



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE TECNOLOGIAS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ESTRUTURAL E CONSTRUÇÃO CIVIL**  
**PROGRAMA DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**DIEGO ALVES TABOSA**

**DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO PARA AVALIAÇÃO DE PROJETOS**  
**ESTRUTURAIS PARA EDIFÍCIOS EM CONCRETO**

**FORTALEZA**

**2019**

DIEGO ALVES TABOSA

DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO PARA AVALIAÇÃO DE CUSTOS DE  
PROJETOS ESTRUTURAIS PARA EDIFÍCIOS EM CONCRETO

Monografia apresentada ao Curso de Graduação  
em Engenharia Civil da Universidade Federal  
do Ceará, como requisito parcial à obtenção do  
título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Dr. Augusto Teixeira de  
Albuquerque.

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- T117d Tabosa, Diego Alves.  
Desenvolvimento de aplicativo para avaliação de projetos estruturais para edifícios em concreto / Diego Alves Tabosa. – 2019.  
56 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Civil, Fortaleza, 2019.  
Orientação: Prof. Dr. Augusto Teixeira de Albuquerque.
1. Construção civil. 2. Estruturas de concreto. 3. Custo. 4. Aplicativo. 5. Parametrização. I. Título.  
CDD 620
-

DIEGO ALVES TABOSA

DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO PARA AVALIAÇÃO DE PROJETOS  
ESTRUTURAIS PARA EDIFÍCIOS EM CONCRETO

Monografia apresentada ao Curso de Graduação  
em Engenharia Civil da Universidade Federal  
do Ceará, como requisito parcial à obtenção do  
título de Engenheiro Civil.

Aprovada em: 28/11/2019.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Augusto Teixeira de Albuquerque (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof<sup>ª</sup>. Ma. Marcela Moreira da Rocha Almeida  
Instituto Federal do Ceará (IFCE)

---

Eng. Civil Valter de Oliveira Bastos  
Protensão Impacto LTDA.

A minha família,  
Aos meus professores,  
E a cada um que me ajudou até hoje.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Dr. Augusto Teixeira de Albuquerque pela apresentação do tema que foi desenvolvido, pela excelente orientação e pela ajuda na busca de fontes e contatos que auxiliaram no desenvolvimento desse trabalho.

A equipe da empresa Protensão Impacto Ltda por todas as informações cedidas e disponibilidade que demonstraram no início dos esforços de concepção e codificação do aplicativo.

Ao engenheiro civil Douglas Liandro Brasil pela sua disponibilidade e pelo fornecimento das composições finais usadas para o cálculo do custo de fôrmas.

A Marcela Moreira da Rocha Almeida e a Valter de Oliveira Bastos pelas observações finais de aperfeiçoamento desse trabalho.

Ao meu colega Matheus Ferreira da Rocha que me deu dicas e sugestões fundamentais de fontes de pesquisa e desenvolvimento de ferramentas digitais.

À minha colega Maria de Jesus Delmiro Rocha por me auxiliar nas revisões finais desse trabalho.

## RESUMO

Sendo a solução estrutural em concreto a mais aplicada na construção de edificações no Brasil, a análise de custo associado a essa é de grande importância para a determinação da alternativa mais econômica de edificações. Assim, este trabalho visou o desenvolvimento de um aplicativo em plataforma digital que proporcione a comparação entre diferentes sistemas estruturais, fazendo uso das linguagens HTML, CSS, PHP e MySQL. Essa ferramenta é capaz de calcular o custo por metro quadrado construído da estrutura de concreto como um todo e de suas subdivisões, sejam em custo de material concreto, de armadura, de fôrmas e de mão de obra. Como resultado, o comparativo entre os custos estimados pela ferramenta e a despesa real de um empreendimento foram de 2,13% para a mão de obra, 6,47% para a composição de aço e concreto e de 4,14% para o somatório deles.

**Palavras-chave:** Construção civil. Estruturas de concreto. Custo. Aplicativo. Parametrização.

## ABSTRACT

As the structural solution in concrete is the most applied in the construction of buildings in Brazil, the cost analysis associated with this is of great importance for determining the most economical alternative of buildings. Thus, this work aimed to develop a digital platform application that provides the comparison between different structural systems, using the languages HTML, CSS, PHP and MySQL. This tool is able to calculate the cost per square meter built of the concrete structure. as a whole and its subdivisions, whether in terms of concrete material, reinforcement, formwork and labor. As a result, the comparison between the estimated costs of the tool and the actual expense of a project were 2.13% for labor, 6.47% for steel and concrete composition and 4.14% for the sum. their.

**Keywords:** Civil construction. Concrete structures. Cost. App. Parameterization.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 – Corte esquemático de estrutura convencional com lajes maciças.....            | 18 |
| Figura 2 – Exemplo de aplicação de estrutura convencional com lajes maciças .....        | 18 |
| Figura 3 – Corte esquemático de estrutura convencional com lajes nervuradas .....        | 19 |
| Figura 4 – Exemplo de aplicação de estrutura convencional com lajes nervuradas.....      | 19 |
| Figura 5 – Corte esquemático de sistema com viga-faixa protendida.....                   | 20 |
| Figura 6 – Exemplo de aplicação de sistema com viga-faixa protendida .....               | 21 |
| Figura 7 – Corte esquemático de sistema com laje lisa.....                               | 22 |
| Figura 8 – Exemplo de aplicação de sistema com laje lisa protendida .....                | 22 |
| Figura 9 – Execução de concretagem em laje nervurada .....                               | 23 |
| Figura 10 – Bombeamento de concreto usinado por meio de caminhão betoneira.....          | 24 |
| Figura 11 – Telas de aço soldadas para lajes .....                                       | 26 |
| Figura 12 – Exemplo de aplicação de protensão em laje maciça .....                       | 27 |
| Figura 13 – Exemplo de utilização de armadura passiva .....                              | 28 |
| Figura 14 – Esquema de disposição de fôrma de viga .....                                 | 29 |
| Figura 15 – Disposição de fôrma (cubetas) de laje nervurada .....                        | 29 |
| Figura 16 – Disposição de cimbramento metálico .....                                     | 30 |
| Figura 17 – Fôrma de madeira para pilar circular .....                                   | 30 |
| Figura 18 – Código fonte de página em linguagem HTML .....                               | 34 |
| Figura 19 – Visualização da página para o usuário no navegador Google Chrome.....        | 34 |
| Figura 20 – Código fonte de linguagem CSS.....                                           | 35 |
| Figura 21 – Efeito da sintaxe CSS na disposição da página.....                           | 36 |
| Figura 22 – Delimitação do pavimento tipo .....                                          | 37 |
| Figura 23. Detalhe de informação auxiliar ao preenchimento do primeiro formulário.....   | 47 |
| Figura 24 – Modelo de preenchimento de informações de identificação.....                 | 48 |
| Figura 25 – Detalhe de informação auxiliar ao preenchimento do segundo formulário .....  | 49 |
| Figura 26 – Modelo de preenchimento de informações da mão de obra.....                   | 49 |
| Figura 27 – Detalhe de informação auxiliar ao preenchimento do terceiro formulário ..... | 50 |
| Figura 28 – Modelo de preenchimento de informações de insumos .....                      | 51 |
| Figura 29 – Resultado de cálculo do aplicativo.....                                      | 52 |

## **LISTA DE TABELAS**

|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 – Comparativo de custos percentuais de concreto .....         | 25 |
| Tabela 2 – Comparativo de custos percentuais de aço .....              | 26 |
| Tabela 3 – Comparativo de custos percentuais de fôrma .....            | 31 |
| Tabela 4 – Comparativo de custos percentuais de mão de obra .....      | 32 |
| Tabela 5 – Indicadores propostos para análise de empreendimentos ..... | 39 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|              |                                                               |
|--------------|---------------------------------------------------------------|
| ABNT         | Associação Brasileira de Normas Técnicas                      |
| CBIC         | Câmara Brasileira da Indústria da Construção                  |
| CSS          | <i>Cascading Style Sheets</i>                                 |
| fck          | Resistência Característica do Concreto                        |
| HTML         | <i>Hiper Text Markup Language</i>                             |
| NBR          | Norma Brasileira Regulamentar                                 |
| PHP          | <i>Personal Home Page Tools</i>                               |
| Sinduscon/CE | Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado do Ceará |
| SQL          | <i>Structured Query Language</i>                              |

