

a) Coletar os dados quantitativos dos insumos de concreto, aço e formas conforme especificações nos projetos estruturais das obras, e também os dados referentes à produtividade de mão de obra junto aos responsáveis técnicos de cada obra;

b) Calcular os indicadores de consumos unitários dos insumos por elementos estruturais que são os pilares, vigas e lajes, e os indicadores de consumo totais por insumos de cada obra estudada, assim como o indicador de produtividade de cada sistema estrutural;

c) Realizar análise comparativa dos indicadores de consumos calculados para identificar qual sistema estrutural apresenta os menores indicadores de consumo dos insumos por elementos estruturais, totais e o de produtividade da mão de obra.

1.5 Justificativa

A construção civil nos últimos anos vem apresentando uma grande evolução de novos materiais e sistemas construtivos devido à necessidade de desenvolver formas construtivas mais sustentáveis e mais econômicas, só que por vezes não têm estudos técnicos aprofundados sobre estes assuntos para verificar a viabilidade técnica e econômica. (AZEVEDO, et al, 2011).

Um dos fatores que se tem exigido da evolução da construção civil e a concorrência do mercado e a exigência de um produto de qualidade e durabilidade, que é estabelecido pela Norma de Edificações Habitacionais - Desempenho a NBR 15575, que entrou em vigor a partir de 2013 de acordo com o Sinduscon-RS.

Para auxiliar nas tomadas de decisões e escolhas dos sistemas estruturais ou formas construtivas as empresas precisam adotar formas de controles e acompanhamentos de suas obras para que se tenha parâmetros de análises comparativas entre os sistemas e que se possa tomar decisões com base em informações confiáveis de acordo com os resultados apresentados, mas para isso deve se ter confiabilidade nos dados apresentados ou nas pesquisas. (LANTELME, 1993).

Outro aspecto que levantou dúvidas quanto às características de consumo destes sistemas construtivos, é que algumas empresas que fornecem equipamentos para estes modelos construtivos apresentam que um sistema possui maior vantagem sobre outro, mas sem dados técnicos sobre os ganhos de produtividade, reduções dos materiais. Como acontece na tomada de decisões onde algumas vezes empreendedores não buscam informações para suas escolhas que são baseadas simplesmente no entusiasmo da oportunidade sem informações básicas de custos e de produção. (BALARINE, 1997).

Xavier (2008) apresentou que a etapa estrutura junto com revestimentos e acabamentos são as etapas da construção que necessitam dos maiores recursos no orçamento global de toda a obra. Segundo o autor os custos com a estrutura podem representar de 14% a 22% do custo total da obra o que é uma porcentagem representativa do orçamento global.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Segundo Albuquerque (1999) as primeiras edificações de concreto armado foram projetadas prevendo lajes maciças e logo após se começou a projetar lajes pré-moldadas para as edificações, porém essas estruturas apresentavam distâncias entre os pilares de pequenos vãos. Essas limitações se davam devido à pouca resistência do concreto e às hipóteses e modelos de cálculos simplificados na modelagem estrutural. Mas com a evolução dos recursos materiais e tecnológicos, hoje se consegue utilizar concretos e aços com resistências maiores, outro fator positivo foi a evolução tecnológica que permite melhores análises para os cálculos e o desenvolvimento de novos modelos estruturais como lajes nervuradas, lajes lisas e proteção em estruturas usuais de edifícios, o que possibilita soluções mais arrojadas para as edificações.

As estruturas de concreto armado têm como característica se moldar a qualquer forma estrutural, de acordo com as concepções arquitetônicas projetadas em função das finalidades da edificação, fatores técnicos e econômicos. O que também é importante ressaltar como fator que pode influenciar na tomada de decisões é a facilidade de se encontrar os materiais na região da execução da obra, e os equipamentos necessários na construção e a capacidade técnica da mão de obra para o desenvolvimento do projeto da edificação. (GIONGO, 2009).

O modelo estrutural de uma edificação deve atender alguns requisitos primordiais como os aspectos de segurança diante dos estados limites dos materiais, e que atenda a durabilidade e as finalidades previstas no projeto arquitetônico, e a viabilidade econômica para execução e manutenção da edificação. (ALVA, 2007).

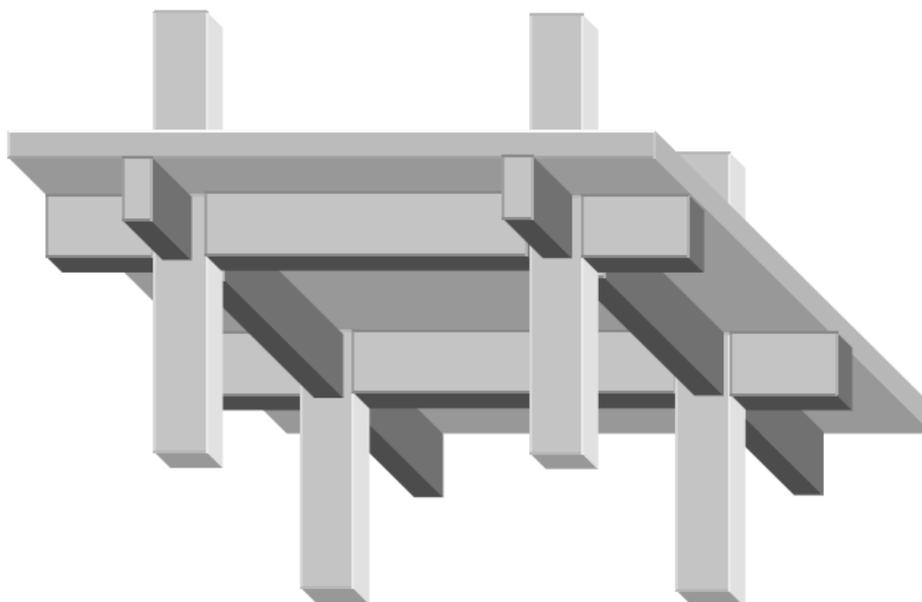
Para Araújo (2010) o concreto armado possui muitas vantagens sobre outros sistemas estruturais, pois se tem facilidade de execução de diversas formas, tendo uma boa relação de custo benefício, boa resistência ao fogo, aos agentes atmosféricos, intempéries e ao desgaste mecânico, e não é necessário a previsão de um plano de manutenção elaborado a não ser que a estrutura apresente patologias. O autor destaca algumas desvantagens deste sistema, como o elevado peso das estruturas e as dificuldades em intervenções nesses sistemas estruturais após executados ou em reformas, ou demolições.

2.1 Definições de lajes apoiadas em vigas de borda

Segundo Silva (2002) este sistema estrutural é composto por lajes que são peças maciças que descarregam suas cargas sobre as vigas, estas por sua vez descarregam nos pilares, com isso formando vários pórticos espaciais dentro da estrutura. Isso torna a estrutura com maior rigidez, pois as lajes contribuem na rigidez das vigas, o que ajuda a ter menores deformações nas peças. Porém este modelo estrutural não é indicado para vencer grandes vãos, pois para isto é necessário aumentar a espessura da laje o que aumentaria o seu peso próprio, e as cargas que seriam descarregadas nas vigas, exigindo aumento na altura das vigas, que muitas vezes é limitada de acordo com a altura do pé direito da edificação, definido no projeto arquitetônico. Outro ponto citado pelo autor é que este sistema é muito utilizado e antigo o que contribui para se ter uma mão de obra mais especializada e bem treinada para execução.

Na figura 1 pode-se observar o modelo estrutural convencional onde se tem lajes armadas em duas direções com vigas de borda para o seu apoio e que estão descarregando nos pilares.

Figura 1. Modelo com lajes e vigas.

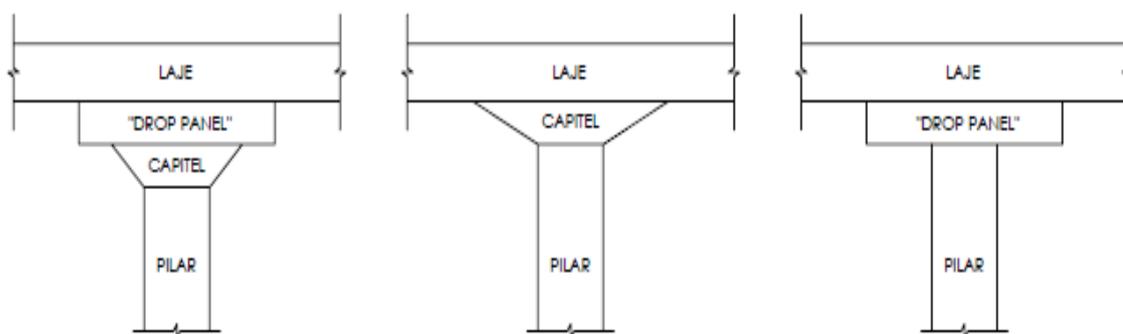


Fonte: Hennrichs (2003).

2.2 Definições de laje plana

Segundo Henrichs (2003) as lajes planas são definidas como placas de concreto armado, que podem ser apoiadas sobre vigas com as mesmas alturas que a espessura da laje ou diretamente em pilares. Nas estruturas que não possuem vigas, pode haver o engrossamento da seção transversal do pilar na união com a laje, isto ocorre para que se tenha a redução das tensões de cisalhamento e evitar o funcionamento da laje. De acordo com a figura 2, pode-se observar o engrossamento na união entre os pilares e lajes, este elemento é definido como capitel, e nos Estados Unidos como “drop panel”, e em alguns casos, de acordo com as tensões solicitadas, se pode ter os dois casos juntos.

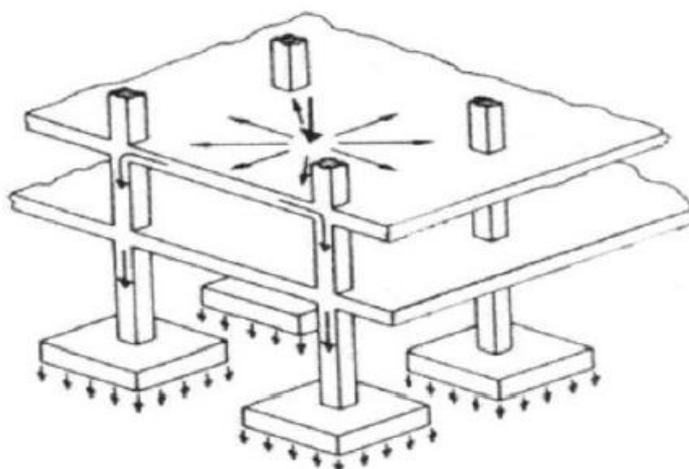
Figura 2. Modelos de engrossamento das ligações entre lajes e pilares.



Fonte: Henrichs (2003).

Para Abreu (2011) as lajes maciças podem apresentar espessuras constantes ao longo de todo o nível do pavimento das lajes de concreto armado e suas armaduras ter duas direções ortogonais. Estes modelos de lajes são apoiados diretamente em pilares ou paredes de concreto armado. Para estes modelos estruturais são utilizados vãos com apoios da ordem de 4 a 6 metros de distância entre eles e cargas de valores moderados, transmitidas de forma multidirecional do local de aplicação da carga para os pilares. A figura 3 ilustra as distribuições das cargas de acordo com a aplicação de uma carga pontual, onde estas são descarregadas nas lajes, e das lajes por sua vez descarregam nos pilares chegando até as fundações que vão ser transmitidas ao solo.

Figura 3. Modelo de distribuições das cargas em lajes planas.



Fonte: Abreu (2006).

Abreu (2011) define este sistema construtivo como mais econômico, por ser mais fácil a sua execução e necessitar menos mão de obra para a execução das formas, por ter um único nível das lajes, e tetos nivelados sem vigas aparentes na estrutura como é apresentado na fotografia 1.

Fotografia 1. Lajes maciças com mesma espessura.



Fonte: Abreu (2011).

2.3 Definições de laje nervurada

A NBR 6.118 de 2014 destaca que as lajes nervuradas são lajes moldadas no local ou podem ser de vigotas pré-moldadas utilizadas como nervuras, e nas áreas onde ocorrem as zonas de tração e os momentos positivos são onde se localizam as nervuras. Entre essas nervuras podem ser utilizados materiais inertes ou mesmo nenhum material. As lajes nervuradas podem ser armadas de forma unidirecionais ou bidirecionais.

Tenório et al. (2009) destacam algumas das características e vantagens do sistema estrutural das lajes nervuradas em relação aos outros sistemas estruturais:

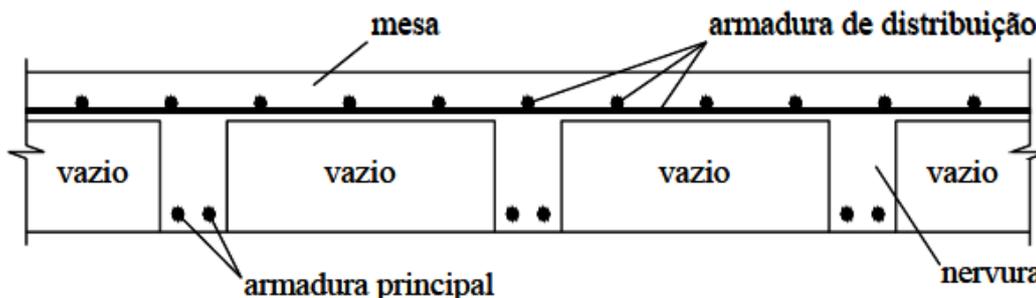
- a) Menor consumo de aço;
- b) Menor índice de formas;
- c) Maior distribuição de cargas;
- d) Maior rigidez da laje e com isso menores deformações;
- e) Obras mais limpas e organizadas, pela utilização de formas industrializadas ou de materiais inertes e com isso um menor uso de madeiras nas obras.

Silva (2005) destaca algumas desvantagens neste sistema estrutural, pois as nervuras apresentam maior espessura, e com isso é necessária uma altura maior e muitas vezes resulta em edificações com alturas maiores no geral. Também há dificuldade de integração e compatibilização dos subsistemas como hidráulica e elétrica, devendo haver um maior cuidado no momento da concretagem pois as nervuras muitas vezes apresentam pequenas espessuras e mais dificuldade de preencher estes vazios com concreto, podendo apresentar falhas construtivas conhecidas como “bicheiras” ou ninhos de concretagem, ou também as peças das nervuras podem se movimentar se não estiverem bem fixadas na hora da concretagem, o que ocorra falhas de concretagem.

Segundo Tenório et al. (2009), a maioria dos projetos com lajes nervuradas é concebida como lajes bidirecionais. Mesmo que muitas vezes as características da estrutura indiquem a utilização de lajes nervuradas unidirecionais, se utiliza armaduras bidirecionais, contrariando a técnica e economia deste modelo estrutural, por falta de conhecimento e segurança dos projetistas com o modelo de lajes unidirecionais.

Outra forma que pode ser projetado o sistema estrutural com lajes nervuradas são com vigotas pré-moldadas. Este modelo estrutural é indicado para vão teórico menor que 5 metros e dimensionados para cargas não muito elevadas. Para vãos maiores de 5 metros é indicada a utilização de lajes nervuradas moldadas “in loco”, pois apresentam valores menores de deslocamentos transversais em comparação com as lajes nervuradas de vigotas pré-moldadas, e por isso necessita de uma espessura de laje maior para atender os critérios de deslocamento transversais. Como a laje nervurada apresenta vãos vazios abaixo da linha neutra e entre as nervuras ou com preenchimento com material inerte leve, se torna um sistema mais viável economicamente, por necessitar um menor volume de concreto e melhor aproveitamento do aço usando bitolas menores, e assim diminuindo o peso próprio da estrutura que é a maior carga atuante, como se pode verificar na figura 4, que mostra o corte transversal de uma laje nervurada onde se observa as nervuras e as lajes. (SILVA, 2005).

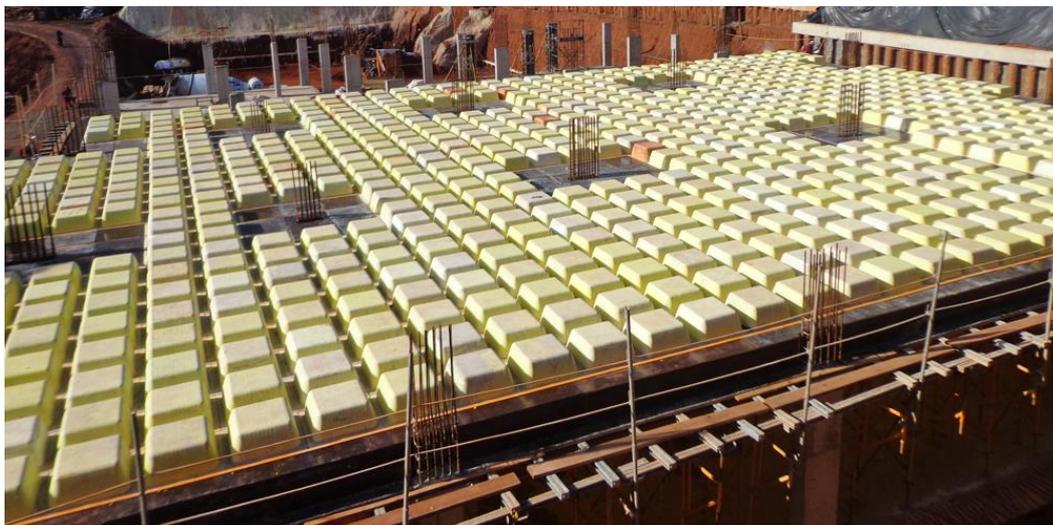
Figura 4. Corte modelo de uma laje nervurada.



Fonte: Silva (2005).

Na fotografia 2, pode-se observar a execução das formas e armaduras de uma laje nervurada armada em duas direções. Para a execução deste sistema estrutural normalmente são utilizados sistemas de formas de cubetas plásticas, peças plásticas que podem variar sua altura e largura de acordo com as características do projeto estrutural, ou então de acordo com a disponibilidade dos fornecedores destes equipamentos. Estes fornecedores normalmente têm seu sistema próprio para o cimbramento das lajes e auxiliam na montagem das formas por serem de peças com encaixe rápido, o que aumenta a velocidade de montagem, e na desforma das lajes e no reescoramento do sistema. (SILVA, 2005).

Fotografia 2. Execução de formas lajes nervuradas armadas em duas direções.



Fonte: Catalogo Ulma (2015).

Na fotografia 3, pode-se observar como é o acabamento de uma laje nervurada após a concretagem e a desforma das cubetas das nervuras da laje. Observa-se que na região dos apoios dos pilares não apresentam nervuras para evitar o puncionamento dos pilares nas lajes.

Fotografia 3. Laje nervurada armada em duas direções.



Fonte: Catalogo Atex (2017).

Na fotografia 4, pode-se observar as formas de lajes nervuradas e armadas em uma direção, com as formas de cubetas plásticas, com nervuras principais e secundárias, nas quais as principais estão localizadas nos vãos menores e por consequência as secundárias nos vãos maiores. As distâncias entre os eixos são distintas: nos vãos entre as nervuras secundárias são maiores, já as nervuras primárias são maiores, diferentemente das lajes nervuradas armadas em duas direções, onde as distâncias entre as nervuras são iguais em todas as direções. (TÉNORIO, 2011).

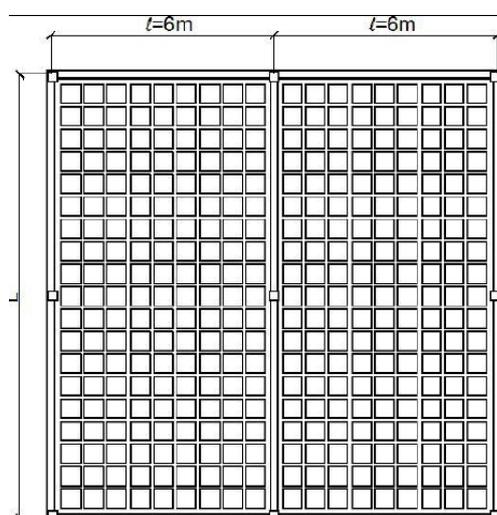
Fotografia 4. Formas das lajes nervuradas armadas em uma direção.



Fonte: Tenório (2011).

Na figura 5. O autor elaborou dois croquis de planta baixa, uma laje com nervurada bidirecional (LNB) e outra com a laje nervurada unidirecional (LNU). Que pode-se observar na LNB que as nervuras possuem mesmos comprimentos tanto no sentido horizontal e vertical. (TÉNORIO, 2011).

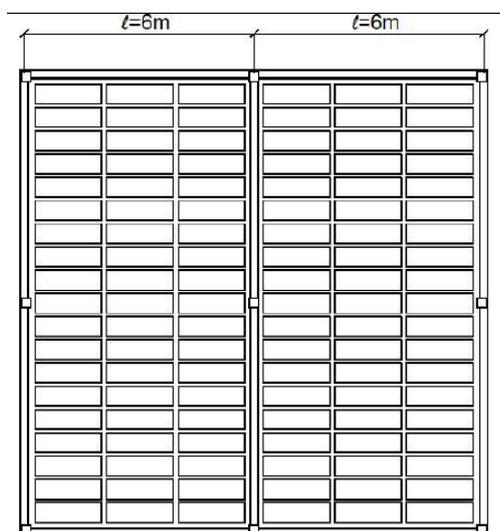
Figura 5. Croqui de uma laje nervurada bidirecional.



Fonte. Ténorio (2011).

Na figura 6 e na LNU as nervuras principais estão no sentido vertical da figura e a nervura secundária está no sentido horizontal da figura. (TÉNORIO, 2011).

Figura 6. Croqui de laje nervurada bidirecional.



Fonte: Ténorio (2011).

Para Silva (2005) as lajes nervuradas moldadas de concreto armada “in loco”, apresentam vãos entre as nervuras que podem permanecer vazias como foi apresentado nas fotografias 2, 3 e 4. Para este modelo são necessárias formas para moldar as mesas e as nervuras deste sistema, o autor destaca também que ao invés de utilizar formas pode-se utilizar materiais de enchimento desses vazios entre as nervuras, utilizando apenas formas na face interior das nervuras, que são normalmente constituídas de um assoalho de madeira único, que serve de apoios para os materiais que são utilizados como enchimento. Este material de enchimento das lajes deve apresentar peso próprio menor e com custo mais barato que do concreto armado, como por exemplo tijolos cerâmicos, blocos de concreto celular e os blocos de poliestireno expandido conhecido popularmente como EPS.

Carvalho e Pinheiro (2009) destacam que as lajes nervuradas possuem nervuras inferiores e uma mesa superior que tem como seção transversal forma de “T”, tendo maior resistência dos momentos fletores positivos, que tracionam a parte inferior da nervura e comprime a superior, que é onde está localizada a mesa que possui uma área maior. Outra característica apontada pelos autores é que este sistema com lajes nervuradas diminui o consumo de concreto, o que possibilita também a utilização de formas semelhantes a de lajes maciças como tablados de

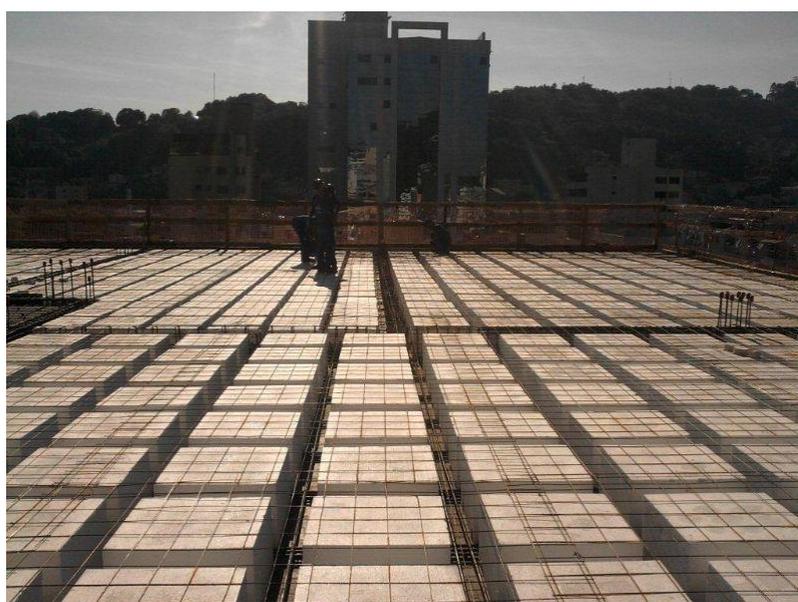
madeiras nivelados, e vãos onde o concreto é substituído por matérias inertes como blocos de EPS, cerâmicos entre outros materiais que tenham características que sejam mais leves e baratos que o próprio concreto armado, o que melhora o acabamento final, porque se tem superfícies inferiores planas. Na fotografia 5 pode se observar o acabamento do forro da laje com blocos de EPS após a concretagem, e na fotografia 6 a vista antes da concretagem com a distribuição dos blocos de EPS.

Fotografia 5. Laje Nervurada após concretagem.



Fonte: ISOMAF (2018).

Fotografia 6. Laje nervurada com Bloco de EPS antes da Concretagem.



Fonte: ISOMAF (2018).

2.4 Definições de orçamentos e custos

A NBR 12.721 (2006) orienta e norteia as premissas para o levantamento e avaliação dos custos unitários e globais, das construções de edificações imobiliárias e outras disposições para condomínios e edificações, estabelecendo critérios e formas das apurações de áreas, custos e coeficientes para elaboração da definição das unidades autônomas.

Para Mattos (2010) a execução de um projeto de qualquer construção depende de altos valores, distribuídos com as despesas de execução, supervisão da obra, manutenção e equipes de apoio que são necessárias para a manter as empresas da construção civil. São separados em três grupos para melhor análise e planejamento dos recursos financeiros que são divididos em custo direto, custo indireto e custo causal. O custo direto representa os valores que são utilizados diretamente na execução da obra, como valores devidos a mão de obra, material e equipamentos. Já o custo indireto, são os gastos que não dependem da produção direta da obra, pois mesmo que não tenha nenhuma obra em execução a empresa terá estes custos normalmente, como materiais de escritório, equipe de suporte e outros gastos. E o custo casual pode ou não ocorrer, é um custo que não se tem normalmente. Para Mattos (2010), pode se atribuir alguns gastos a este custo como as multas por atraso da entrega da obra, premiações por antecipações dos serviços.

Para Xavier (2008), o orçamento auxilia a elaboração do cronograma e o planejamento de uma obra, pois de acordo com as variações econômicas das etapas da obra pode-se organizar e planejar o cronograma de execução da obra, para elaborar um orçamento detalhado, é imprescindível que o profissional que irá realizar o orçamento tenha um vasto conhecimento dos métodos construtivos e dos processos da execução que serão desenvolvidos na obra, e um bom entendimento dos projetos, para conseguir identificar quais os elementos construtivos e materiais que irão requerer uma atenção maior na elaboração do orçamento.

O orçamento também pode ser definido de forma mais direta de acordo com os valores prováveis que são cobrados por serviços e mais os materiais empregados em cada etapa ou de toda a obra executada, determinados nos projetos específicos

para execução, de acordo com as estimativas dos materiais a serem empregados e horas necessárias para realizar os serviços. (BAÊTA, SARTOR, 1998).

2.4.1 Projeção dos custos dos materiais

Xavier (2008) destaca que pode-se usar histórico de dados para elaborar um orçamento sumário que é uma forma mais incerta de avaliar os custos a serem empregados nas obras, por ser uma forma mais generalista de abordar as despesas totais da construção, que se quantifica as áreas que devem ser construídas e fazendo o produto destas áreas pelos custos de unidades em metros quadrados, utilizando as bases dos índices da construção civil para verificar se o orçamento se enquadra a realidade do setor, de acordo com as referências. O autor apresenta na Tabela 1. Os índices dos custos de produção de acordo com as etapas das construções.

Tabela 1. Índice de Custos de Produção.