## LISTA DE SÍMBOLOS

|                 |                                                                   |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------|
| <head>          | Marcação indicativa do cabeçalho de texto em linguagem HTML       |
| <body>          | Marcação indicativa do desenvolvimento de texto em linguagem HTML |
| $C_c$           | Custo por metro quadrado de concreto                              |
| $A$             | Área construída de pavimento tipo descontando vazios              |
| $C_v$           | Custo de 1 m <sup>3</sup> de concreto com fck de 30 MPa           |
| $V$             | Volume de concreto                                                |
| $V_v$           | Volume de concreto de vigas                                       |
| $V_p$           | Volume de concreto de pilares                                     |
| $V_{(l+e)}$     | Volume de concreto da composição de laje e escada                 |
| $C_{cv}$        | Custo por metro quadrado de concreto de vigamento                 |
| $C_{cp}$        | Custo por metro quadrado de concreto de pilares                   |
| $C_{c(l+e)}$    | Custo por metro quadrado de concreto de lajes e escada            |
| $C_{ct}$        | Custo total por metro quadrado de concreto                        |
| $C_{a(p)}$      | Custo por metro quadrado de aço passivo                           |
| $M_{a(p)}$      | Massa de aço passivo                                              |
| $C_{aç(p)}$     | Custo de 1 kg de aço passivo CA-50                                |
| $M_{av(p)}$     | Massa de aço passivo em vigas                                     |
| $M_{a(l+e)(p)}$ | Massa de aço passivo em lajes e escada                            |
| $C_{av(p)}$     | Custo por metro quadrado de aço passivo de vigas                  |
| $C_{a(l+e)(p)}$ | Custo por metro quadrado de aço passivo de lajes e escada         |
| $M_{ap}$        | Massa por metro quadrado total de aço passivo em pilares          |
| $C_{ap}$        | Custo por metro quadrado de aço passivo em pilares                |
| $N_p$           | Número de pavimentos contados a partir do primeiro subsolo        |
| $C_{at(p)}$     | Custo total por metro quadrado de aço passivo                     |
| $M_a(a)$        | Massa de aço ativo                                                |
| $C_{al(a)}$     | Custo por metro quadrado de aço ativo de lajes                    |
| $C_{av(a)}$     | Custo por metro quadrado de aço ativo de vigas                    |
| $C_{aç(a)}$     | Custo de 1 kg de aço ativo CP-190                                 |
| $C_{at(a)}$     | Custo total por metro quadrado de aço ativo                       |
| $C_{at}$        | Custo total por metro quadrado de aço                             |
| $C_{for(m)}$    | Custo por área de fôrma em madeirite                              |

|                       |                                                                                 |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| $C_{\text{for (p)}}$  | Custo por área de fôrma em plástico                                             |
| $C_f$                 | Custo por metro quadrado de fôrma                                               |
| $A_f$                 | Área de fôrma                                                                   |
| $C_{\text{for}}$      | Custo de 1 m <sup>2</sup> de forma                                              |
| $A_{\text{fm}}$       | Área de fôrma maciça                                                            |
| $A_{\text{fn}}$       | Área de fôrma nervurada                                                         |
| $A_{\text{f(v+p+e)}}$ | Área de fôrma da composição de viga, pilar e escada                             |
| $C_{\text{fm}}$       | Custo por metro quadrado de fôrma de laje maciça em madeirite                   |
| $C_{\text{fn}}$       | Custo por metro quadrado de fôrma de laje nervurada em plasterite               |
| $C_{\text{f(v+p+e)}}$ | Custo por metro quadrado de fôrma de vigas, pilares e escada em madeirite       |
| $C_{\text{ft}}$       | Custo total por metro quadrado de fôrma                                         |
| $C_{\text{mo}}$       | Custo por metro quadrado construído de mão de obra                              |
| $N_f$                 | Número de funcionários designados a execução de um pavimento tipo               |
| $S_a$                 | Salário efetivamente pago a um funcionário                                      |
| $D_{\text{mês}}$      | Total de dias de trabalho em um mês                                             |
| $D_{\text{ciclo}}$    | Total de dias correspondente ao ciclo de laje adotado                           |
| $C_{\text{mo\_c}}$    | Custo por metro quadrado construído de mão de obra corrigido                    |
| $C_{\text{mo\_c\_t}}$ | Custo total por metro quadrado construído de mão de obra corrigido              |
| $C_{\text{mo\_c\_a}}$ | Custo por metro quadrado construído de mão de obra corrigido de auxiliares      |
| $C_{\text{mo\_c\_s}}$ | Custo por metro quadrado construído de mão de obra corrigido de serventes       |
| $C_{\text{mo\_c\_e}}$ | Custo por metro quadrado construído de mão de obra corrigido de encarregados    |
| $C_{\text{mo\_c\_p}}$ | Custo por metro quadrado construído de mão de obra corrigido de profissionais   |
| $C_{\text{mo\_c\_m}}$ | Custo por metro quadrado construído de mão de obra corrigido de mestre de obras |
| $C_{\text{mo\_c\_t}}$ | Custo por metro quadrado construído de mão de obra                              |
| $C_t$                 | Custo total por metro quadrado construído                                       |
| $\bar{x}$             | Média amostral                                                                  |
| $x$                   | Valor de amostra                                                                |
| $n$                   | Número de indivíduos na amostra                                                 |
| $S$                   | Desvio padrão amostral                                                          |
| $ x $                 | Módulo de um valor numérico                                                     |

## SUMÁRIO

|                |                                                                             |    |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>1</b>       | <b>INTRODUÇÃO</b> .....                                                     | 14 |
| <b>1.1</b>     | <b>Justificativa</b> .....                                                  | 15 |
| <b>1.2</b>     | <b>Objetivo geral</b> .....                                                 | 15 |
| <b>1.3</b>     | <b>Objetivos específicos</b> .....                                          | 16 |
| <b>2</b>       | <b>REVISÃO DA LITERATURA</b> .....                                          | 17 |
| <b>2.1</b>     | <b>Sistemas estruturais</b> .....                                           | 17 |
| <b>2.1.1</b>   | <i>Estrutura convencional com lajes maciças</i> .....                       | 17 |
| <b>2.1.2</b>   | <i>Estrutura convencional com lajes nervuradas</i> .....                    | 18 |
| <b>2.1.3</b>   | <i>Sistema com viga-faixa protendida</i> .....                              | 20 |
| <b>2.1.4</b>   | <i>Sistema com laje lisa</i> .....                                          | 21 |
| <b>2.2</b>     | <b>Insumos</b> .....                                                        | 22 |
| <b>2.2.1</b>   | <i>Concreto</i> .....                                                       | 23 |
| <b>2.2.2</b>   | <i>Armadura</i> .....                                                       | 25 |
| <b>2.2.2.1</b> | <i>Armadura ativa</i> .....                                                 | 26 |
| <b>2.2.2.2</b> | <i>Armadura passiva</i> .....                                               | 27 |
| <b>2.2.3</b>   | <i>Sistema de fôrmas</i> .....                                              | 28 |
| <b>2.3</b>     | <b>Mão de obra</b> .....                                                    | 31 |
| <b>2.4</b>     | <b>Big data</b> .....                                                       | 32 |
| <b>2.5</b>     | <b>Aplicativos digitais</b> .....                                           | 33 |
| <b>2.5.1</b>   | <i>Hiper Text Markup Language</i> .....                                     | 33 |
| <b>2.5.2</b>   | <i>Cascading Style Sheets</i> .....                                         | 35 |
| <b>2.5.3</b>   | <i>Personal Home Page Tools</i> .....                                       | 36 |
| <b>2.5.4</b>   | <i>MySQL</i> .....                                                          | 36 |
| <b>3</b>       | <b>METODOLOGIA</b> .....                                                    | 37 |
| <b>3.1</b>     | <b>Determinação de dados relevantes</b> .....                               | 37 |
| <b>3.2</b>     | <b>Funções de custo e tratamento de dados</b> .....                         | 38 |
| <b>3.2.1</b>   | <i>Custo por área construída de concreto (<math>C_c</math>)</i> .....       | 39 |
| <b>3.2.2</b>   | <i>Custo por área construída de aço (<math>C_a</math>)</i> .....            | 40 |
| <b>3.2.3</b>   | <i>Custo por área construída de fôrma (<math>C_f</math>)</i> .....          | 41 |
| <b>3.2.4</b>   | <i>Custo por área construída de mão de obra (<math>C_{mo}</math>)</i> ..... | 42 |
| <b>3.2.5</b>   | <i>Custo por área construída (<math>C_j</math>)</i> .....                   | 43 |
| <b>3.2.6</b>   | <i>Média Amostral</i> .....                                                 | 43 |

|       |                                                                 |    |
|-------|-----------------------------------------------------------------|----|
| 3.2.7 | <i>Desvio Padrão Amostral</i> .....                             | 43 |
| 3.3   | <b>Programação do aplicativo</b> .....                          | 44 |
| 3.3.1 | <i>Linguagem do servidor</i> .....                              | 44 |
| 3.3.2 | <i>Programação das funcionalidades</i> .....                    | 44 |
| 3.3.3 | <i>Programação da interface do usuário</i> .....                | 45 |
| 3.4   | <b>Validação</b> .....                                          | 46 |
| 4     | <b>RESULTADOS</b> .....                                         | 47 |
| 4.1   | <b>Identificação da obra</b> .....                              | 47 |
| 4.2   | <b>Quantitativos de mão de obra</b> .....                       | 48 |
| 4.3   | <b>Quantitativos de insumos</b> .....                           | 50 |
| 4.4   | <b>Custo por metro quadrado construído e comparativos</b> ..... | 52 |
| 5     | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....                               | 54 |
|       | <b>REFERÊNCIAS</b> .....                                        | 55 |

## 1 INTRODUÇÃO

A NBR 14931 (2004) define como execução de sistemas de concreto todas as atividades desenvolvidas na sua obra, ou seja, sistema de fôrmas, montagem e disposição de armaduras, concretagem, cura e outras, bem como as relativas à fiscalização e documentação de como construído, incluindo a análise do controle de resistência do concreto na figura de laudos técnicos.

Quanto a análise dos insumos do subsistema estrutural, Albuquerque e Almeida (2018) argumentam que essa etapa representa até 25% dos custos totais de construção, portanto seus principais componentes o concreto, as fôrmas e as armaduras de aço possuem grande relevância na composição de custo final do empreendimento.

Além dos insumos é importante verificar um outro recurso representado pela mão de obra. Silva (2018) argumenta que os custos associados a esses trabalhos, em média, atingem 20% do custo total com estruturas. Esse último fator é de mais difícil mensuração sendo diretamente influenciado pelos ciclos de atividades e pelo tempo total de execução.