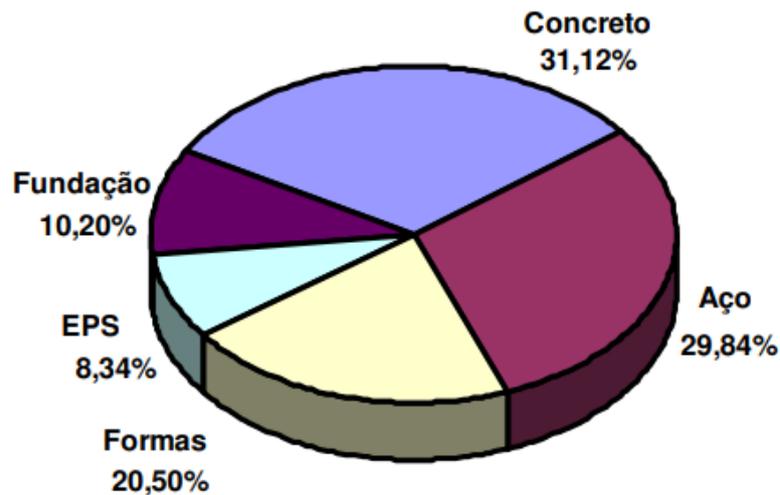
Etapas e Serviços	Porcentagem
Projetos e aprovações	5% a 12 %
Serviços preliminares	2% a 4%
Fundações	3% a 7%
Estrutura	14% a 22%
Cobertura	4% a 8%
Instalações hidráulicas	7% a 11%
Impermeabilização/Isolamento térmico	2% a 4%
Esquadrias	4% a 10%
Revestimentos / Acabamentos	15% a 23%
Vidros	1% a 2,5%
Serviços Complementares	0,5% a 1%

Fonte: Xavier (2008).

Já Giroldo (2007) relata que os valores gastos com a estrutura apresentam variação de 15% a 20% do custo total de uma edificação. De acordo com sua pesquisa, ele dividiu os custos atribuídos a estrutura em 4 etapas os insumos para analisar os valores gastos: fundação, concreto, aço e formas, e quando necessário o de outros insumos que tenham valores representativos nos custos gerais das

estruturas, como por exemplo o das lajes nervuradas com enchimento de blocos de EPS, como se observa no gráfico 3. Que apresenta os percentuais dos materiais utilizados e etapa de fundação empregados neste sistema estrutural.

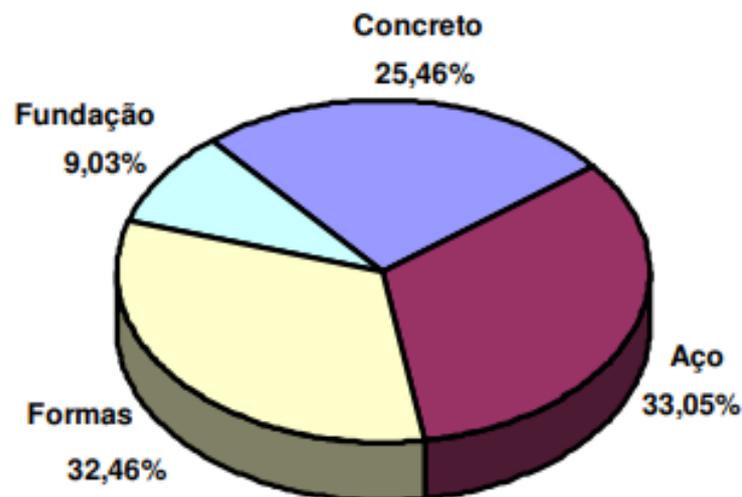
Gráfico 3. Custos por matérias e fundação de laje nervurada com enchimento de EPS.



Fonte: Giroldo (2007).

No gráfico 4, o autor apresenta as porcentagens dos valores gastos com as estruturas em cada etapa do sistema estrutural da edificação definido como sistema estrutural de laje maciça convencional apresentada pelo autor, que possui lajes apoiadas em vigas de bordas aparentes.

Gráfico 4. Custos por materiais e fundação de laje maciça convencional.



Fonte: Giroldo (2007).

2.4.2 Projeção dos custos de mão de obra.

Baêta e Sartor (1998) afirmam que os custos de mão de obra devem ser calculados através dos custos dos salários pagos diretamente aos empregados que atuam na execução da obra, acrescidos dos encargos trabalhistas e sociais previstos na legislação trabalhista Brasileira.

De acordo com Dias (2004) para elaborar a projeção dos orçamentos da mão de obra, deve-se observar as leis trabalhistas vigentes no país, assim como os acordos coletivos entre os sindicatos dos trabalhadores e os patronais, que estabelecem formas de remuneração e trabalho, a remuneração não pode ser inferior ao salário mínimo vigente no país, e as horas de trabalho não pode ser superior a 44 horas semanais de trabalho. Então para se elaborar os orçamentos de mão de obra, se realiza a projeção das horas de trabalho na construção civil por dia útil, normalmente se considera 9 horas de trabalho de segunda-feira a quinta-feira e na sextas-feiras a jornada de trabalho é de 8 horas, não considerando os sábados, domingos e feriados como dias de trabalho.

O Custo unitário básico (CUB), são valores calculados mês a mês pelos sindicatos da indústria da construção de cada região do país e servem como índices de custos para cada região, e parâmetros para se ter os valores aproximados de referência, pois existem vários fatores que podem alterar de obra para obra, e outros valores que não são considerados para o cálculo do CUB (DIAS. 2004).

De acordo com os valores apresentados mensalmente pelo Sinduscon-RS o CUB, por definição é o custo unitário básico de construção por m², onde são apresentados os valores de referência para construção civil no estado do Rio Grande do Sul, de acordo com as classificações das obras, por altura, padrão e tamanho do imóvel, estabelecida pela ABNT (NBR 12.721). Estes documentos divulgados pelos Sinduscon de cada região, apresentam os valores com as estimativas dos custos por m², através dos somatórios dos materiais necessários, os custos da mão de obra por m², os equipamentos e das despesas administrativas. Com estes dados é possível observar que os custos da mão de obra têm grande relevância no valor total gasto em uma obra, pois estes valores variam de 42% até 60% do valor total empregado para execução de um empreendimento, de acordo com a tabela divulgada pelo Sinduscon-RS mensalmente, e apresentada na tabela 2. Com os valores de referência para construção civil no mês de abril de 2018.

Tabela 2. Composição do CUB em mês Abril de 2018.

PROJETO	Custo R\$/m ²	Composição em R\$				Composição em %			
		Materiais	Mão-de-obra	Despesas Administrativas	Equipamentos	Materiais	Mão-de-obra	Despesas Administrativas	Equipamentos
R 1-B	1.404,630	604,56	657,89	133,02	9,16	43,04%	46,84%	9,47%	0,65%
R 1-N	1.763,750	713,10	925,11	124,90	0,64	40,43%	52,45%	7,08%	0,04%
R 1-A	2.206,790	1.083,97	1.003,95	118,08	0,79	49,12%	45,49%	5,35%	0,04%
PP 4-B	1.276,660	678,23	554,21	35,37	8,85	53,13%	43,41%	2,77%	0,69%
PP 4-N	1.689,320	721,56	817,87	149,77	0,12	42,71%	48,41%	8,87%	0,01%
R 8-B	1.213,280	651,37	520,80	31,82	9,29	53,69%	42,92%	2,62%	0,77%
R 8-N	1.456,910	639,49	735,89	69,09	12,44	43,89%	50,51%	4,74%	0,85%
R 8-A	1.789,350	919,98	776,16	81,47	11,74	51,41%	43,38%	4,55%	0,66%
R 16-N	1.416,550	639,28	708,23	57,18	11,86	45,13%	50,00%	4,04%	0,84%
R 16-A	1.827,120	866,36	872,28	70,67	17,81	47,42%	47,74%	3,87%	0,97%
PIS	989,540	503,92	448,01	32,98	4,63	50,92%	45,27%	3,33%	0,47%
RP1Q	1.468,030	566,31	890,06	0,00	11,66	38,58%	60,63%	0,00%	0,79%
CAL 8-N	1.727,140	791,25	822,30	92,57	21,02	45,81%	47,61%	5,36%	1,22%
CAL 8-A	1.900,080	956,39	830,09	92,58	21,02	50,33%	43,69%	4,87%	1,11%
CSL 8-N	1.444,000	617,62	739,96	73,09	13,33	42,77%	51,24%	5,06%	0,92%
CSL 8-A	1.658,160	811,78	759,85	73,09	13,44	48,96%	45,82%	4,41%	0,81%
CSL 16-N	1.928,120	840,63	984,86	81,98	20,65	43,60%	51,08%	4,25%	1,07%
CSL 16-A	2.209,790	1.095,55	1.011,75	81,98	20,51	49,58%	45,78%	3,71%	0,93%
GI	766,140	349,75	411,49	0,00	4,90	45,65%	53,71%	0,00%	0,64%

Fonte: DEE Sinduscon-RS (2018).

2.5 Definições de Indicadores

Costa (2003) afirma que os indicadores podem ser utilizados em empresas do setor da construção civil, como balizadores de custos, para auxiliar na busca do êxito dos negócios, e na tomada das decisões, e podem ser utilizados para comparações externas, com outras empresas do ramo da construção civil. Os indicadores podem ser divididos em critérios competitivos, processos críticos e processos de apoio. De acordo com as características dos seus empreendimentos, e o mercado de atuação, clientes e concorrentes. Na Tabela 3, se identifica a separação e a qualificação dos indicadores de acordo com os vínculos nos processos produtivos.

Tabela 3. Elementos vinculados aos sistemas de indicadores de desempenho.

Critérios competitivos	custo	prazo	qualidade		
Processos críticos	vendas	mercado	planejamento da produção	fornecedores	clientes
Processos de apoio	segurança	peçoas			

Fonte: Costa (2003).

2.5.1 Indicador de produtividade

As caracterizações das formas de produções das construções das edificações imobiliárias, são através dos processos construtivos tradicionais na grande parte das obras, que colabora para que se tenha formas de execuções dos serviços padronizadas, facilitando a elaboração dos indicadores de produção, que é um recurso que se auxilia na comparação dos custos médios de construção, e é dado através do valor em reais por metro quadrado de área construída (R\$/m²). Outro indicador muito utilizado para mensurar a produtividade global da mão de obra é o relativo a homens horas de trabalho por metro quadrado construído (Hh/m²). Estes indicadores podem ser obtidos através dos dados históricos ou de acordo com as produtividades e custos, que normalmente são utilizados na elaboração dos orçamentos para novos empreendimentos ou estudos de viabilidade, e ajudam na tomada de decisões quanto a produção. (ASSUMPÇÃO e LIMA; 1996).

Uma das formas mais diretas de mensurar a produtividade é através do indicador chamado de razão unitária de produção que é denominada pela sigla RUP, e pode ser representada na equação 1, que representa a padronização do cálculo de produção para se conseguir avaliar os dados. Um exemplo de como medir a produção, é a produção dos revestimentos argamassados de fachada que é avaliado pela quantidade de horas homens necessárias para executar os serviços dividido pela área que foi produzida, onde os valores de homens horas são as entradas e as áreas de produção os valores de saída. (Equação 1) Souza (2000).

$$RUP = \frac{\textit{Entradas}}{\textit{Saídas}} \quad (1)$$

2.5.2 Indicadores de referência de consumo de materiais

A Câmara Brasileira da indústria da Construção Civil (CBIC) destaca em seu relatório de 2017, que a forma de medir o consumo do uso dos materiais pode ser avaliada de acordo com a variação do material utilizado pela quantidade do serviço concluído, e é apresentada pela equação 2, que também pode apresentar as perdas dos materiais utilizados, onde o Qmaterial representa a quantidade do material que pode ser especificado por área, ou volume ou massa, ou outras unidades de medidas, que será dividido por um Qserviço que representa o serviço que foi

concluído, e que pode ser medido por área, volume ou outra unidade que interessar a aferição.

$$Cum = \frac{Q_{material}}{Q_{serviço}} \quad (2)$$

Novaes (2000) destaca que o uso dos indicadores auxilia na caracterização dos produtos e métodos construtivos, desde a concepção do empreendimento até os projetos executivos para produção. Estas caracterizações dos indicadores devem ser padronizadas de acordo com as áreas de influência e independente das particularidades de cada empreendimento e respectiva edificação, levando em conta o produto e produção ou o que represente os aspectos específicos dos mesmos. O autor apresenta alguns resultados através dos indicadores de consumo de materiais dos sistemas estruturais, que podem servir como valores de referência, alguns indicadores e consumo de materiais destacados por Novaes (2000) são:

- a) Volume de concreto / área construída (m^3/m^2);
- b) Peso de aço / área construída (kg/m^2);
- c) Área de formas / área Construída (m^2/m^2);
- d) Consumo de aço, formas e concreto de cada elemento estrutural de acordo com a porcentagem que representa dentro do total da estrutura;
- e) Peso de aço / volume de concreto (kg/m^3);
- f) Peso de aço / volume de concreto de vigas (kg/m^3);
- g) Área de formas / Volume de concreto de elementos estruturais vigas, pilares e lajes (m^2/m^3).

3 METODOLOGIA

Neste capítulo são descritos como foram desenvolvidas as metodologias para coletar os dados, calcular os indicadores, e análise e comparação dos indicadores dos sistemas estruturais abordados no trabalho. Foram analisados os dados de três obras, uma obra de cada sistema estrutural abordado no referencial teórico, que são; lajes maciças apoiadas em vigas aparentes de borda, lajes planas maciças e lajes nervuradas com preenchimento de blocos em EPS, todas em concreto armado e concretadas “in loco”.

Os dados foram coletados de duas formas, uma por meio de correio eletrônico através de um questionário que foi encaminhado para os engenheiros ou arquitetos responsáveis técnicos pela execução dos empreendimentos analisados e a outra forma de coleta dos dados, foi através de uma visita realizada na obra e coleta das informações por meio do mesmo questionário, e as perguntas que foram realizadas aos responsáveis técnico das obras são:

- a) Qual a área de projeção do pavimento tipo de acordo com o projeto?
- b) Qual o volume de concreto em m^3 do pavimento tipo, separado por pilares, vigas e lajes definidos pelas tabelas de consumo do projeto estrutural?
- c) Qual a massa de aço em quilogramas do pavimento tipo, separados por pilares, vigas e lajes de acordo com as tabelas de consumo de aço dos projetos estruturais?
- d) Qual o consumo das áreas de formas em m^2 do pavimento tipo, separados por pilares, vigas e lajes definidos pelas tabelas de consumo dos projetos estruturais?
- e) Qual o número médio por dia dos operários incluindo serventes, meia-oficial, carpinteiros e ferreiros que trabalharam no ciclo de uma laje incluindo a execução dos pilares, vigas e lajes de acordo com os dados da obra?
- f) Qual o número de dias de trabalho para execução completa de um ciclo de uma laje incluindo a execução dos pilares, vigas e lajes de conforme os dados da obra?

Os indicadores que foram estudados para analisar e comparar os sistemas construtivos da pesquisa, e apresentação dos indicadores de consumos unitários

dos materiais como foram apresentados na revisão bibliográfica, onde Novaes (2000), apresentou em seus estudos os indicadores unitários de consumo dos materiais por metro quadrado de projeção de área do pavimento analisado. Já o indicador apresentado por Assumpção e Lima (1996), mostra a medição e a comparação da produtividade na construção civil através das homens horas necessárias de trabalho para determinada demanda de serviço realizado, que no caso deste trabalho será área de projeção do pavimento tipo.

3.1 Apresentação das obras e os dados

Neste item serão apresentadas as características de cada obra, e os dados coletados para os cálculos dos indicadores de consumo, as obras foram identificadas da letra “A” a letra “C” de acordo com o quadro de resumo das três obras.

Tabela 4. Resumo das 3 obras.

Obra	Sistema Estrutural	Finalidade da edificação	Número de pavimentos	Área do pavimento analisado
A	Laje apoiadas em vigas aparentes de bordas (sistema convencional)	Residencial	9 (6 tipos)	183,34 m ²
B	Laje plana maciça de concreto armado	Comercial	10 (6 tipos)	400,60 m ²
C	Laje nervurada com preenchimento de blocos de EPS	Misto (Residencial/ Comercial)	14 (11 tipos)	378,23 m ²

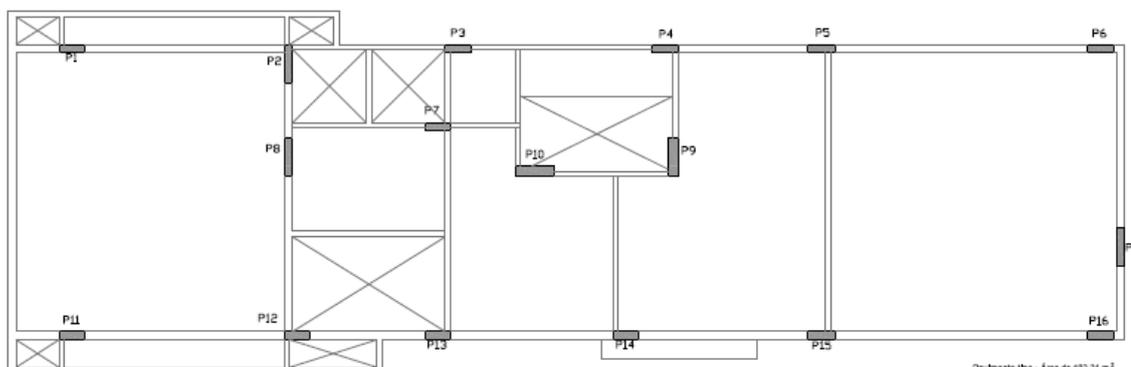
Fonte: Autor (2018).

3.1.1 Apresentação da obra “A”.

A obra “A” é caracterizada por ser um empreendimento em concreto armado que possui lajes apoiadas em vigas de periferias aparentes, e essas descarregam suas cargas nos pilares. Este empreendimento tem como público alvo a classe

média alta, e possui um apartamento por pavimento de aproximadamente de 170 m² privativos, com 9 pavimentos, sendo 6 pavimentos tipos, na figura

Figura 7. Croqui da planta baixa do pavimento tipo da obra “A” sem escala.



Fonte: Autor (2018).

As lajes deste empreendimento possuem espessuras de 12 a 14 centímetros. As lajes com 12 cm são as que estão localizadas nas áreas do hall de entrada do apartamento e corredor das escadas. As vigas apresentam alturas que variam de 45 a 60 cm, e pilares com seção semelhantes, mas variadas, o pé direito dos pavimentos tipos deste empreendimento são de 277,5 cm.

A mão de obra deste empreendimento é própria, ou seja, são funcionários da empresa, que procura manter a mesma equipe de funcionários, pois possuem experiência com este sistema de construção, atendendo ao padrão de serviço exigido pela empresa e as peculiaridades do público alvo do empreendimento.

Abaixo pode-se observar os dados coletados no quadro 1, junto ao responsável técnico:

Quadro 1. Dados obra “A”

Dados da obra "A"	Unidade
Área do pavimento tipo	183,34 m ²
Consumo de volume de concreto dos pilares de 1 pavimento tipo	6,50 m ³
Consumo de volume de concreto das vigas de 1 pavimento tipo	20,00 m ³
Consumo de volume de concreto das lajes de 1 pavimento tipo	22,00 m ³
Consumo de volume total de concreto de 1 pavimento tipo	49,00 m ³
Consumo de massa de aço dos pilares de 1 pavimento tipo	1373 kg
Consumo de massa de aço das vigas de 1 pavimento tipo	1098 kg
Consumo de massa de aço das lajes de 1 pavimento tipo	2068 kg
Consumo total de massa de aço de 1 pavimento tipo	4539 kg

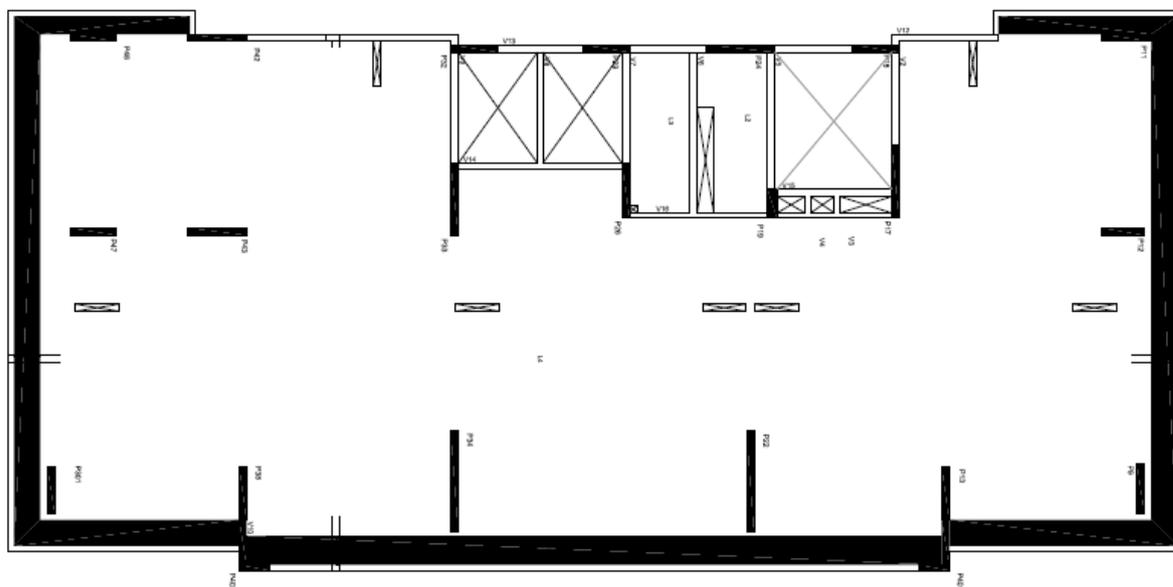
Consumo de área de formas dos pilares de 1 pavimento tipo	128 m ²
Consumo de área de formas das vigas de 1 pavimento tipo	154 m ²
Consumo de área de formas das lajes de 1 pavimento tipo	84,3 m ²
Consumo total de área de formas de 1 pavimento tipo	366,3 ²
Número de médio operários que trabalharam no ciclo de 1 pavimento tipo	16 operários
Dias uteis trabalhados para executar um pavimento tipo	10 dias

Fonte: Autor (2018).

3.1.2 Apresentação da obra “B”.

A obra “B” é uma edificação vertical comercial com área total construída de 6981,43 m², em concreto armado, com sistema construtivo de lajes planas maciças em concreto armado e concretadas e “in loco”. O pavimento tipo é composto por 7 salas comerciais com áreas de 26 a 46 m², escada de acesso, dois elevadores e um banheiro para acesso para deficientes físicos de uso comum em cada pavimento tipo. Na figura 8 pode-se observar o croqui da planta baixa da obra B sem escala do pavimento que foi analisado no trabalho.

Figura 8. Croqui sem escala da planta baixa da obra “B” sem escala



Fonte: Autor (2018).

As lajes do pavimento tipo possuem espessuras de 20 cm, embora a obra “B” é caracterizada como laje plana, a edificação apresenta algumas vigas com alturas de 50 cm, nos perímetros das caixas do elevador, escada de acesso, banheiro de

uso comum do pavimento e circulação de acesso ao banheiro de uso comum do pavimento.

A mão de obra que está executando o empreendimento é própria, já trabalhou em outros empreendimentos de concreto armado, mas é primeira vez que executam uma laje plana toda em concreto armado.

Os dados da obra B estão definidos no quadro 2, coletado com responsável técnico da obra.

Quadro 2. Dados da obra "B".

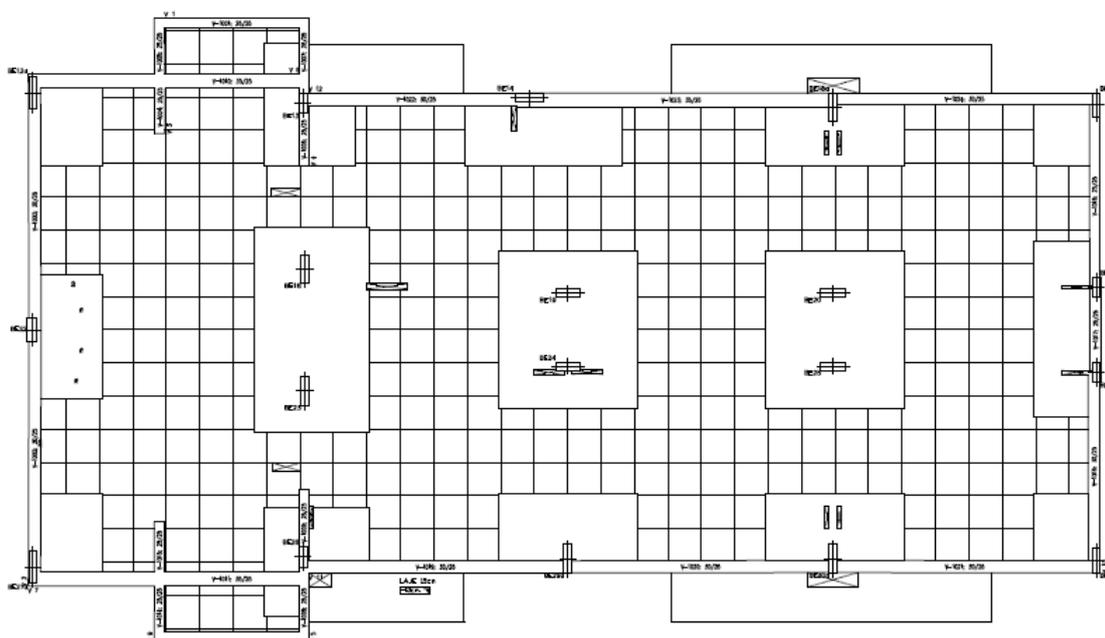
Dados da obra "B"	Unidade
Área do pavimento tipo	400,60 m ²
Consumo de volume de concreto dos pilares de 1 pavimento tipo	17,30 m ³
Consumo de volume de concreto das vigas de 1 pavimento tipo	11,32 m ³
Consumo de volume de concreto das lajes de 1 pavimento tipo	69,24 m ³
Consumo de volume total de concreto de 1 pavimento tipo	97,86 m ³
Consumo de massa de aço dos pilares de 1 pavimento tipo	1575 kg
Consumo de massa de aço das vigas de 1 pavimento tipo	839 kg
Consumo de massa de aço das lajes de 1 pavimento tipo	6233 kg
Consumo total de massa de aço de 1 pavimento tipo	8647 kg
Consumo de área de formas dos pilares de 1 pavimento tipo	207,53 m ²
Consumo de área de formas das vigas de 1 pavimento tipo	112,07 m ²
Consumo de área de formas das lajes de 1 pavimento tipo	362,81 m ²
Consumo total de área de formas de 1 pavimento tipo	682,41 m ²
Número de médio operários que trabalharam no ciclo de 1 pavimento tipo	8 operários
Dias uteis trabalhados para executar um pavimento tipo	14 dias

Fonte: Autor (2018).

3.1.3 Apresentação da obra "C"

A obra "C" é um empreendimento projetado com lajes nervuradas e preenchimento de material inerte, que para este caso foi adotado blocos maciços de EPS. O empreendimento analisado possui 14 pavimentos sendo 11 tipos, é uma edificação mista com salas comerciais nos pavimentos térreo e 2º, e a partir do 3º pavimento é destinado ao condomínio residencial. O pavimento tipo começa a partir do 4º pavimento com apartamentos de 1 a 2 dormitórios, e o público alvo desta edificação é a classe média. Na figura 9 é apresentada o croqui da planta baixa da obra C sem escala.

Figura 9. Croqui da planta baixa do pavimento tipo da obra “C” sem escala.



Fonte: Autor (2018).

O pavimento tipo que será o objetivo da análise do trabalho possui uma área de 378,23 m², as lajes possuem espessuras de 25 cm, com blocos de EPS, que têm como objetivo diminuir o peso próprio da estrutura, os blocos possuem dimensões de 70 x 70 x 20 cm, com vigas nervuradas de bordas destes blocos de EPS, as “nervuras” apresentam dimensões de 12 x 25 cm. Nas áreas dos pilares apresentam capiteis maciços de concreto armado de mesma espessura das nervuras como é apresentado na croqui da planta baixa na figura 9.

O empreendimento teve início da execução da supra estrutura em setembro de 2017 e conclusão da estrutura em março de 2018, sendo que a equipe de trabalho já possui experiência neste modelo de sistema estrutural adotado, com a execução de alguns empreendimentos neste mesmo sistema, e além desta torre serão construídas mais duas torres iguais a esta.

O dado característico desta edificação é apresentado no quadro 3:

Quadro 3. Dados da obra “C”.