Salvador (2013) defende que a execução da estrutura é componente definidora do caminho crítico no cronograma de atividades de uma obra, assim determinando o ponto de começo de todas as demais atividades subsequentes. Atrasos nessa etapa implica entrega posterior da obra, conseqüentemente aumentando os custos indiretos do empreendimento.

Em vista disso, verifica-se a importância do conhecimento e análise desses fatores no tocante a adoção de um sistema estrutural. Além disso, quanto às comparações de custos em diferentes empreendimentos, é de suma importância levar em consideração a qualidade dos dados analisados e como eles são obtidos, de modo a promover análises concisas e relevantes. Triola (2006) afirma que a depender de como as informações são coletadas elas podem não possuir relevância estatística em um estudo.

À luz da atribuição de um engenheiro civil em optar pela solução de menor custo associada a um empreendimento, vê-se a necessidade de promover uma análise comparativa entre diferentes alternativas estruturais. Visando o sucesso do estudo, deve-se levar em consideração os principais custos da execução estrutural, sejam eles associadas aos insumos e à mão de obra. Além disso, as equiparações devem ser feitas entre edifícios com características similares em termos de uso (comercial, residencial, entre outros), de mesma magnitude (relativa ao número total de pavimentos ou ainda a presença ou não de simetria) e de mesma solução estrutural.



## 1.1 Justificativa

Muitos estudos acadêmicos já propuseram métodos de auxílio a tomada de decisão levando em consideração o custo de obras, entretanto, tais estudos apresentam limitações quanto às conclusões que podem ser extraídas. Cita-se, nesse caso, o trabalho de Giroldo (2007) que propôs uma análise comparativa de custo entre 6 diferentes modelos estruturais. Esse autor utilizou como indicativo o consumo de insumos (concreto, aço e fôrmas) por m<sup>2</sup> construído. Por desconsiderar a mão de obra dissociada dos materiais na composição do custo final, esse estudo distancia-se da realidade. Além disso, não foram considerados os custos reais de empreendimentos já concluídos, sendo os resultados obtidos por esse autor baseados em estimativas de preços.

Brondani (2015) propôs uma equiparação entre 3 sistemas estruturais para o mesmo modelo de edifício. Novamente, o autor recai na comparação estrita entre modelos.

Além da área acadêmica, muitas construtoras e sindicatos também criaram mecanismos de avaliação de projetos estruturais de modo a averiguar a sua viabilidade econômica, a exemplo do Sinduscon/CE. No entanto, verifica-se que tais indicadores apresentam simplificações que comprometem a real análise da questão. Podem-se citar como principais incoerências o uso de uma mesma base de dados para diferentes empreendimentos, não categorizando por uso e altura da edificação, além do uso de informações que não levam em consideração a revisão da NBR 6118 (2014) e da NBR 15575 (2013).

Além disso, cita-se a inexistência de uma ferramenta ampla automatizada que por meio do preenchimento de um conjunto de informações possibilite as comparações propostas pelos estudos.

Silva (2018) propôs uma verificação da proporção relativa ao custo da mão de obra em relação as despesas totais de sistemas estruturais. Embora voltado a uma análise dos operários, foram considerados empreendimentos reais no desenvolvimento desse trabalho. Como sugestão para trabalhos posteriores, esse autor pontuou a ampliação da base de dados e a inserção de um novo parâmetro de classificação baseado no tipo de utilização prevista para a edificação, seja ela residencial ou comercial por exemplo.

## 1.2 Objetivo geral

O presente estudo objetiva dar continuidade ao trabalho de equiparação de custos proposto por Silva (2018). Com isso, propõe-se a criação de um aplicativo capaz de auxiliar à

tomada de decisão quanto a escolha de sistemas estruturais para edifícios em concreto, em suas mais variadas formas e composições, tendo como base custos reais de empreendimentos similares.

### **1.3 Objetivos específicos**

De modo a atingir o objetivo principal, definem-se metas intermediárias. A seguir, elas são apresentadas em ordem cronológica de desenvolvimento:

- a) definir dados e indicadores considerados;
- b) codificar protótipo de aplicativo;
- c) testar o protótipo com a inserção de valores de um empreendimento real.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

Nessa revisão bibliográfica são apresentados os componentes de custo mais relevantes para a estrutura, bem como algumas sintaxes de programação que serão necessárias ao desenvolvimento do aplicativo em plataforma digital compartilhada.

### 2.1 Sistemas estruturais

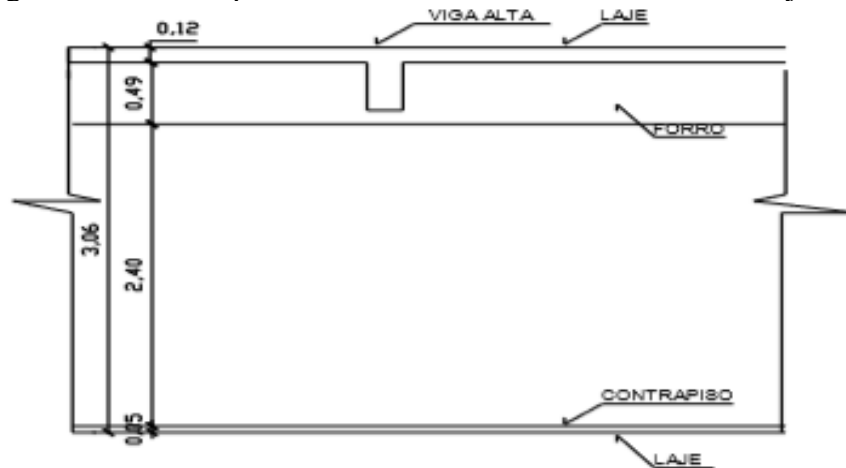
Oliveira (2008) identifica como necessário ao engenheiro civil a combinação dos conceitos teóricos com a intuição do profissional quanto a formulação da concepção estrutural. Logo, deve-se levar em consideração ao se determinar o modelo os esforços atuantes na estrutura, os métodos construtivos disponíveis na região, a função a que se destina, a arquitetura de projeto e os custos do empreendimento. A escolha do sistema mais adequado leva em consideração a alternativa que proporcione os menores custos atendendo as solicitações previstas em cálculo e em norma.

Em função das alternativas mais usuais de estruturas de concreto no Brasil, são considerados quatro classificações de sistemas estruturais no presente estudo. Tais consistem em estrutura convencional com lajes maciças, estrutura convencional com lajes nervuradas, estrutura com viga-faixa protendida e sistema com laje lisa.

#### *2.1.1 Estrutura convencional com lajes maciças*

Esse modelo é composto por lajes maciças que se apoiam em vigas, as quais transferem os esforços para pilares e por fim para o solo, o que caracteriza uma estrutura convencional. Esse modelo é indicado para soluções estruturais que permitam vãos menores. Historicamente, essa foi a alternativa de uso mais recorrente no país sendo o amplo conhecimento do seu processo executivo apontado como uma vantagem, (SILVA, 2018). Na Figura 1 observa-se a esquematização em corte do que foi discutido, já na Figura 2 tem-se um exemplo real de sua utilização.

Figura 1 – Corte esquemático de estrutura convencional com lajes maciças



Fonte: Albuquerque e Almeida (2018).

Figura 2 – Exemplo de aplicação de estrutura convencional com lajes maciças

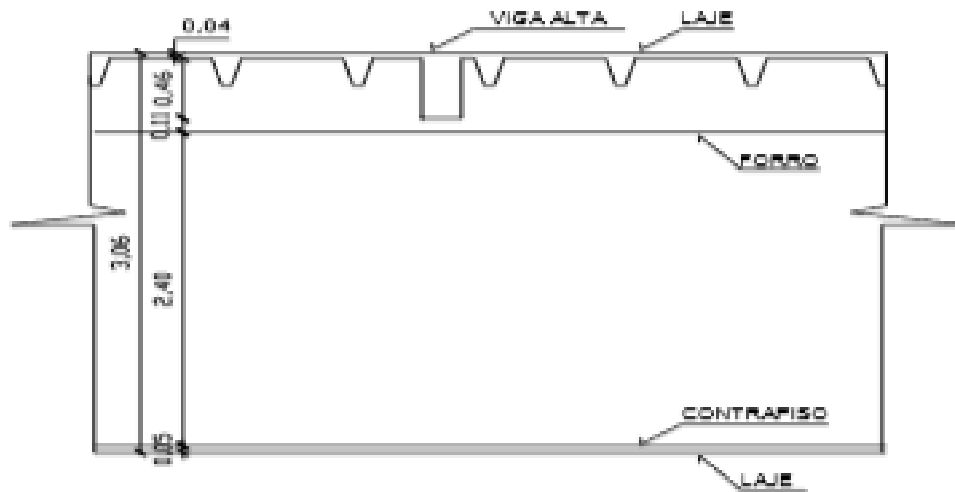


Fonte: Silva (2018).