Dados da obra "c"	Unidade
Área do pavimento tipo	378,23 m ²
Consumo de volume de concreto dos pilares de 1 pavimento tipo	7,31 m ³
Consumo de volume de concreto das vigas de 1 pavimento tipo	7,10 m ³

Consumo de volume de concreto das lajes de 1 pavimento tipo	50,74 m ³
Consumo de volume total de concreto de 1 pavimento tipo	65,15 m ³
Consumo de massa de aço dos pilares de 1 pavimento tipo	1315 kg
Consumo de massa de aço das vigas de 1 pavimento tipo	1628 kg
Consumo de massa de aço das lajes de 1 pavimento tipo	4633 kg
Consumo total de massa de aço de 1 pavimento tipo	7576 kg
Consumo de área de formas dos pilares de 1 pavimento tipo	92,20 m ²
Consumo de área de formas das vigas de 1 pavimento tipo	54,95 m ²
Consumo de área de formas das lajes de 1 pavimento tipo	349,36 m ²
Consumo total de área de formas de 1 pavimento tipo	496,51 m ²
Número de médio operários que trabalharam no ciclo de 1 pavimento tipo	38 operários
Dias uteis trabalhados para executar um pavimento tipo	7 dias

Fonte: Autor (2018).

3.2 Indicadores de consumo de concreto

Nesta seção são apresentadas as equações para os calculados os índices de consumo de concreto exibidos na revisão bibliografia, analisando os indicadores por elementos estruturais e o total de consumo de concreto dos sistemas estruturais construtivos.

3.2.1 Indicadores de consumo de concreto por elementos estruturais.

Os índices de consumo de concreto unitários dos elementos estruturais são definidos com as especificações abaixo:

- Consumo de concreto de todos os pilares do pavimento analisado por área de projeção do pavimento;
- Consumo de concreto de todas as vigas por área de projeção do pavimento;
- Consumo de concreto de todas as lajes do pavimento analisado por área de projeção do pavimento.

Estes indicadores foram analisados pelo volume de concreto das peças pela área do pavimento, com unidades de referência em m³/m².

As fórmulas destes indicadores estão apresentadas pela equação 3, do consumo dos pilares, equação 4, consumo das vigas, e equação 5, consumo das lajes.

$$I_{cp} = \frac{V_p}{A_p} \quad (3)$$

Onde:

I_{cp} : Consumo unitário de concreto dos pilares, m^3/m^2 ;

V_p : Volume de Concreto de todos os pilares do pavimento, m^3 ;

A_p : Área de projeção do pavimento, m^2 .

$$I_{cv} = \frac{V_v}{A_p} \quad (4)$$

Onde:

I_{cv} : Consumo unitário de concreto das vigas, m^3/m^2 ;

V_v : Volume de Concreto de todas as vigas do pavimento, m^3 ;

A_p : Área de projeção do pavimento, m^2 .

$$I_{cl} = \frac{V_l}{A_p} \quad (5)$$

Onde:

I_{cl} : Consumo unitário de concreto das lajes, m^3/m^2 ;

V_l : Volume de Concreto de todas as lajes do pavimento, m^3 ;

A_p : Área de projeção do pavimento, m^2 .

3.2.2 Indicador de consumo de concreto total

A definição do indicador de consumo total de concreto de cada sistema estrutural foi pelo somatório dos indicadores de consumo de concreto por elementos estruturais que são: pilares, vigas e lajes estabelecidos anteriormente, de acordo com a equação 6 abaixo, e com mesma unidade referência m^3/m^2 .

$$I_{ct} = I_{cp} + I_{cv} + I_{cl} \quad (6)$$

Onde:

I_{ct} = Indicador unitário de consumo total de concreto em m^3/m^2 ;

I_{cp} = Indicador de consumo de concreto dos pilares em m^3/m^2 ;

I_{cv} = Indicador de consumo de concreto das vigas m^3/m^2 ;

I_{cl} = Indicador de consumo de concreto das lajes m^3/m^2 .

Com este indicador foi possível definir qual das três obras analisadas apresentou menor consumo unitário de concreto, por área de projeção de pavimento.

3.3 Indicadores de consumo de aço

Para definição dos indicadores de consumo de aço foram analisados os dados de cada obra dos valores da massa, indicados nas tabelas de consumo dos materiais dos projetos estruturais, referente à massa de aço necessária para elaborar os elementos estruturais estabelecidos no projeto.

3.3.1 Indicadores de consumo de aço por elementos estruturais

Os indicadores de consumo de aço foram estabelecidos com os dados obtidos com os responsáveis técnicos das obras “A”, “B” e “C”. As massas de aço necessárias para executar os elementos estruturais, com unidade de referência de massa em quilogramas (kg) sendo a mesma forma que se comercializa o aço no Brasil. O cálculo dos indicadores de consumo de aço foi realizado de forma semelhante ao que foi apresentado nos indicadores de consumo de concreto, separando o consumo dos insumos necessários de acordo com a área de projeção do pavimento a ser realizado. Serão estabelecidos os indicadores abaixo:

- a) Consumo total da massa de aço para executar todos os pilares do pavimento analisado por área de projeção do pavimento;
- b) Consumo total de massa de aço para executar todas as vigas do pavimento analisado por área de projeção do pavimento;
- c) Consumo total de massa de aço para executar todas as lajes do pavimento analisado por área de projeção do pavimento.

Cada indicador de consumo destes elementos foi analisado pelo valor unitário da massa de aço necessária para um pavimento que será representado pela área de projeção do pavimento estudado, e são parametrizados pelas fórmulas da equação 7, que é o indicador de consumo unitário total de aço dos pilares. A equação 8, mostrará o consumo unitário total de aços das vigas e por último a equação 9, Indicador de consumo unitário total de aço das lajes.

$$I_{ap} = \frac{M_{ap}}{A_p} \quad (7)$$

Onde:

I_{ap} : Indicador de consumo unitário total de aço dos pilares em kg/m²;

M_{ap} : Massa de aço total de todos os pilares do pavimento em kg;

A_p : Área de projeção do pavimento em m².

$$I_{av} = \frac{M_{av}}{A_p} \quad (8)$$

Onde:

I_{av} : Indicador de consumo unitário total de aço das vigas em kg/m²;

M_{av} : Massa de aço total de todas as vigas do pavimento em kg;

A_p : Área de projeção do pavimento em m².

$$I_{al} = \frac{M_{al}}{A_p} \quad (9)$$

Onde:

I_{al} : Indicador de consumo unitário total de aço das lajes em kg/m²;

M_{al} : Massa de aço total de todas as vigas das lajes em kg;

A_p : Área de projeção do pavimento em m².

3.3.2 Indicador total de consumo de Aço

Estabelecidos os consumos unitários totais de aço por elementos estruturais o consumo total da massa de aço por área de projeção do pavimento tipo estabelecida foi definido pela na equação 10, onde se tem o somatório dos consumos unitários de aço dos elementos estruturais que são os pilares, vigas e lajes, já parametrizados pela área de projeção do pavimento analisado.

$$I_{at} = I_{ap} + I_{av} + I_{al} \quad (10)$$

Onde:

I_{at} é o indicador de consumo unitário total de aço do pavimento em kg/m²;

I_{ap} é o indicador de consumo total de aço dos pilares em kg/m²;

I_{av} é o indicador de consumo total de aço das vigas em kg/m²;

I_{al} é o indicador de consumo total de aço das lajes em kg/m².

Com este indicador é possível apresentar qual dos sistemas estruturais das três obras analisadas apresentou por definição o menor do consumo de aço unitário por metro quadrado.

3.3.3 Indicador de consumo de massa aço por volume de concreto

Este indicador é estabelecido pelo consumo da massa de aço pela relação do volume de concreto consumido conforme foi apresentado por Novaes (2000), de total de cada obra e foi definido pela equação 11.

$$Rmv = \frac{Mt}{Vt} \quad (11)$$

Onde:

Rmv é a relação de massa de aço total por volume de concreto total (kg/m³);

Mt é a massa total de aço (kg)

Vt é o volume total de concreto (m³).

3.4 Indicadores de consumo de área formas

Os consumos de formas foram representados de acordo com as áreas de execução de cada sistema estrutural e com cada elemento estrutural estabelecido como referência para o estudo, a qual se verificou as áreas necessárias para execução dos pilares, vigas e lajes de um nível de pavimento tipo, dividido pela área de projeção do pavimento analisado, que se obteve os indicadores para comparação.

3.4.1 Indicadores de consumo formas por elementos estruturais

Os indicadores de consumos unitários das áreas de formas foram divididos por elementos estruturais e calculados da mesma forma que os indicadores dos elementos estruturais para o concreto e aço. Foi analisado o consumo de área das formas dos elementos estruturais de acordo com a área de projeção do pavimento analisado.

A equação 12, indica o consumo de área total das formas dos pilares, e a equação 13, apresenta o consumo das áreas totais de formas das vigas e por último, a equação 14, que mostra o consumo das áreas de formas totais das lajes.

$$Ifp = \frac{AFp}{Ap} \quad (12)$$

Onde:

Ifp: Consumo unitário total de formas dos pilares em m²/m²;

AFp: Área total das formas dos pilares em m²;

Ap: Área de projeção do pavimento em m².

$$Ifv = \frac{AFv}{Ap} \quad (13)$$

Onde:

Ifv: Consumo unitário total de formas das vigas em m²/m²;

AFv: Área total das formas das vigas em m²;

Ap: Área de projeção do pavimento em m².

$$Ifl = \frac{AFl}{Ap} \quad (14)$$

Onde:

Ifl: Consumo unitário total de formas das lajes em m²/m²;

AFv: Área total das formas das lajes em m²;

Ap: Área de projeção do pavimento em m².

3.4.2 indicador total de consumo de formas

Este indicador apresenta os valores de consumo total das áreas de formas pela área de projeção do pavimento, importante para comparar os sistemas estruturais, e é definido pelos somatórios dos indicadores de consumo unitários de área de formas dos elementos estruturais que são pilares, vigas e lajes de acordo com a equação 15.

$$If_t = Ifp + Ifv + Ifl \quad (15)$$

Onde:

If_t é definição unitária das áreas de formas por m² de laje em m²/m²;

l_{fp} é o indicador de consumo total de formas dos pilares em m^2/m^2 ;

l_{fv} é o indicador de consumo total de formas das vigas em m^2/m^2 ;

l_{fl} é o indicador de consumo total de formas das lajes em m^2/m^2 .

Com este indicador de consumo total de formas foi possível analisar qual dos sistemas estruturais possui o menor consumo unitário de metro quadrado de formas por metro quadrado de projeção de área do pavimento tipo dos sistemas estruturais analisados.

3.4.3 Indicador de consumo de relação de área de formas por volume de concreto

Este indicador apresentara a relação do consumo das áreas de formas por volume de concreto total do pavimento analisado que busca apresentar qual a menor indicador das obras pesquisadas, definido pela equação 16.

$$R_{fv} = \frac{A_t}{V_t} \quad (16)$$

Onde:

R_{fv} é relação do consumo de áreas de formas totais por volume de concreto total (m^2/m^3).

A_t é área total das formas do pavimento tipo (m^2).

V_t é o volume total de concreto do pavimento tipo (m^3).

3.5 Indicadores de produtividade de mão de obra

Nos indicadores de produtividade verificou-se qual dos sistemas estruturais analisados possuem a melhor produtividade das três obras estudadas. É definido pela demanda de homens horas necessárias para executar a área total de projeção do pavimento analisado e as homens horas por volume de concreto, incluindo nesses serviços as horas necessárias de trabalho de todos os elementos estruturais que são pilares, vigas e lajes.

Com estes indicadores foram possíveis analisar e comparar qual dos sistemas construtivos analisados possui o menor tempo de produção para executar um metro quadrado de área. Este parâmetro indica qual sistema necessita menor demanda de mão de obra para executar a estrutura, sendo que o custo da mão de

obra é um item relevante no orçamento global de um empreendimento, como foi mostrado no capítulo 2 e as tabelas do CUB do Sinduscon-RS.

3.5.1 Indicador de produtividade de mão de obra por m²

Para o cálculo deste indicador de produtividade foi necessário realizar uma análise da quantidade de pessoas que trabalharam em média por dia no período para elaboração do ciclo completo de um pavimento, dividido pela área de projeção do pavimento tipo, mostrada na equação 17.

$$T = \frac{N * D * H}{A} \quad (17)$$

Onde:

T é o indicador de produtividade de homens horas necessárias para executar um metro quadrado (hh/m²).

N é o número médio de trabalhadores por dia envolvidos na execução direta dos serviços, incluindo serventes e profissionais de carpintaria, armadores na execução dos pilares vigas e lajes do pavimento analisado;

D é o número de dias uteis trabalhados para executar um nível de pavimento tipo;

H é a quantidade de horas de trabalho de um dia, que de acordo com pesquisas bibliográfica e leis trabalhista brasileiras é de 8,8 horas em média;

A é a área de projeção do pavimento tipo analisado em m².

3.5.2 Indicador de produtividade de mão de obra por volume de concreto

Este indicador é apresentado pela equação 18 onde se tem a relação do tempo para se executar um pavimento tipo pôr volume de concreto utilizado no pavimento tipo.

$$Tv = \frac{N * D * H}{Vt} \quad (18)$$

Onde:

Tv é o indicador de produtividade de homens horas necessárias para executar um metro quadrado (hh/m³).

N é o número médio de trabalhadores por dia envolvidos na execução direta dos serviços, incluindo serventes e profissionais de carpintaria, armadores na execução dos pilares vigas e lajes do pavimento analisado;

D é o número de dias uteis trabalhados para executar um nível de pavimento tipo;

H é a quantidade de horas de trabalho de um dia, que de acordo com pesquisas bibliográfica e leis trabalhista brasileiras é de 8,8 horas em média;

Vt é o volume de consumo de concreto em m³.

4 ANALISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos de acordo com o que foi estabelecido na metodologia de pesquisa.