### ***2.1.2 Estrutura convencional com lajes nervuradas***

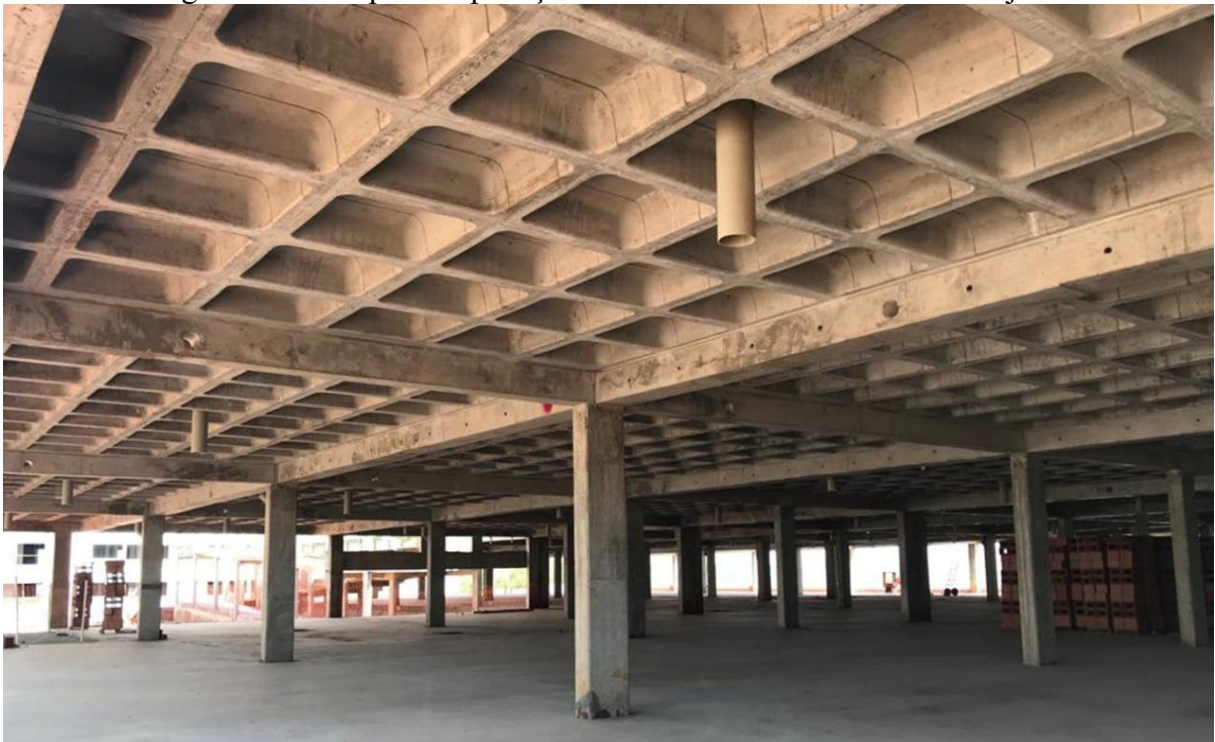
A NBR 6118 (2014) define laje nervurada como aquela moldada ou não no local, cuja zona de tração localizam-se as nervuras. Essa solução estrutural apresenta os mesmos elementos descritos para as lajes maciças, com o diferencial do sistema de laje adotado. A Figura 3 consiste na representação esquemática do modelo convencional que foi descrito, já na Figura 4 observa-se um exemplo real de aplicação da solução.

Figura 3 – Corte esquemático de estrutura convencional com lajes nervuradas



Fonte: Albuquerque e Almeida (2018).

Figura 4 – Exemplo de aplicação de estrutura convencional com lajes nervuradas



Fonte: Protensão Impacto LTDA.

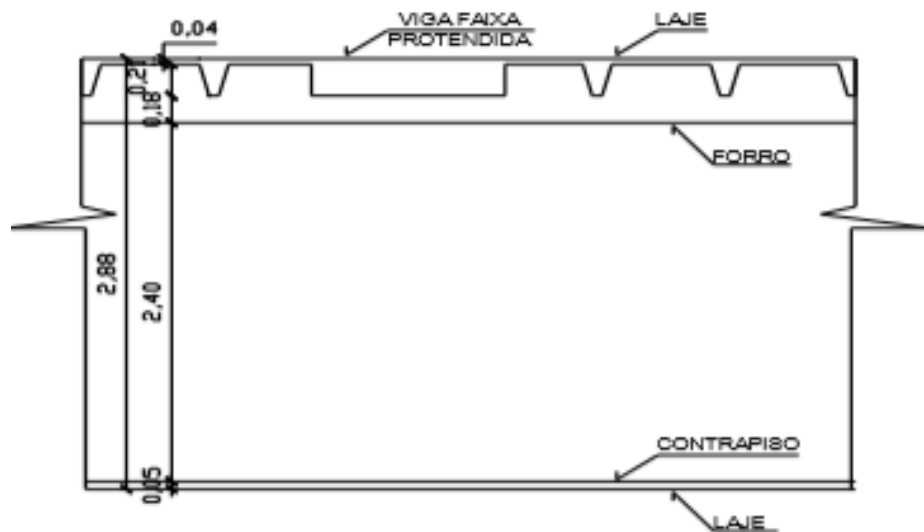
Otoni e Abi-Ackel (2015) afirmam que essa solução apresenta um consumo de concreto e armadura da ordem de 17% a 54% menor do que o modelo de laje maciça. Isso implica em uma redução do custo com esse insumo, ademais, viabilizando sua adoção para maiores vãos em virtude do ganho em braço de alavanca mantendo um peso próprio reduzido. Esse estudo considerou um comparativo entre um sistema convencional em laje maciça e um

sistema em laje nervurada cogumelo, apresentando como objeto de estudo um edifício de garagem.

### 2.1.3 Sistema com viga-faixa protendida

Neste sistema, utilizam-se lajes nervuradas juntamente com vigas faixas protendidas, as quais apresentam o mesmo nível de fundo, com isso a estrutura apresenta o aspecto de uma laje lisa (sem vigamento). Assim, tem-se mais versatilidade nos arranjos arquitetônicos e na disposição das instalações, pela redução de interferências entre esses elementos e as vigas. Além disso, essa solução permite uma redução de pé direito em relação ao uso de lajes nervuradas convencionais, implicando na possibilidade de construção de mais pavimentos com o mesmo gabarito limite, assim maximizando o retorno financeiro. A Figura 5 apresenta esquematicamente o que foi descrito, já na Figura 6 consta um exemplo de aplicação real.

Figura 5 – Corte esquemático de sistema com viga-faixa protendida



Fonte: Albuquerque e Almeida (2018).

Figura 6 – Exemplo de aplicação de sistema com viga-faixa protendida

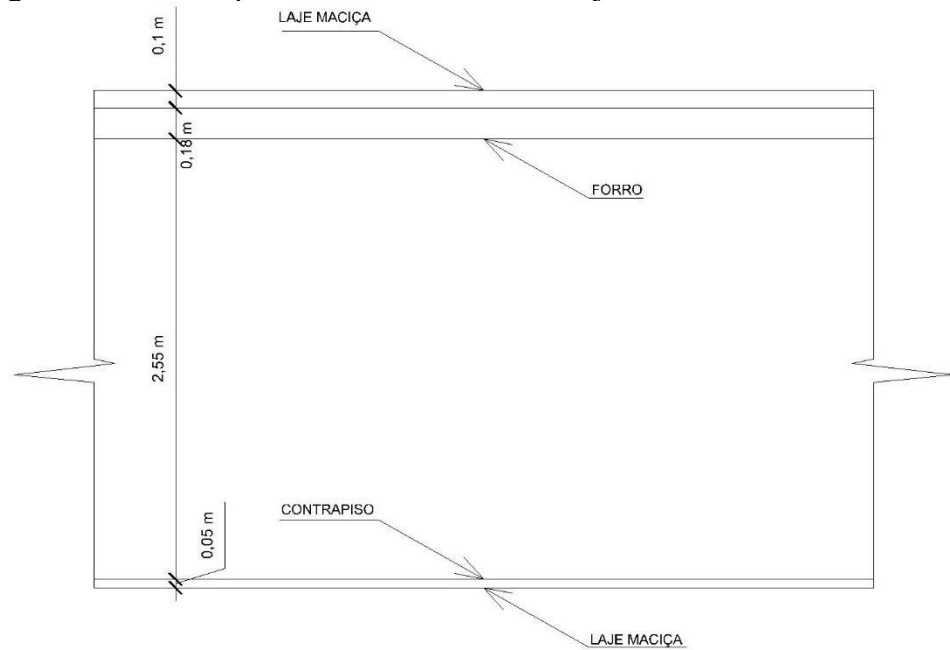


Fonte: Protensão Impacto LTDA.

#### ***2.1.4 Sistema com laje lisa***

Bastos (2015) define o sistema de laje lisa como aquele caracterizado pela disposição direta da laje sobre os pilares, sem a presença de capitel para transferência de carga. Citam-se como vantagens dessa alternativa a maior versatilidade quanto a arquitetura e o processo executivo mais simples o qual demanda menor ativo de profissionais. Esse sistema é geralmente associado a protensão da laje, o que possibilita sua aplicação em vãos maiores. A Figura 7 apresenta a representação esquemática do que foi descrito, já na Figura 8 consta uma aplicação do modelo com a particularidade de uso de protensão na laje.

Figura 7 – Corte esquemático de sistema com laje lisa



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 8 – Exemplo de aplicação de sistema com laje lisa protendida



Fonte: Silva (2018).

## 2.2 Insumos

De modo a definir o custo associado a um determinado modelo estrutural, é de fundamental importância levar em consideração os seus principais materiais constituintes.



Albuquerque e Almeida (2018) argumentam que os insumos de maior impacto relativo ao custo de estruturas em concreto são o próprio material concreto, as armaduras e as fôrmas.

### **2.2.1 Concreto**

Quanto a obtenção do material concreto ele pode ser fabricado em obra ou pode ser usinado. Santos (2016) afirma que nos grandes centros urbanos a alternativa de maior recorrência é o concreto usinado, pois ele apresenta diversas vantagens em detrimento ao primeiro, sendo elas: eliminação de espaço para estoque de componentes, maior capacidade de produção e superior uniformidade e precisão na dosagem. Nas Figuras 9 e 10, observa-se a concretagem de uma laje e o bombeamento de concreto a partir de um caminhão betoneira, respectivamente.

Figura 9 – Execução de concretagem em laje nervurada



Fonte: Silva (2018).

Figura 10 – Bombeamento de concreto usinado por meio de caminhão betoneira



Fonte: Silva (2018).

O estudo de caso realizado por Peres (2013) indicou que os custos com o material concreto foram da ordem de 15,90% em relação ao custo total do pavimento tipo. Tal trabalho foi feito levando em consideração 8 edifícios de um mesmo empreendimento no Rio de Janeiro, constando na divisão de custo tanto insumos quanto mão de obra. Esse estudo propôs-se a analisar uma mesma solução estrutural utilizando o sistema convencional com laje maciça apresentando diferentes sistemas executivos de fôrmas, sendo eles o usual (com uso de escoras metálicas e de fôrmas de madeira) e uma alternativa com aplicação de mesas voadoras.

Duarte Junior (2014) encontrou como gasto relativo um valor de 26% do relacionado ao pavimento tipo, em condições de divisão de gastos similares ao de Peres (2013), sendo válido salientar que esses custos foram estimados usando valores de mercado. No caso, o estudo desse autor considerou um comparativo entre uma solução estrutural usando o sistema de laje em Bubbledeck e uma em laje nervurada com fôrmas plásticas.

Silva (2018) obteve a fração de dispêndio relativa ao concreto da ordem 21% do total da estrutura. Nesse estudo, foram consideradas 28 obras ocorrendo na cidade de Fortaleza no período entre 2014 e 2017, tais apresentavam quatro tipos de solução estrutural, sendo elas: convencional de laje maciça, convencional de laje nervurada, laje nervurada com uso de viga-faixa protendida e laje maciça lisa. A razão obtida levou em consideração a média de gastos. Na Tabela 1 consta o comparativo dos custos percentuais do material concreto dos estudos citados.

Tabela 1 – Comparativo de custos percentuais de concreto

| <b>Autor</b>         | <b>Custo do material concreto (%)</b> |
|----------------------|---------------------------------------|
| Peres (2013)         | 15,9                                  |
| Duarte Junior (2014) | 26,0                                  |
| Silva (2018)         | 21,0                                  |

Fonte: elaborado pelo autor.

Comparando esses estudos e levando em consideração suas limitações quanto aos dados analisados, verifica-se um grande indicativo da existência de uma disparidade frente ao desembolso com o material concreto para diferentes regiões e métodos construtivos.

### **2.2.2 Armadura**

Constituem-se como armaduras em estruturas de concreto as barras de aço as quais devem ser posicionadas segundo as orientações de projeto visando o atendimento de limites previstos em norma, como a ocorrência de fissuras. Tais limitações levam em consideração combinações de esforços da peça em serviço como preconiza a NBR 6118 (2014).

Quanto a obtenção das armaduras é possível adquiri-las já nas dimensões e geometria exatas necessárias à execução, estando a cargo do construtor somente a disposição desse componente nas peças de concreto. Como exemplo de obtenção de produto já nos padrões de uso, cita-se a utilização de telas na disposição de armaduras de lajes. É válido salientar que os custos desse insumo são referenciados em função da massa de aço em kg, como afirma Silva (2018). Na Figura 11 consta um exemplo desse material.

Figura 11 – Telas de aço soldadas para lajes



Fonte: Silva (2018).

No tocante ao custo relativo, os autores divergem quanto a estimativa do seu valor. Para Peres (2013) o percentual referente as armaduras é de, aproximadamente, 26,2% dos gastos relativos à execução da estrutura. Já para Duarte Junior (2014) a fração encontra-se na faixa de 44,0%. Para Silva (2018) a relação obtida foi de 33,0%. Em vista disso, reforça-se a necessidade de levar em conta a região de análise desse insumo, bem como a solução estrutural predominante. Na Tabela 2 consta o comparativo dos custos percentuais do material aço dos estudos citados.

Tabela 2 – Comparativo de custos percentuais de aço

| <b>Autor</b>         | <b>Custo do material aço (%)</b> |
|----------------------|----------------------------------|
| Peres (2013)         | 26,2                             |
| Duarte Junior (2014) | 44,0                             |
| Silva (2018)         | 33,0                             |

Fonte: elaborado pelo autor.

### **2.2.2.1 Armadura ativa**

A NBR 6118 (2014) define como armadura ativa qualquer armadura destinada a produzir forças de protensão. Tais esforços decorrem do tensionamento da armadura por meio

de macacos hidráulicos especiais voltados para essa tarefa. O uso de tais armaduras em conjunto com o concreto visa limitar ou eliminar as fissuras e as deformações de uma peça estrutural.

O esforço adicional faz com que a peça trabalhe mais sujeita a compressão em detrimento a flexão, assim maximizando o aproveitamento do concreto, implicando na diminuição da altura desses elementos. Com isso, possibilita-se a existência de maiores vãos nas estruturas. A Figura 12 apresenta a disposição de armadura ativa em uma laje protendida antes da concretagem.

Figura 12 – Exemplo de aplicação de protensão em laje maciça



Fonte: Silva (2018).

#### 2.2.2.2 Armadura passiva

A NBR 6118 (2014) define como armadura passiva qualquer armadura não destinada a produzir esforços de protensão, portanto que não seja previamente alongada. O uso exclusivo desse tipo de componente figura como a solução mais antiga em estruturas de concreto, como observa-se nas definições e revisões da norma de projeto de estruturas de concreto.

Algumas ferragens são aplicadas exclusivamente na condição passiva, como exemplo, citam-se as armaduras de pele, destinadas ao impedimento de formação de fissuras em vigas de grande altura, e os estribos, os quais previnem o cisalhamento dos elementos. Na Figura 13 observa-se o uso de armadura passiva na laje de um edifício.

Figura 13 – Exemplo de utilização de armadura passiva



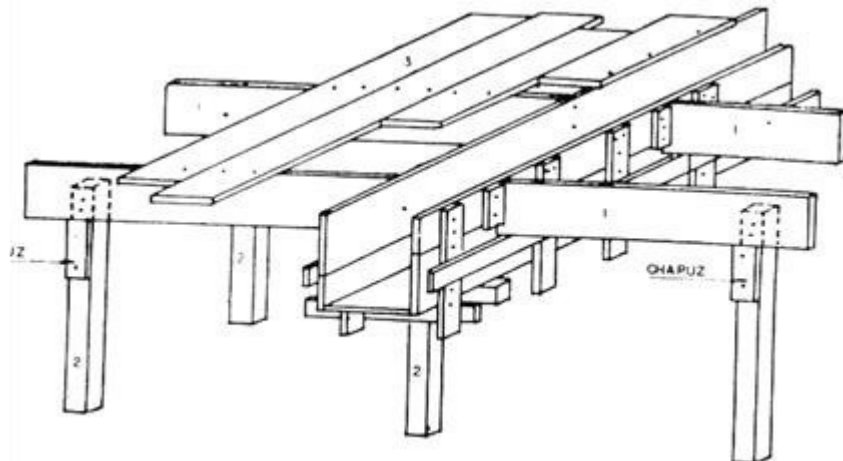
Fonte: Protensão Impacto LTDA.

### ***2.2.3 Sistema de fôrmas***

A NBR 15696 (2009) define o sistema de fôrmas como estruturas provisórias que servem para moldar o concreto fresco, resistindo a todas as ações provenientes das cargas variáveis resultantes das pressões da etapa de concretagem, até que o material se torne autoportante. Além dos elementos que servem como fôrmas, ainda compõem esse sistema os cimbramentos que os suportam até que estes atinjam uma dada resistência.

Consta na Figura 14 um desenho esquemático do sistema fôrmas e escoramentos. A Figura 15 apresenta a disposição das fôrmas de uma laje nervurada além da colocação das telas de aço associadas, na Figura 16 vê-se os cimbramentos metálicos utilizados como suporte de uma laje, já na Figura 17 observa-se a fôrma em madeira montada para a concretagem de um pilar circular.

Figura 14 – Esquema de disposição de fôrma de viga



Fonte: Silva (2018).

Figura 15 – Disposição de fôrma (cubetas) de laje nervurada



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 16 – Disposição de cimbramento metálico



Fonte: Protensão Impacto LTDA.

Figura 17 – Fôrma de madeira para pilar circular



Fonte: elaborado pelo autor.



A determinação do sistema de fôrmas ideal para um empreendimento deve levar em consideração o seu custo relativo no tempo, atentando tanto a vida útil do material moldante quanto para o prazo de execução da estrutura. Como argumenta Lima (2016), é válido pontuar que a escolha desse sistema influencia diretamente na execução da obra, determinando de forma indireta os demais insumos.

Peres (2013) afirma a existência de 3 soluções principais, sejam elas sistema de fôrmas de madeira, de fôrmas metálicas e misto. No primeiro, os elementos constituintes são feitos com tabuas de madeira ou madeira compensada. No segundo, os componentes são feitos em metal e possuem maior durabilidade e capacidade de repetição em relação ao anterior, embora com custo de produção mais elevado. No último, ocorre a junção dos dois outros sistemas, no geral sendo os moldes fabricados em chapas de madeira compensada com os demais elementos apresentando componentes metálicos.