4.1 Resultados da obra “A”

Os indicadores de consumo de concreto para obra “A”, são apresentados pelas equações 19, 20 e 21 que são os indicadores de consumo por elementos estruturais já definidos pela metodologia.

$$I_{cp} = \frac{6,5 \text{ m}^3}{183,34 \text{ m}^2} = 0,0355 \text{ m}^3/\text{m}^2 \quad (19)$$

$$I_{cv} = \frac{20,5 \text{ m}^3}{183,34 \text{ m}^2} = 0,1118 \text{ m}^3/\text{m}^2 \quad (20)$$

$$I_{cl} = \frac{22,0 \text{ m}^3}{183,34 \text{ m}^2} = 0,1200 \text{ m}^3/\text{m}^2 \quad (21)$$

E o consumo unitário total de concreto incluindo todos os elementos estruturais da obra “A”, é apresentado pela equação 22.

$$I_{ct} = 0,0355 \text{ m}^3/\text{m}^2 + 0,1118 \text{ m}^3/\text{m}^2 + 0,1200 \text{ m}^3/\text{m}^2 = 0,2673 \text{ m}^3/\text{m}^2 \quad (22)$$

Os consumos unitários de aço por elementos estruturais da obra “A” são definidos pela equação 23, que apresenta o indicador de consumo de aço dos pilares, equação 24, que definirá o consumo de aço das vigas e a equação 25 que definirá o consumo unitário de aço lajes da obra “A”.

$$I_{ap} = \frac{1373 \text{ kg}}{183,34 \text{ m}^2} = 7,4888 \text{ kg}/\text{m}^2 \quad (23)$$

$$I_{av} = \frac{1098 \text{ kg}}{183,34 \text{ m}^2} = 5,9889 \text{ kg}/\text{m}^2 \quad (24)$$

$$I_{al} = \frac{2068 \text{ kg}}{183,34 \text{ m}^2} = 11,2796 \text{ kg}/\text{m}^2 \quad (25)$$

A equação 26 consiste na soma dos indicadores dos elementos estruturais, com o objetivo de permitir a comparação do consumo de aço dos três sistemas investigados.

$$I_{at} = 7,4888 \text{ kg}/\text{m}^2 + 5,9889 \text{ kg}/\text{m}^2 + 11,2796 \text{ kg}/\text{m}^2 = 24,7573 \text{ kg}/\text{m}^2 \quad (26)$$

O indicador de relação do consumo de aço por consumo de volume de concreto foi calculado de acordo com a equação 27 da obra A.

$$Rmv = \frac{4538,9 \text{ kg}}{49 \text{ m}^3} = 92,63 \text{ kg/m}^3 \quad (27)$$

Os indicadores de consumo unitário para execução das formas do pavimento tipo da obra “A” de cada elemento estrutural são estabelecidos pelas equações 28, 29 e 30. A equação 28 é referente ao indicador de consumo unitário das formas dos pilares, já a equação 29, das formas das vigas e a equação 30, refere-se às formas da laje.

$$Ifp = \frac{128 \text{ m}^2}{183,34 \text{ m}^2} = 0,6982 \text{ m}^2/\text{m}^2 \quad (28)$$

$$Ifv = \frac{154 \text{ m}^2}{183,34 \text{ m}^2} = 0,8400 \text{ m}^2/\text{m}^2 \quad (29)$$

$$Ifl = \frac{84,3 \text{ m}^2}{183,34 \text{ m}^2} = 0,4598 \text{ m}^2/\text{m}^2 \quad (30)$$

O indicador para analisar o consumo total das áreas de formas para a obra “A” é representado pela equação 31.

$$If_t = 0,6982 \text{ m}^2/\text{m}^2 + 0,8400 \text{ kg}/\text{m}^2 + 0,4598 \text{ kg}/\text{m}^2 = 1,998 \text{ m}^2/\text{m}^2 \quad (31)$$

O indicador de relação de consumo de área de formas por volume de concreto é apresentado na equação 32.

$$Rfv = \frac{366,30 \text{ m}^2}{49 \text{ m}^3} = 7,4755 \text{ m}^2/\text{m}^3 \quad (32)$$

O indicador de produtividade da obra “A”, é definido pela equação 33, que define a produtividade unitária por horas de homens necessárias para construção de um metro quadrado de pavimento tipo.

$$T = \frac{16 \text{ homens} \times 10 \text{ dias} \times 8,8 \text{ horas}}{183,34 \text{ m}^2} = 7,6797 \text{ hh}/\text{m}^2 \quad (33)$$

E o indicador de produtividade em relação ao volume de concreto construído é apresentado na equação 34.

$$Tv = \frac{16 \text{ homens} \times 10 \text{ dias} \times 8,8 \text{ horas}}{49 \text{ m}^3} = 28,7347 \text{ hh}/\text{m} \quad (34)$$

4.2 Resultados da obra “B”

Os índices de consumo unitários dos volumes de concreto por elementos estruturais foram calculados de forma semelhante à obra “A”, onde a equação 35 apresenta o indicador de consumo unitário de concreto dos pilares, a equação 36, o indicador de consumo unitário das vigas e a equação 36 o indicador de consumo de concreto das lajes para obra “B”.

$$I_{cp} = \frac{17,3 \text{ m}^3}{400,6 \text{ m}^2} = 0,0432 \text{ m}^3/\text{m}^2 \quad (35)$$

$$I_{cv} = \frac{11,32 \text{ m}^3}{400,6 \text{ m}^2} = 0,0283 \text{ m}^3/\text{m}^2 \quad (36)$$

$$I_{cl} = \frac{69,24 \text{ m}^3}{400,6 \text{ m}^2} = 0,1728 \text{ m}^3/\text{m}^2 \quad (37)$$

Já o índice unitário de consumo global dos volumes de concreto para execução de um pavimento tipo da obra “B”, é apresentado pela equação 38.

$$I_{ct} = 0,0432 \text{ m}^3/\text{m}^2 + 0,0283 \text{ m}^3/\text{m}^2 + 0,1728 \text{ m}^3/\text{m}^2 = 0,2443 \text{ m}^3/\text{m}^2 \quad (38)$$

Os indicadores de consumo unitários de aço da obra “B”, separados de acordo com os elementos estruturais já definidos anteriormente, são apresentados pelas equações 39, para os pilares, e a equação 40, para as vigas e equação 41 para as lajes.

$$I_{ap} = \frac{1575 \text{ kg}}{400,6 \text{ m}^2} = 3,9316 \text{ kg}/\text{m}^2 \quad (39)$$

$$I_{av} = \frac{839 \text{ kg}}{400,6 \text{ m}^2} = 2,0944 \text{ kg}/\text{m}^2 \quad (40)$$

$$I_{al} = \frac{6233 \text{ kg}}{400,6 \text{ m}^2} = 15,5592 \text{ kg}/\text{m}^2 \quad (41)$$

Já o indicador de consumo total das massas de aço empregados no pavimento analisado da obra “B” é apresentado pela equação 42.

$$I_{At} = 3,9316 \text{ kg}/\text{m}^2 + 2,0944 \text{ kg}/\text{m}^2 + 15,5592 \text{ kg}/\text{m}^2 = 21,5852 \text{ kg}/\text{m}^2 \quad (42)$$

E o indicador que identificou a relação de consumo de massa de aço por consumo de volume de concreto total da obra B foi apresentado pela equação 43.

$$R_{mv} = \frac{8647,5 \text{ kg}}{97,86 \text{ m}^3} = 88,37 \text{ kg}/\text{m}^3 \quad (43)$$

Os indicadores de consumo unitário das áreas de formas dos elementos estruturais serão apresentados pelos cálculos da equação 44 dos pilares, as vigas pela equação 45, e a equação 46 o indicador de consumo de formas das lajes.

$$Ifp = \frac{207,53 \text{ m}^2}{400,6 \text{ m}^2} = 0,5180 \text{ m}^2/\text{m}^2 \quad (44)$$

$$Ifv = \frac{112,07 \text{ m}^2}{400,6 \text{ m}^2} = 0,2797 \text{ m}^2/\text{m}^2 \quad (45)$$

$$Ifl = \frac{362,81 \text{ m}^2}{400,6 \text{ m}^2} = 0,9057 \text{ m}^2/\text{m}^2 \quad (46)$$

O indicador de consumo unitário total das áreas de formas dos elementos estruturais é apresentado pela equação 47.

$$If_t = 0,5180 \text{ m}^2/\text{m}^2 + 0,2797 \text{ kg}/\text{m}^2 + 0,9057 \text{ kg}/\text{m}^2 = 1,7034 \text{ m}^2/\text{m}^2 \quad (47)$$

O indicador da relação de consumo das áreas de formas por volume de concreto da obra "B" é apresentado na equação 48.

$$Rfv = \frac{682,41 \text{ m}^2}{97,86 \text{ m}^3} = 6,9733 \text{ m}^2/\text{m}^3 \quad (48)$$

O indicador de produtividade unitária é estabelecido por hora homem de trabalho para execução de um metro quadrado de todo o pavimento tipo, estabelecido na equação 49.

$$T = \frac{8 \text{ homens} \times 14 \text{ dias} \times 8,8 \text{ horas}}{400,6 \text{ m}^2} = 2,4603 \text{ hh}/\text{m}^2 \quad (49)$$

E o indicador de produtividade por volume de concreto é apresentado na equação 50 apresentara a produtiva da obra B.

$$Tv = \frac{8 \text{ homens} \times 14 \text{ dias} \times 8,8 \text{ horas}}{97,86 \text{ m}^3} = 10,0715 \text{ hh}/\text{m} \quad (50)$$

4.3 Resultados da obra "C"

Os indicadores de consumo unitários dos volumes de concreto dos elementos estruturais da obra "C", foram calculados da mesma forma do que os indicadores apresentados para as obras "A" e "B".

Os indicadores vão ser mostrados pela equação 51 do consumo unitário de concreto dos pilares, as vigas pela equação 52 e por último o consumo de concreto das lajes pela equação 53.

$$I_{cp} = \frac{7,31 \text{ m}^3}{378,23 \text{ m}^2} = 0,0193 \text{ m}^3/\text{m}^2 \quad (51)$$

$$I_{cv} = \frac{7,10 \text{ m}^3}{378,23 \text{ m}^2} = 0,0188 \text{ m}^3/\text{m}^2 \quad (52)$$

$$I_{cl} = \frac{50,74 \text{ m}^3}{378,23 \text{ m}^2} = 0,1342 \text{ m}^3/\text{m}^2 \quad (53)$$

O indicador de consumo unitário total de concreto da obra "C", para análise comparativa com outros sistemas construtivos é definido pela equação 54.

$$I_{ct} = 0,0193 \text{ m}^3/\text{m}^2 + 0,0188 \text{ m}^3/\text{m}^2 + 0,1343 \text{ m}^3/\text{m}^2 = 0,1723 \text{ m}^3/\text{m}^2 \quad (54)$$

Os indicadores de consumo das massas de aço da obra "C", separados por elementos estruturais vão ser demonstrados nas equações 55 dos pilares, e as vigas pela equação 56 e as lajes pela equação 57.

$$I_{ap} = \frac{1315 \text{ kg}}{378,23 \text{ m}^2} = 3,4767 \text{ kg}/\text{m}^2 \quad (55)$$

$$I_{av} = \frac{1628 \text{ kg}}{378,23 \text{ m}^2} = 4,3043 \text{ kg}/\text{m}^2 \quad (56)$$

$$I_{al} = \frac{4633 \text{ kg}}{378,23 \text{ m}^2} = 12,2492 \text{ kg}/\text{m}^2 \quad (57)$$

O indicador de consumo unitário total de massa de aço da obra "C" por m^2 , é apresentado pela equação 58.

$$I_{at} = 3,4767 \text{ kg}/\text{m}^2 + 4,3043 \text{ kg}/\text{m}^2 + 12,2492 \text{ kg}/\text{m}^2 = 20,0302 \text{ kg}/\text{m}^2 \quad (58)$$

O indicador que identificou a relação do consumo de massa de aço por consumo do volume total de concreto de todos elementos estruturais da obra "C", foi a equação 59.

$$R_{mv} = \frac{7576 \text{ kg}}{65,15 \text{ m}^3} = 116,3 \text{ kg}/\text{m}^3 \quad (59)$$

Os indicadores de consumo das áreas de formas separados por elementos estruturais vão ser descritos na equação 60 que apresenta o consumo dos pilares e a equação 61 o das vigas e as lajes pela equação 62.

$$Ifp = \frac{92,2 \text{ m}^2}{378,23 \text{ m}^2} = 0,2438 \text{ m}^2/\text{m}^2 \quad (60)$$

$$Ifv = \frac{54,95 \text{ m}^2}{378,23 \text{ m}^2} = 0,1453 \text{ m}^2/\text{m}^2 \quad (61)$$

$$Ifl = \frac{349,36 \text{ m}^2}{378,23 \text{ m}^2} = 0,9237 \text{ m}^2/\text{m}^2 \quad (62)$$

O indicador de consumo total de área de formas da obra "C" é apresentado pela equação 63.

$$If_t = 0,2438 \text{ m}^2/\text{m}^2 + 0,1453 \text{ kg}/\text{m}^2 + 0,9237 \text{ kg}/\text{m}^2 = 1,3128 \text{ m}^2/\text{m}^2 \quad (63)$$

O indicado de relação de consumo de área de formas por volume de concreto da obra C é apresentado pela equação 64.

$$Rfv = \frac{496,51 \text{ m}^2}{65,15 \text{ m}^3} = 7,6210 \text{ m}^2/\text{m}^3 \quad (64)$$

A definição da produtividade unitária dos sistemas estruturais foi verificada a utilização do número de trabalhadores por dia na produção, e as homens horas necessários por metro quadrado de construção. E o indicador de produtividade da obra "C" está definido na equação 65.

$$T = \frac{38 \text{ homens} \times 7 \text{ dias} \times 8,8 \text{ horas}}{378,23 \text{ m}^2} = 6.1888 \text{ hh}/\text{m}^2 \quad (65)$$

O indicador de produtividade em relação às homens horas necessários por volume de m³ de concreto definido na equação 66.

$$Tv = \frac{38 \text{ homens} \times 7 \text{ dias} \times 8,8 \text{ horas}}{65,15 \text{ m}^3} = 35,9294 \text{ hh}/\text{m}^3 \quad (66)$$

4.4 Síntese e apresentação dos Indicadores

A seguir, para melhor apresentação dos dados foram elaboradas tabelas com os indicadores unitários calculados de cada sistema estrutural, onde fica mais evidente os resultados obtidos na pesquisa, pois apresentam os indicadores de cada sistema estrutural lado a lado, e a elaboração dos gráficos para mostrar os resultados dos indicadores de consumo.

4.4.1 Síntese dos indicadores dos materiais

Para a análise dos dados referente ao consumo de concreto foi elaborada a tabela 5, o. Onde são apresentados os indicadores de consumo de concreto unitários separados por elementos estruturais definidos como pilares, vigas e lajes e o total.

Tabela 5. Dados de Consumo de Concreto.

Tipo	Obra	Indicador Unitário de consumo de concreto (m ³ /m ²)			
		Pilares	Vigas	Lajes	Total
Lajes Apoiadas em Vigas de bordas	A	0,0355	0,1118	0,1200	0,2673
Laje Plana Maciça de Concreto Armado	B	0,0432	0,0283	0,1728	0,2443
Laje Nervurada com preenchimento de blocos de EPS	C	0,0193	0,0188	0,1342	0,1723

Fonte: Autor (2018).

Para indicar os consumos de aço unitários a mesma sistemática foi adotada, e foi elaborada a Tabela 6, que identifica os consumos das massas de aço por m² dos pavimentos tipos das três obras analisadas e com isso apresentar qual delas possui o menor consumo sendo por elementos estruturais e o total por metro quadrado, e a relação de consumo de massa de aço por volume de concreto.

Tabela 6. Dados dos indicadores de consumo de aço.

Tipo	Obra	Indicador Unitário de consumo de aço (kg/m ²)				Massa de aço/ Volume de concreto (kg/m ³)
		Pilares	Vigas	Lajes	Total	
Lajes Apoiadas em Vigas de bordas	A	7,4928	5,9925	11,2864	24,7716	92,63
Laje Plana Maciça de Concreto Armado	B	3,9316	2,0948	15,5600	21,5864	88,37
Laje Nervurada com preenchimento de blocos de EPS	C	3,4767	4,3043	12,2492	20,0301	116,29

Fonte: Autor (2018).

Os indicadores calculados da obra “A”, “B” e “C” dos consumos das áreas das formas estão apresentados na tabela 7, que é possível apontar qual dos sistemas

analisados apresentou menor consumo das áreas de formas por m² das obras pesquisadas, e a menor relação de consumo de área de formas por volume de concreto total.

Tabela 7. Dados de consumo de Formas.

Tipo	Obra	Indicador de consumo de área de formas (m ² /m ²)				Área de formas / Volume de Concreto m ² /m ³
		Pilares	Vigas	Lajes	Total	
Lajes Apoiadas em Vigas de bordas	A	0,6986	0,8405	0,4601	1,9991	7,4755
Laje Plana Maciça de Concreto Armado	B	0,5180	0,2798	0,9057	1,7035	6,9733
Laje Nervurada com preenchimento de blocos de EPS	C	0,2438	0,1453	0,9237	1,3127	7,6210

Fonte: Autor (2018).

4.4.2 Resumo dos índices de consumo e produtividade

O indicador de produtividade é muito importante pois como foi apresentado na referência bibliográfica, a mão de obra corresponde a uma porcentagem alta do custo total da obra. Os valores referentes ao CUB de abril de 2018 apresentam variação de 42% a 60% do custo total da obra. Assim, a comparação dos indicadores de produtividade pretende apresentar qual das três obras analisadas possui maior produtividade através da menor demanda de mão de obra por m².

A Tabela 8 mostra as características apresentadas em cada obra para o cálculo da produtividade, e a produtividade de hora homem por m².

Tabela 8. Dados para cálculo de produtividade.

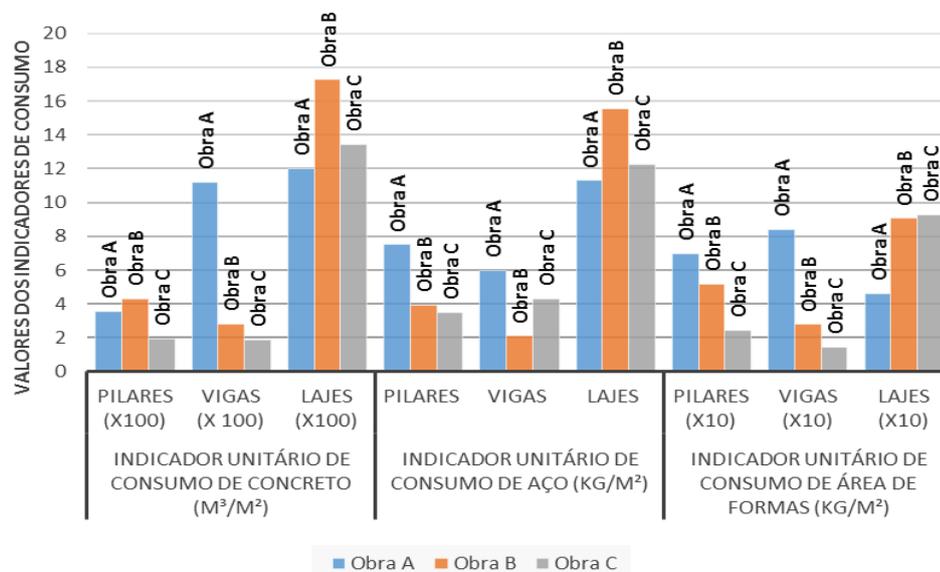
Tipo	Obra	Produtividade hh/m ²	Produtividade hh/m ³
Lajes Apoiadas em Vigas de bordas	A	7,6843	28,7347
Laje Plana Maciça de Concreto Armado	B	2,4603	10,0715
Laje Nervurada com preenchimento de blocos de EPS	C	6,1888	35,9294

Fonte: Autor (2018).

Os resultados obtidos neste trabalho indicam que sistema estrutural com menor consumo de volume de concreto por área de projeção do pavimento tipo é o da obra “C”, obra que utilizou laje nervurada preenchida com blocos de EPS.

Esse resultado era esperado de acordo com a revisão bibliográfica, como foi apresentado por Giroldo (2008). E um dos motivos destacados pelo autor é que o EPS é utilizado para preencher volumes do concreto em locais que o mesmo não está sendo requisitado de acordo com sua principal função estrutural de acordo com Carvalho e Pinheiro (2009), pois é um material mais leve e de menor valor econômico que o concreto. E este dado fica mais claro no gráfico 5, que apresenta os indicadores unitários de consumo dos insumos por elementos estruturais.

Gráfico 5. Indicadores unitários de consumo por elementos estruturais.



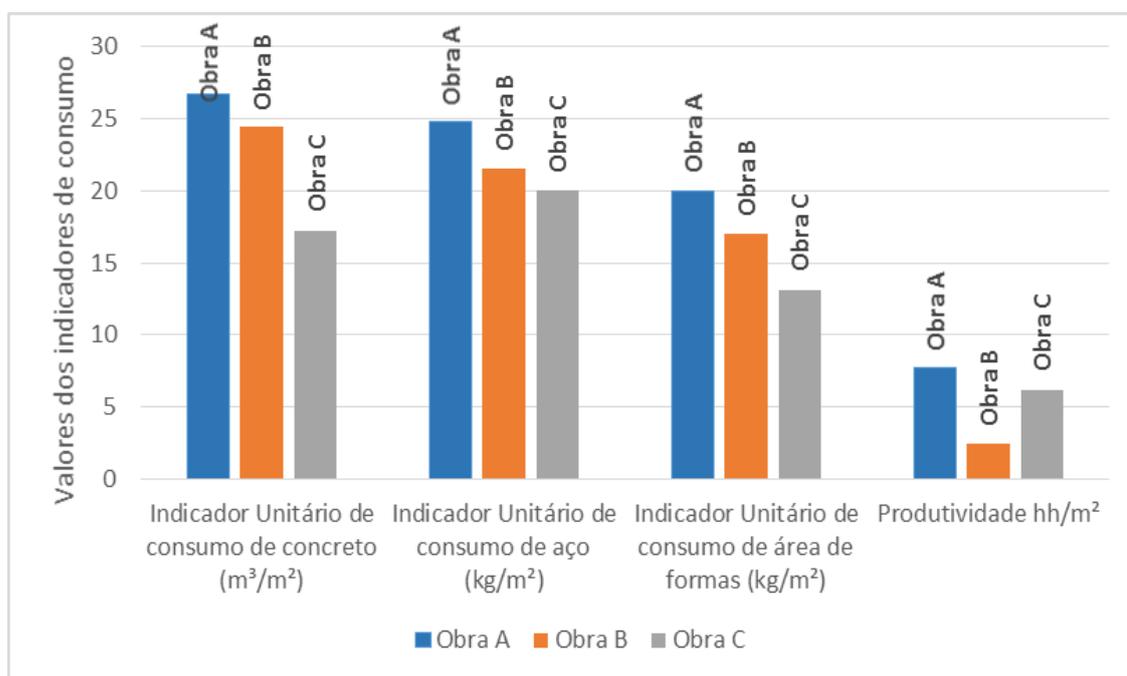
Fonte: Autor (2018).

Já o consumo de aço, de acordo com os dados apresentados pelo gráfico 5, mostra uma distribuição variável de acordo com os elementos estruturais, destacando o consumo de aço das lajes da obra “B” que apresenta o maior consumo e mais relevante que os outros sistemas estruturais, assim como nos pilares da obra “A” apresentou um consumo muito maior que outros sistemas. Outro ponto que se pode destacar é que o consumo de área de formas das lajes das obras “B” e “C” são muito semelhantes, isso ocorre pela semelhança do seu modelo estrutural com poucas vigas e lajes com poucas ou nenhuma diferença de níveis. Se destaca o sistema estrutural da obra A com um consumo menor de formas por lajes, o que não

ocorreu no consumo das áreas de formas nos pilares e vigas, que foram acima do que as outras obras apresentaram.

Mas para poder analisar e verificar qual dos sistemas estruturais apresentam menores indicadores de consumos unitários, deve-se levar em conta os indicadores totais de consumo, como foram apresentados no gráfico 6, juntamente com o indicador de produtividade.

Gráfico 6. Indicadores totais dos materiais e produtividade



Fonte: Autor (2018).

O gráfico 6 apresenta os indicadores totais de cada insumo e produtividade. Observa-se que a obra “A” possui maior consumo de insumos e menor produtividade dentre as três obras observadas.

Quanto aos indicadores de insumos, mesmo apresentando variações entre os elementos estruturais das obras analisadas, a obra “C” mostrou menores indicadores de consumos unitários totais dos materiais empregados analisados, destacando-se no consumo de volume de concreto e menor consumo de área de formas. O indicador de consumo de volume de concreto da obra “C” apresentou ser cerca de 29% menor que o da obra “B”, que é o segundo menor indicador de volume de concreto das três obras.

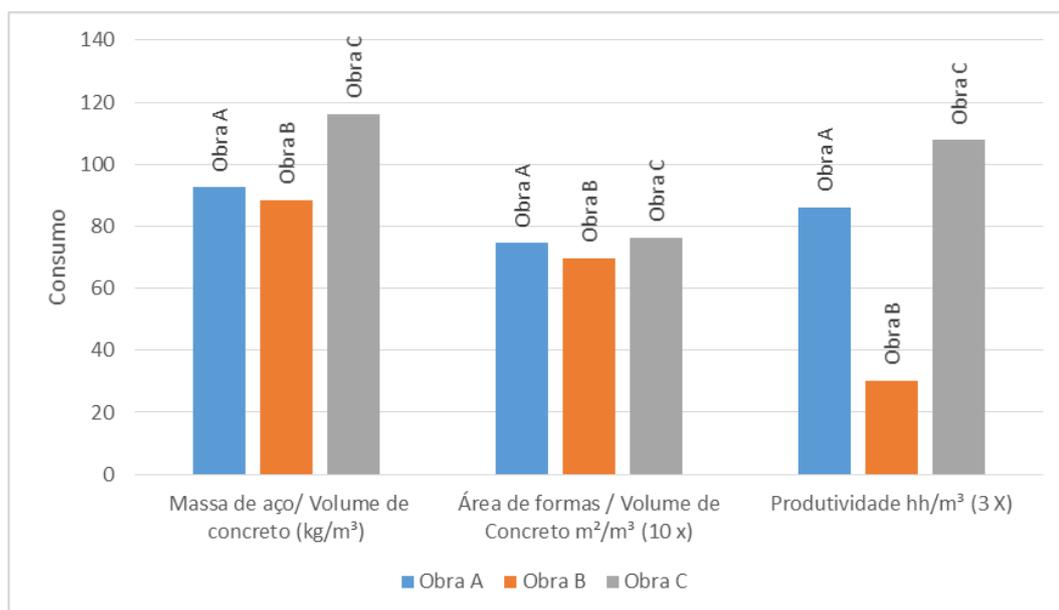
Quanto ao indicador de consumo total de aço, a obra “C” também apresentou o menor valor, cerca de 7% menor que o segundo menor valor de consumo de aço

que foi a obra “B”. E no consumo de área das formas a obra “C” apresentou um indicador 22% e 34% menor que os indicadores de consumo das obras “B” e “A” respectivamente.

Mas em relação à produtividade a obra que apresentou o menor indicador, que representa ser a mais produtiva e que depende de menos mão de obra, foi a obra “B”, sendo seu indicador é 62% menor que o da obra “C” e cerca de 67% menor que o da obra “A”, mostrando que este sistema estrutural possui indicadores consideráveis de produtividade em relação às outras obras, como foi apresentado por Abreu (2011).

Foi elaborado o gráfico 7, como resumo das relações do consumo dos materiais por volume de concreto das áreas de formas, massa de aço e homens horas de produção.

Gráfico 7. Indicadores de consumos de materiais e produtividade por volume de concreto.



Fonte: Autor (2018).

Estes indicadores apresentaram menores variações em relação ao consumo por m² dos materiais analisados e resultados diferentes em relação ao consumo por exemplo consumo de aço apresentou menor indicador foi a obra B que é o sistema estrutural de laje maciça, e o indicador de consumo de massa de aço em relação ao volume de concreto do sistema estrutural convencional apresentou indicador com valor próximo ao da laje maciça e o sistema de lajes nervuradas apresentou o maior valor da relação de consumo de aço por volume de concreto.

E os indicadores de áreas de formas os três indicadores apresentaram valores muito próximos, mas o menor indicador foi o da obra B e depois o da obra “A” e por último o da obra “C”.

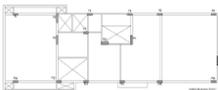
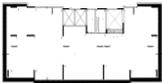
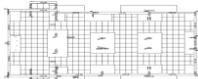
Já os indicadores de produtividade o que apresentou o menor indicador que representa a maior produtividade em relação ao volume construído foi o mesmo indicador da produtividade por área construída o da obra B que é a lajes planas maciças de concreto armado.

Mas o que apresentou a segunda melhor produtividade por volume construído foi a obra do sistema convencional, apresentando diferenças do indicador de produtividade por área construída relação, e a obra C apresentou a menor produtividade por volume de concreto.