Ainda é válido destacar a existência de fôrmas plásticas. Para Pott, Bellei e Barbisan (2019) tais apresentam-se mais leves que as duas citadas anteriormente, assim caracterizando uma opção eficiente, ágil e flexível. Tal solução é adotada na confecção de lajes nervuradas.

Verificam-se divergências quanto às despesas com as fôrmas em relação à estrutura. Peres (2013) estima o valor relativo as fôrmas no pavimento tipo na ordem de 44,0%, já para Duarte Júnior (2014) a mesma relação gira em torno de 11,0%. Para Silva (2018) o resultado médio foi de 26,0%. Na Tabela 3 consta o comparativo dos custos percentuais do material fôrma dos estudos citados.

Tabela 3 – Comparativo de custos percentuais de fôrma

| <b>Autor</b>         | <b>Custo do material fôrma (%)</b> |
|----------------------|------------------------------------|
| Peres (2013)         | 44,0                               |
| Duarte Junior (2014) | 11,0                               |
| Silva (2018)         | 26,0                               |

Fonte: elaborado pelo autor.

### 2.3 Mão de obra

A mão de obra atua em todas as etapas construtivas que envolvem os insumos supracitados. As divisões relativas a cada classe que atua na construção civil são definidas pelos sindicatos da profissão em cada estado do Brasil. Levando em consideração o estado do Ceará, na figura do Sinduscon/CE, são definidas as seguintes classificações: servente, meio-

profissional ou auxiliar, profissional, encarregado e mestre de obras. As duas primeiras classes são relativas a empregados que ofertam suporte a profissionais mais qualificados, as demais implicam em funcionários mais capacitados que exercem funções bem definidas.

No tocante aos custos relativos à mão de obra, verificam-se valores da ordem de 10,9%, 17,0% e 20,0% para os estudos de Peres (2013), Duarte Junior (2014) e Silva (2018) respectivamente. Na Tabela 4 consta o comparativo dos custos percentuais da mão de obra dos estudos citados.

Tabela 4 – Comparativo de custos percentuais de mão de obra

| <b>Autor</b>         | <b>Custo da mão de obra (%)</b> |
|----------------------|---------------------------------|
| Peres (2013)         | 10,90                           |
| Duarte Junior (2014) | 17,00                           |
| Silva (2018)         | 20,00                           |

Fonte: elaborado pelo autor.

## 2.4 Big data

O termo *Big Data* pode ser entendido como um processo de obter, gerenciar e analisar dados para gerar conhecimento e revelar padrões escondidos. Governos e organizações comerciais estão transbordando com dados, chegando a *petabytes* de informações. De acordo com Bello-Orgaz, Jung e Camacho (2016), *Big Data* é um fenômeno popular que busca prover uma alternativa às soluções tradicionais baseadas em banco de dados e análise de informações.

Existem várias configurações possíveis para uma arquitetura de uma aplicação de *Big Data*. Em Ranjan (2014), os autores apresentam uma sugestão de arquitetura de alto-nível do ecossistema de Big Data formada por três camadas:

- a) *data ingestion*, onde os dados são recebidos de várias fontes;
- b) *data analytics*, consistindo de vários sistemas que filtram e analisam dados, podendo atuar em lote (*batch*) ou em *streaming* (distribuído);
- c) *data storage*, responsável por manter e indexar os dados intermediários e finais.

A aplicação dessa metodologia de análise na construção civil pode implicar na criação da ferramenta definitiva de análise e estimativa de custos de estruturas, bastando para tal um volume de fonte confiável e significativo de informações.

## 2.5 Aplicativos digitais

A criação de aplicativos para a internet implica no uso de diferentes linguagens de programação. Cada linguagem possui uma finalidade principal, linguagens como HTML, CSS e JavaScript estão ligadas a criação da interface do usuário sendo vinculadas à aparência da página e às interações programadas. De modo a permitir o funcionamento contínuo do aplicativo, faz-se uso de um servidor que permita o acesso dos usuários. Cita-se a existência de sintaxes referentes a programação no sistema que fornece conexão com a internet, como PHP e MySQL, as quais variam em função do serviço contratado.

Em vista disso, abaixo são consideradas algumas linguagens recorrentes no desenvolvimento de sítios eletrônicos.

### 2.5.1 *Hiper Text Markup Language*

HTML é a linguagem na qual são escritas as páginas da rede mundial de computadores as quais são interpretadas por navegadores, como o Google Chrome e o Firefox por exemplo.

A estrutura dessas páginas divide-se em cabeçalho e corpo, referenciados respectivamente nas marcações `<head>` e `<body>` de acordo com Lopes e Komura (2011). Dentre os usos dessa linguagem citam-se: a escrita de textos que podem ser visualizados pelo usuário, a definição de espaços que proporcionam algum tipo de interação com o usuário, a exibição de imagens e vídeos, dentre outras funcionalidades.

Nas Figuras 18 e 19 são exibidos, respectivamente, o código fonte de um site exemplo e a sua interpretação dele pelo navegador Google Chrome.

Figura 18 – Código fonte de página em linguagem HTML

```

1 <!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML 1.0 Transitional//EN" "http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-transitional.dtd">
2 <html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml" xml:lang="pt-br" lang="pt-br">
3 <head><base href="http://www.ufc.br/" />
4 <meta http-equiv="content-type" content="text/html; charset=utf-8" />
5 <meta name="keywords" content="ufc, universidade, universidade federal, graduação, pós-graduação, mestrado, doutorado, curso" />
6 <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1, maximum-scale=1" />
7 <meta name="author" content="Divisão de Portais Universitários" />
8 <meta name="description" content="UFC - Universidade Federal do Ceará" />
9 <meta name="generator" content="Secretaria de Tecnologia da Informação" />
10 <title>Portal da UFC - Universidade Federal do Ceará - Página Inicial</title>
11 <link href="/?format=feed&type=rss" rel="alternate" type="application/rss+xml" title="RSS 2.0" />
12 <link href="/?format=feed&type=atom" rel="alternate" type="application/atom+xml" title="Atom 1.0" />
13 <link href="/templates/portal2018/favicon.ico" rel="shortcut icon" type="image/vnd.microsoft.icon" />
14 <link href="http://www.ufc.br/component/search/?Itemid=101&format=opensearch" rel="search" title="Pesquisa Portal da UFC" />
15 <link href="/templates/portal2018/css/v004-estilo.css" rel="stylesheet" type="text/css" />
16 <link href="/templates/portal2018/css/fancybox.css" rel="stylesheet" type="text/css" />
17 <link href="/modules/mod_dpuradio/assets/mod_dpuradio.css" rel="stylesheet" type="text/css" />
18 <script src="/media/jui/js/jquery.min.js?1583ba0be746da6d00c88dbe51b6c814" type="text/javascript"></script>
19 <script src="/media/jui/js/jquery-noconflict.js?1583ba0be746da6d00c88dbe51b6c814" type="text/javascript"></script>
20 <script src="/media/jui/js/jquery-migrate.min.js?1583ba0be746da6d00c88dbe51b6c814" type="text/javascript"></script>
21 <script src="/media/system/js/caption.js?1583ba0be746da6d00c88dbe51b6c814" type="text/javascript"></script>
22 <script src="/media/jui/js/bootstrap.min.js?1583ba0be746da6d00c88dbe51b6c814" type="text/javascript"></script>
23 <script src="/templates/portal2018/js/jquery.easing.js" type="text/javascript"></script>
24 <script src="/templates/portal2018/js/jquery.fancybox.js" type="text/javascript"></script>
25 <script src="/templates/portal2018/js/jquery.fancybox-media.js" type="text/javascript"></script>
26 <script src="/templates/portal2018/js/jquery.scrollTo.min.js" type="text/javascript"></script>
27 <script src="/templates/portal2018/js/template.switcher.js" type="text/javascript"></script>
28 <script src="/templates/portal2018/js/template.resizer.js" type="text/javascript"></script>
29 <script src="/templates/portal2018/js/v002.base.js" type="text/javascript"></script>
30 <script src="/modules/mod_dpuradio/assets/jquery.jplayer.min.js" type="text/javascript"></script>
31 <script src="/modules/mod_slideshow/assets/slideshow-v3.js" type="text/javascript"></script>
32 <script type="text/javascript">
33 jQuery(window).on('load', function() {
34     new JCaption('img.caption');
35 });
36 // Google Analytics
37 var _gaq = _gaq || [];
38 _gaq.push(['_setAccount', 'UA-35791064-1']);
39 _gaq.push(['_setDomainName', 'none']);
40 _gaq.push(['_trackPageview']);
41 (function() {
42     var ga = document.createElement('script'); ga.type = 'text/javascript'; ga.async = true;
43     ga.src = ('https:' == document.location.protocol ? 'https://ssl' : 'http://www') + '.google-analytics.com/ga.js';
44     var s = document.getElementsByTagName('script')[0]; s.parentNode.insertBefore(ga, s);
45 })();

```

Fonte: Disponível em: <<http://www.ufc.br/>>. Acesso em: 30 out. 2019.

Figura 19 – Visualização da página para o usuário no navegador Google Chrome

The screenshot shows the homepage of the Universidade Federal do Ceará (UFC). At the top, there is a navigation bar with links for 'Acesso à Informação' and 'BRASIL'. Below this is a search bar and social media icons. The main content area features a large banner with the text 'QUER MAIS CONTEÚDO SOBRE A UFC? SIGA @UFCINFORMA NO FACEBOOK, INSTAGRAM e TWITTER'. The banner also includes a date '29/10 a 1/11' and the text 'NO FLICKR, /UFC-INFORMA'. Below the banner, there are sections for 'Notícias em Destaque', 'Na Reitoria', and 'Agenda do Reitor'.

Fonte: Disponível em: <<view-source:http://www.ufc.br/>>. Acesso em: 30 out. 2019.

## 2.5.2 Cascading Style Sheets

Essa sintaxe tem como função definir a padronização de exibição dos elementos de uma página em um navegador, levando em consideração a organização espacial, a paleta de cores, o tamanho, o tipo da fonte textual dentre outras características.

Barros e Santos (2008) citam como vantagem dessa linguagem a separação do conteúdo do texto do seu estilo, o que facilita a edição e padronização de um site. Além disso, tem-se uma maior precisão e opções de formatação com o seu uso.

Na Figura 20 é exibido um código exemplo da linguagem, já na Figura 21 tem-se o resultado do seu uso.

Figura 20 – Código fonte de linguagem CSS

```

/* Reset & Basics (Inspired by E. Meyers) */
a,abbr,acronym,address,applet,article,aside,audio,b,big,blockquote,body,canvas,caption,center,cite,code,dd,del,div,dl,dt,em,embed,fieldset,figcaption,figure,footer,form,h1,h2,h3,h4,h5,h6,header,hgroup,html,i,iframe,img,ins,kbd,label,legend,li,mark,menu,nav,object,ol,output,p,pre,q,ruby,s,samp,section,small,span,strike,strong,sub,summary,sup,table,tbody,td,tfoot,th,thead,time,tr,tt,u,ul,var,video{margin:0;padding:0;border:0;font:inherit;vertical-align:baseline}article,aside,details,figcaption,figure,footer,header,hgroup,menu,nav,section{display:block}body{line-height:1}ol,ul{list-style:none;margin:0}blockquote,q{quotes:none}blockquote:after,blockquote:before,q:after,q:before{content:'';content:none}table{border-collapse:collapse;border-spacing:0}

/* Skeleton V1.1 | Copyright 2011, Dave Gamache | www.getskeleton.com */
.container{position:relative;width:960px;margin:0 auto;padding:0}.column,.columns{float:left;display:inline;margin-left:10px;margin-right:10px}.row{margin-bottom:20px}.column.alpha,.columns.alpha{margin-left:0}.column.omega,.columns.omega{margin-right:0}.container .one.column{width:40px}.container .two.columns{width:100px}.container .three.columns{width:160px}.container .four.columns{width:220px}.container .five.columns{width:280px}.container .six.columns{width:340px}.container .seven.columns{width:400px}.container .eight.columns{width:460px}.container .nine.columns{width:520px}.container .ten.columns{width:580px}.container .eleven.columns{width:640px}.container .twelve.columns{width:700px}.container .thirteen.columns{width:760px}.container .fourteen.columns{width:820px}.container .fifteen.columns{width:880px}.container .sixteen.columns{width:940px}.container .one-third.column{width:300px}.container .two-thirds.column{width:620px}.container .offset-by-one{padding-left:60px}.container .offset-by-two{padding-left:120px}.container .offset-by-three{padding-left:180px}.container .offset-by-four{padding-left:240px}.container .offset-by-five{padding-left:300px}.container .offset-by-six{padding-left:360px}.container .offset-by-seven{padding-left:420px}.container .offset-by-eight{padding-left:480px}.container .offset-by-nine{padding-left:540px}.container .offset-by-ten{padding-left:600px}.container .offset-by-eleven{padding-left:660px}.container .offset-by-twelve{padding-left:720px}.container .offset-by-thirteen{padding-left:780px}.container .offset-by-fourteen{padding-left:840px}.container .offset-by-fifteen{padding-left:900px}

/* Mais reset (clearfix) */
.clear,.clearfix:after,.row:after{clear:both}.clear,.container:after{display:block;visibility:hidden;height:0}.container:after{content:"\0020";clear:both}.clearfix:after,.clearfix:before,.row:after,.row:before{content:"\0020";display:block;overflow:hidden;visibility:hidden;width:0;height:0}.clearfix,.row{zoom:1}.clear{overflow:hidden;width:0}

/* Mais reset */
body{background:#000016;color:#232323;font:13px/18px Tahoma,Geneva,sans-serif;color:#444}h1,h5,h6{margin:0}h2,h3{color:#005f97;border-bottom:1px solid #e8e8e8;margin:20px 0;font-weight:400;padding-bottom:2px}h1{font-size:24px}h2{font-size:21px}h3{font-size:18px}h4{font-size:16px}h5,h6{font-size:15px}ol{list-style:decimal}strong{font-weight:bold}a{color:#00629c;text-decoration:none}a:hover,a:focus{color:#f90}.banners img,.item-page img,embed,img{scale-with-grid;object{max-width:100%;height:auto}}.img_esq,.img_esq,.img_dir,.img_dir,.pull-left,.pull-right{border:1px solid #cfcfcf}

/* Fontes */
@font-face{font-family:'PT Sans Narrow Bold';src:url(../font/pt_sans-narrow-web-bold-webfont.eot);src:url(../font/pt_sans-narrow-web-bold-webfont.eot?#iefix) format('embedded-opentype'),url(../font/pt_sans-narrow-web-bold-webfont.woff) format('woff'),url(../font/pt_sans-narrow-web-bold-webfont.ttf) format('truetype'),url(../font/pt_sans-narrow-web-bold-webfont.svg#PTSansNarrowBold) format('svg');font-weight:400;font-style:normal}@font-face{font-family:'PT Sans Narrow';src:url(../font/pt_sans-narrow-web-regular-webfont.eot);src:url(../font/pt_sans-narrow-web-regular-webfont.eot?#iefix) format('embedded-opentype'),url(../font/pt_sans-narrow-web-regular-webfont.woff) format('woff'),url(../font/pt_sans-narrow-web-regular-webfont.ttf) format('truetype'),url(../font/pt_sans-narrow-web-regular-webfont.svg#PTSansNarrowRegular) format('svg');font-weight:400;font-style:normal}#menu-principal .link,.menu-servicos,.submenu .link,h1,h2,h3,h4,h5,h6{font-family:'PT Sans Narrow'}

/* Efeitos íteais */
.oculto,.dn{display:none}.replace{overflow:hidden;text-indent:-999999px;display:inline-block}.img_esq,.img_esq,.pull-left{margin:0 10px 0 0;padding:3px;float:left}.img_dir,.img_dir,.pull-right{margin:0 0 0 10px;padding:3px;float:right}

```

Fonte: Disponível em: < <http://www.ufc.br/templates/porta2018/css/v004-estilo.css>>. Acesso em: 4 nov. 2019.

Figura 21 – Efeito da sintaxe CSS na disposição da página



Fonte: Disponível em: <<http://www.ufc.br/>>. Acesso em: 4 nov. 2019.

### 2.5.3 Personal Home Page Tools

Barreto (2000) argumenta que a linguagem PHP possibilita a interação com os usuários por meio de formulários e links. Essa sintaxe diferencia-se de outras que também possibilitam o uso interativo, como o JavaScript, por ser executada no servidor. Com isso, somente se envia para o cliente uma linguagem HTML pura, assim pode-se interagir com as ferramentas do servidor sem expor o código fonte. Em vista disso, essa linguagem possibilita o trabalho com informações confidenciais.

Outra vantagem é o suporte para vários bancos de dados, como dBase, mSQL, MySQL, PostgreSQL dentre outros. Com isso, construir e atualizar conjuntos de informações é uma tarefa simples.

### 2.5.4 MySQL

Widenius *et al.* (2001) afirma que a sintaxe MySQL é a mais popular sintaxe gratuita de banco de dados. Tal se classifica como uma estrutura de dados relacionada, onde os dados são divididos em seções conforme uma classificação definida pelo programador, com isso facilita-se a manipulação e atualização de bancos de dados. Ainda como vantagens, cita-se a sua velocidade de interpretação, o amplo suporte em variados servidores e a simplicidade da sua estrutura, facilitando o seu uso e aprendizado.

### 3 METODOLOGIA

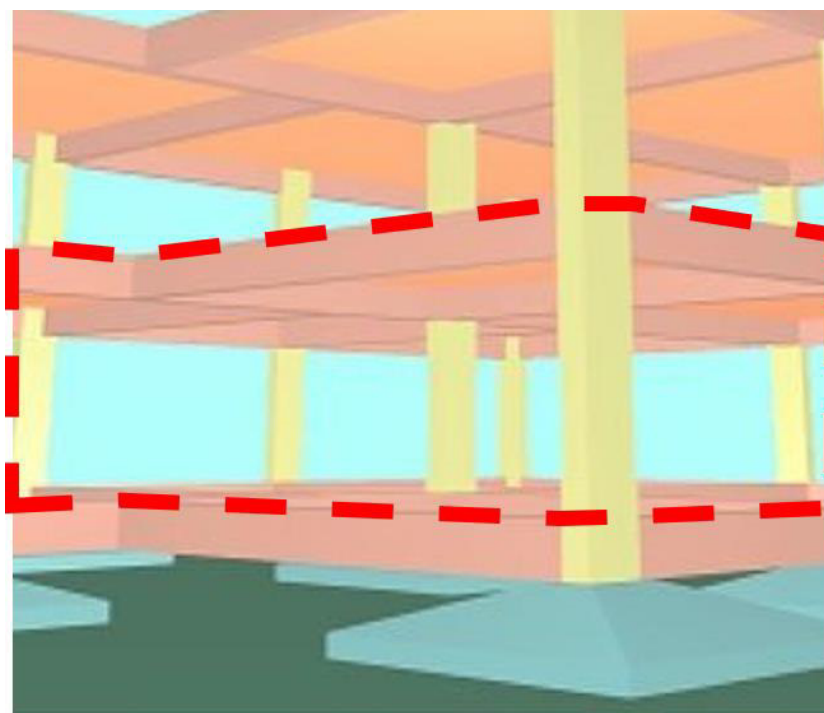
De modo a atingir os objetivos propostos, foram definidas 3 etapas sequenciais no desenvolvimento do aplicativo. Tais etapas são: determinação de dados reais a serem coletados e montagem das funções de custo a serem usadas para fins comparativos; programação de protótipo do aplicativo em plataforma digital; avaliação de possíveis melhorias a serem implementadas após a obtenção de um banco de dados.