Um fator muito importante que não foi apresentado no trabalho são as influencias que o sistema estrutural adotado tem em relação aos serviços posteriores a sua execução como em alvenarias, revestimentos pois de acordo com a escolha do sistema estrutural pode-se aumentar a demanda de outros serviços o que irá influenciar os valores atribuídos as outras etapas. Como por exemplo quando não se tem vigas aparentes isso aumenta as alturas das paredes de alvenarias o que conseqüentemente aumento as áreas de alvenarias com maior consumo de tijolos e de mão de obra, assim como também deve ser previsto as vergas dos vãos de portas e janelas.

O quadro 4 apresenta um resumo do trabalho com a identificação da obra, tipo estrutural, modelo, croqui da laje analisada e os indicadores apresentados.

Quadro 4. Resumo.

Obra	Tipo	Exemplo	Plana Baixa analisada	Área (m ²)	Indicador total de consumo de concreto (m ³ /m ²)	Indicador total de consumo de aço/área construída (kg/m ²)	Indicador total de consumo de formas/área construída (m ² /m ²)	Produtividade por área construída (hh/m ²)	Indicador de consumo de aço/ volume de concreto (kg/m ³)	Indicador de consumo de formas/ volume de concreto (m ² /m ³)	Produtividade por volume construído (hh/m ³)
A	Sistema convencional			183,23	24,7716	24,7716	1,9991	7,6843	92,63	7,4755	28,7347
B	Laje plana maciça			400,6	21,5864	21,5864	1,7035	2,4603	88,37	6,9733	10,0715
C	Laje nervurada o/EPS			378,23	20,0301	20,0301	1,3127	6,1888	116,29	7,6210	35,9294

Fonte: Autor (2018).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A escolha do sistema estrutural a ser adotado em um empreendimento é muito relevante, pois tem interferências desde a sua concepção até a execução das etapas posteriores a da estrutura, e aos tipos de acabamentos que poderão ser adotados. Por exemplo na obra analisada de laje plana maciça, segundo o responsável técnico da obra, não se pretende usar acabamentos como revestimentos argamassados nem forro de gesso nos tetos das lajes, já na obra de laje nervurada com preenchimento de EPS, terá que ser realizado um acabamento nos forros das lajes quando for utilizada para empreendimentos residenciais e comerciais, como na obra da laje nervurada.

Algo que vem ao encontro com resultados apresentados por Giroldo (2007), por exemplo, é os consumos da obra A que é caracterizada como sistema estrutural de lajes apoiadas em vigas de borda e apresentou o consumo unitário de todos os insumos, e por elemento estrutural apresentou o maior consumo do elemento estrutural vigas, já que este é uma das principais características deste sistema estrutural apresentando maior número deste elemento, pois nos outros sistemas quase não foram utilizadas, sendo que no concreto o consumo deste elemento é quase 4 vezes maior que o apresentou o segundo maior consumo, e nos outros indicadores de consumo dos elementos estruturas das vigas, neste sistema estrutural também apresentaram maiores consumos do que outros sistemas, como se era esperado.

Pode ser considerado para futuros trabalhos, elaborar um estudo considerando os consumos dos insumos totais da estrutura, assim como o tempo total necessário da mão de obra, levando em conta todos os materiais de todos os pavimentos e o que foi consumido nas fundações já que os sistemas estruturais influenciam nas cargas das atuantes nas fundações e pode alterar o tipo de fundação escolhida.

Outro estudo que pode ser elaborado é considerando qual sistema estrutural apresenta menor desperdício de matérias, porque este tema também apresenta relevância na construção civil onde se busca a melhor produtividade com as menores perdas dos materiais empregados.

6 REFERÊNCIAS

ABREU, Vera Lúcia Moreira de; **Estudo de deformabilidade de Alvenarias de fachada executadas no bordo de zonas em Consola de Lajes Maciças**, Porto, Portugal. 2011. 169 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação Especialização em Construções civis, Universidade do Porto (FEUP), Porto, 2011. Disponível em: < <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/61366/1/000149264.pdf>> Acesso: 10 de setembro de 2017.

ALBUQUERQUE, Augusto Teixeira; **Análise de Alternativas estruturais para edifícios em concreto armado**, 1999. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas). Programa de Pós-Graduação Especialização em Engenharia Civil em Estruturas. Universidade de São Paulo. São Carlos, (USP), 1999. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-23112017-143521/pt-br.php>> Acesso: 15 de setembro de 2017.

ALVA, Gerson Moacyr Sisniegas; **Concepção estrutural de edifícios em concreto armado**. Santa Maria, RS, UFSM, 2007.

ARAUJO, José Milton de; **Curso de Concreto Armado**. 3º Edição, Rio Grande, RS, Editora Dunas, 2010. v. 1.

ARAUJO, José Milton de; **Curso de Concreto Armado**. 3º Edição, Rio Grande, RS, Editora Dunas, 2010. v. 4.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2014). **NBR 6118**, Projeto de Estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2007). **NBR 12721** Versão 2006 corrigida de 2:2007, Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios e edifícios – Procedimento, Versão corrigida. Rio de Janeiro 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2013). **NBR 15575**. Edificações Habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro 2013

ASSUMPÇÃO, José Francisco Pontes; LIMA, João da Rocha Junior; Gerenciamento de Empreendimentos na Construção Civil: Modelo para Planejamento Estratégico da Produção de Edifícios. **Boletim Técnico Escola Politécnica da USP**, São Paulo, 1996.

ATEX DO BRASIL. **Encarte Técnico**. Lagoa Santa, MG, 2017. Disponível em: <<http://www.atex.com.br/pt/>> Acesso: 16 de maio de 2018.

AZEVEDO, Rogério Cabral, Et al; Avaliação de desempenho do processo de orçamento: Estudo de caso em uma obra de construção civil. **Revista Ambiente Construído**, v.11 Porto Alegre, RS, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ac/v11n1/a07v11n1>> Acesso em: 01 de outubro de 2017.

BAÊTA, Fernando da Costa; SARTOR, Valmir. **Custos de Construção**. Editora UFV, Viçosa, MG, 1998. Disponível: <<http://arquivo.ufv.br/dea/ambiagro/arquivos/Construcoes.pdf>>. Acesso: 16 de maio de 2018.

BALARINE, Oscar Fernando Osorio. Contribuições metodológicas ao estudo de viabilidade econômico-financeira das incorporações imobiliárias. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, ENEGEP 1997. **Anais Eletrônico**. Disponível: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1997_T3204.PDF> acesso: 27 de junho de 2018.

CARVALHO, Roberto Chust; PINHEIRO, Libânio Miranda. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado**. 1. ed. São Paulo, SP.: PINI, 2009. v. 2.

COSTA, Dayane Bastos; **Diretrizes para concepção, implementação e uso de sistemas de indicadores de desempenho para empresas da construção civil**. 2003. 176 f. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, 2003. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/3457/000388633.pdf?sequence=1>> Acesso: 10 de maio de 2018.

CBIC. Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **A produtividade da construção civil Brasileira**. Brasília, DF, 2009. Disponível em: <<http://www.cbicdados.com.br/media/anexos/066.pdf>> Acesso: 21 de maio de 2018.

CBIC. Câmara Brasileira da Indústria da Construção – **Manual Básico de Indicadores de Produtividade na Construção Civil**. Brasília, DF, 2017. Disponível em: < https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2017/11/Manual_Basico_de_Indicadores_de_Produtividade_na_Construcao_Civil_2017.pdf> Acesso: 22 de maio de 2018. v. 1.

DIAS, Paulo Roberto Vilela; **Engenharia de Custos** - Uma Metodologia de orçamento para obras civis, 5ª edição, Curitiba, PR, Copiare Duplicadora, 2004.

FOCHEZATO, Adelar; GHINIS, Cristiano Ponzoni; Determinantes do crescimento da construção civil no Brasil e no Rio Grande do Sul: evidências da análise de dados em painel. **Revista Ensaios FEE**, Porto Alegre, RS, 2011. v.31.

GARCIA, Editinete André Rocha; **Modelo de Controladoria para as Empresas do Ramo da Construção Civil, subsetores edificações sob a ótica da gestão Econômica**. 2003. 192 f. Dissertação (mestrado em Ciências Contábeis). Programa de Pós-Graduação em Controladoria e Contabilidade. Universidade de São Paulo. (USP), São Paulo, 2003. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/12/12136/tde-01052003-114153/pt-br.php>> Acesso em: 15 de maio de 2018.

GIONGO, José Samuel; **Concreto armado**: projeto estrutural de edifícios. São Carlos, Escola de engenharia São Carlos, Departamento de Engenharia - USP, 2007. Disponível em:

<<http://www.gdace.uem.br/romel/MDidatico/EstruturasConcretoll/ProjetoEstruturaldeEdificios-J.%20S.Gingo-EESC-Turma2-2007.pdf>> Acesso: 22 de abril 2018.

GIROLDO, Luiz Carlos; **Edifício Residencial de Múltiplos pisos**: Análise comparativa de custo de sistema estruturais em concreto para pavimento tipo. 2007. 117 f. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Construção Civil. Universidade Federal do Paraná, (UFPR), Curitiba, PR, 2007. Disponível em: <<http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/cp050885.PDF>> Acesso em: 08 de maio de 2018.

HENNRICHS, Carlos Alexandre; **Estudos sobre modelagem de Lajes planas de concreto armado, Dissertação de Mestrado**. 2003. 201 f. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, (UFSC), Florianópolis, SC, 2003. Disponível em:

<<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/85778/209309.pdf?sequence>> Acesso em: 11 de outubro de 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA (IBGE) – **Indicadores Nacionais Trimestrais**, Brasília, DF, 2016. Disponível em:

<ftp://ftp.ibge.gov.br/Contas_Nacionais/Contas_Nacionais_Trimestrais/Fasciculo_Indicadores_IBGE/pib-vol-val_201604caderno.> Acesso: 16 de novembro de 2017.

ISOMAF TECNOLOGIA EM EPS. **Encarte técnico**. Sapucaia do Sul, RS. Disponível em: < <http://www.isomaf.com.br/> > Acesso: 16 de maio de 2018.

LANTELME, Elvira Maria Vieira; **Proposta de um sistema de Indicadores de Qualidade e produtividade para a construção civil**. 1994. 123 f. Dissertação (mestrado em engenharia civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande Sul, (UFRGS), Porto Alegre, RS, 1994. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/163597>> Acesso em: 17 de outubro de 2017.

MATTOS, Aldo Dórea. **Planejamento e controle de obras**. 1ª Edição, Editora Pini, 2010

MONTEIRO, Dulce Corrêa Filha, COSTA, Ana Cristina Rodrigues da, ROCHA, Érico Rial Pinto da. **Perspectivas e desafios para inovar na construção civil**, BNDES Biblioteca Digital; Brasília, DF, 2010. Disponível em:

<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/4522/1/BS%2031_Perspectivas%20e%20desafios%20para%20inovar%20na%20constru%C3%A7%C3%A3o%20civil_P.pdf> Acesso: 05 de maio de 2018.

NOVAES, Celso, Carlos; Indicadores da qualidade do projeto do edifício sob a ótica da empresa incorporadora – Construtora. 9º Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído ENATC, 2000, Salvador. **Anais eletrônicos**. Salvador: Disponível em: <http://www.infohab.org.br/entac2014/2000/Artigos/ENTAC2000_145.pdf> acesso em: 14 de maio de 2018.

SILVA, Andréia Rodrigues da; **Análise comparativa de custos de sistemas estruturais para pavimentos de concreto armado**. 2002. 235f. Dissertação (mestrado em engenharia de estruturas). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Estruturas. Universidade Federal de Minas Gerais, (UFMG), Belo Horizonte, 2002. Disponível: <<http://pos.dees.ufmg.br/defesas/113M.PDF>> Acesso em: 17 de maio de 2018.

SILVA, Marcos Alberto Ferreira da; **Projeto e Construção de Lajes Nervuradas de Concreto Armado**. 2005. 242 f. Dissertação (mestrado em engenharia civil). Programa de Pós-Graduação em Construção Civil do departamento de Engenharia Civil. Universidade de São Paulo (USP), São Carlos, 2005. Disponível em: <<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/4711/DissMAFS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em: 17 de maio de 2018.

SINDUSCON-RS; Sindicato da Industria da Construção civil do Rio Grande do Sul. **Preços e custo da construção abril de 2018**. Porto Alegre, RS, 2018. Disponível em: < <http://www.sinduscon-rs.com.br/wp-content/uploads/2018/02/Pre%C3%A7o-e-Custos-da-Constru%C3%A7%C3%A3o-2-MAIO-2018.pdf>> Acesso: 21 de maio de 2018.

SOUZA, Ubirici Espinelli Lemes de; Como medir a produtividade da mão-de-obra na Construção civil. 9º Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, ENTAC. 2000, Salvador. **Anais eletrônicos**. Salvador. Disponível em: <http://www.infohab.org.br/entac2014/2000/Artigos/ENTAC2000_641.pdf> acesso em: 14 de maio de 2018.

TENÓRIO, Daniel Almeida; Et al; Aspectos Técnicos e Econômicos de Lajes Nervuradas Unidirecionais e Bidirecionais. Congresso Brasileiro do Concreto, 51º. 2009. Curitiba. **Anais eletrônicos**. Curitiba. Instituto Brasileiro de concreto 2009. Disponível em: < http://www.emuchoa.com.br/wp-content/uploads/2013/02/51CBC0552-ver1-artigo_LN_ibracon_2009-Revisado.pdf> Acesso em: 10 de outubro de 2017.

TENÓRIO, Daniel Almeida; **Contribuição à Análise de lajes nervuradas em pavimentos de garagem**. 2011. 117 p. Dissertação (mestrado em engenharia civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Alagoas (UFA), Maceió, 2011. Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/bitstream/riufal/401/1/Dissertacao_Daniel%20Almeida%20Tenorio_2011.pdf> Acesso em: 10 de outubro de 2017.

ULMA BRASIL – **Encarte técnico**, Itapevi, SP. 2015. Disponível em: <<https://www.ulmaconstruction.com.br/pt-br/formas-e-escoramentos/forma-lajes/forma-lajes-nervuradas-recub>> Acesso: 16 de maio de 2018.

XAVIER, Ivan; Orçamento, planejamento e custos de obras, **Apostila Curso 2008**. 67 f. – FUPAM – FAU – USP. São Paulo, 2008.