#### 3.1 Determinação de dados relevantes

A seleção dos dados a serem coletados é feita em função dos itens mais impactantes no custo das estruturas, além de informações relativas à localização e à magnitude do empreendimento. A definição dos itens levou em consideração tanto os autores referidos nesse estudo, quanto os gestores consultados durante a fase concepção do aplicativo.

Ademais, é válido salientar que os quantitativos analisados consideraram um pavimento tipo das edificações, na Figura 22 tem-se a sua delimitação. Com isso, possibilita-se a comparação entre diferentes empreendimentos por meio da parametrização de indicadores.

Figura 22 – Delimitação do pavimento tipo



Fonte: Silva (2018).

São considerados as seguintes características de um empreendimento:

- a) tipo de edificação;
- b) tipo de solução estrutural adotada;
- c) número de pavimentos (sendo contabilizados a partir do subsolo);
- d) existência de eixo de simetria;
- e) área do pavimento tipo em  $m^2$ , desconsiderando vazios (A);
- f) ciclo de execução de laje, em dias ( $D_{ciclo}$ );
- g) volume de concreto, subdividido em vigas ( $V_v$ ), em pilares ( $V_p$ ) e na composição de lajes e escada ( $V_{l+e}$ );
- h) peso de armadura passiva em kg, subdividido em vigas ( $M_{a(p)_v}$ ), pilares ( $M_{a(p)_p}$ ) e na composição de lajes e escada ( $M_{a(p)_l+e}$ );
- i) peso de armadura ativa em kg, subdividido em vigas ( $M_{a(a)_v}$ ) e em lajes ( $M_{a(a)_l}$ );
- j) área de fôrmas, subdividida em lajes maciças ( $A_{f_l_m}$ ), em lajes nervuradas ( $A_{f_l_n}$ ), e na composição de vigas, pilares e escada ( $A_{f_v+p+e}$ );
- k) número de funcionários diretamente envolvidos na execução de um pavimento ( $N_f$ );
- l) salário efetivamente pago aos funcionários considerados ( $S_a$ ).

É válido informar que o planejamento de dados a serem obtidos é de fundamental importância para a montagem dos indicadores, bem como para a codificação posterior de uma funcionalidade do aplicativo relativa à sugestão de melhorias para empreendimentos.

### 3.2 Funções de custo e tratamento de dados

Nessa etapa são montadas as funções de custo de material e de mão de obra, e, com isso, o custo total da estrutura ( $R\$/m^2$ ). Além disso, nela são definidos os tratamentos de dados promovidos pelo aplicativo.

Para os cálculos dos custos diretos do empreendimento deve-se considerar o consumo de materiais, equipamentos necessários, tempo de construção e mão de obra requerida. Em função disso, são obtidos valores relativos aos custos dos insumos por meio do preço de aquisição associado ao seu material. Ainda é válido salientar que tais despesas são subdivididas em categorias relativas ao número de pavimentos, ao tipo da edificação e à solução estrutural adotada, de modo a comparar empreendimentos com características similares. Quanto ao custo com os funcionários, considera-se o seu salário base acrescido dos encargos sociais.



Para o desenvolvimento das análises são propostos 5 indicadores principais no intuito de padronizar a análise de dados. Na Tabela 5 consta o que foi proposto.

*Tabela 5 – Indicadores propostos para análise de empreendimentos*

| <b>Indicador (R\$/m<sup>2</sup>)</b>     | <b>Sigla</b>    |
|------------------------------------------|-----------------|
| Custo por área construída de concreto    | C <sub>c</sub>  |
| Custo por área construída de aço         | C <sub>a</sub>  |
| Custo por área construída de fôrma       | C <sub>f</sub>  |
| Custo por área construída de mão de obra | C <sub>mo</sub> |
| Custo por área construída global         | C <sub>t</sub>  |

Fonte: elaborado pelo autor.

Já pensando no aperfeiçoamento da ferramenta, além de elencar empreendimentos em função do seu custo total parametrizado, ainda é adotado um tratamento estatístico de modo a proporcionar uma gama mais ampla de análise. Inicialmente, são consideradas medidas de tendência central de todos os quantitativos obtidos e custos calculados das informações registradas no banco de dados para fins de comparação com novos empreendimentos. No caso, serão feitos cálculos de média e de desvio padrão amostral.

Abaixo constam os procedimentos de normalização utilizados para obtenção dos custos dos insumos e da mão de obra.

### **3.2.1 Custo por área construída de concreto (C<sub>c</sub>)**

Primeiramente, efetua-se a parametrização da consideração do concreto por meio do cálculo do seu custo por metro quadrado construído (C<sub>c</sub>). Tal é definida como a relação entre o custo do concreto, o qual compõem-se pela multiplicação do consumo de concreto (V) e do seu preço (C<sub>v</sub>), e a área A. Adotou-se o valor de 278,00 R\$/m<sup>3</sup> para o C<sub>v</sub>. Tal valor é respaldado pela Seinfra/CE (2019) em sua Tabela de Preços de Insumos considerando um concreto de fck 30 MPa. A relação matemática é descrita na Equação 1.

$$C_c = \frac{V(m^3) * C_v \left( \frac{R\$}{m^3} \right)}{A(m^2)} \quad (1)$$

Tal cálculo é feito levando em consideração o volume consumido de concreto de cada subdivisão. Logo, consideram-se os custos por área construída de vigas (C<sub>cv</sub>), de pilares (C<sub>cp</sub>) e da composição de lajes e escada (C<sub>c(l+e)</sub>). Dispondo dos três componentes, calcula-se

ainda o custo total parametrizado ( $C_{ct}$ ) pela somatória dos demais. Na Equação 2 é descrita a relação matemática correspondente.

$$C_{ct} = C_{cv} + C_{cp} + C_{c(l+e)} \text{ (R\$/m}^3\text{)} \quad (2)$$

### 3.2.2 Custo por área construída de aço ( $C_a$ )

Divide-se a análise dos custos do aço em armadura ativa e em passiva. No que concerne ao segundo tipo, efetua-se a parametrização da consideração do aço por meio do cálculo do seu custo por metro quadrado construído ( $C_{a(p)}$ ). Tal é definida como a relação entre o custo do insumo, o qual é definido pela multiplicação da massa de aço passiva ( $M_{a(p)}$ ) pelo seu custo ( $C_{a\zeta(p)}$ ), e a área  $A$ . Adotou-se o valor de 4,44 R\$/m<sup>2</sup> para o parâmetro  $C_{a\zeta(p)}$ , o qual é aplicado pela Seinfra/CE (2019) em sua Tabela de Preços de Insumos. O aço considerado em questão foi o aço CA-50. A relação matemática é descrita na Equação 3.

$$C_{a(p)} = \frac{M_{a(p)}(kg) * C_{a\zeta(p)} \left( \frac{R\$}{kg} \right)}{A(m^2)} \quad (3)$$

O cálculo sugerido acima é realizado levando em consideração a massa consumida de aço de duas subdivisões, sejam elas massa de aço passivo de vigas ( $M_{av(p)}$ ) e da composição de lajes e escada ( $M_{a(l+e)(p)}$ ), com isso sendo obtidos os custos por área construída respectivos  $C_{av(p)}$  e  $C_{a(l+e)(p)}$ . Considerando os resultados de cálculo estrutural obtidos de softwares a exemplo do CAD/TQS, extrai-se a massa total de aço de pilares da edificação ( $M_{ap}$ ), sem subdivisão pela quantidade de pavimentos. Para compatibilizar a parametrização do custo por área construída de pilares ( $C_{ap}$ ), além do descrito na equação anterior divide-se o valor pelo número de pavimentos ( $N_p$ ). Matematicamente o que foi pontuado consta na Equação 4.

$$C_{ap} = \frac{M_{ap(p)}(kg) * C_{a\zeta(p)} \left( \frac{R\$}{kg} \right)}{A(m^2) * N_p} \quad (4)$$

Dispondo dos três componentes, calcula-se o custo total parametrizado ( $C_{at(p)}$ ) pelo somatório dos demais. Na equação 5 é descrita a relação matemática correspondente.

$$C_{at(p)} = C_{av(p)} + C_{ap} + C_{a(l+e)(p)} \text{ (R\$/m}^2\text{)} \quad (5)$$

O procedimento de parametrização da armadura ativa segue um método similar ao apresentado acima. O custo unitário considerado foi de 15,00 R\$/kg aplicado pela empresa Protensão Impacto Ltda. Como diferencial, não se considera armadura ativa em pilares. Logo, o método de cálculo dos custos de lajes ( $C_{al(a)}$ ) e vigas ( $C_{av(a)}$ ) é apresentado na Equação 6. Sendo a composição de custo total da parcela em protensão dada pela Equação 7.

$$C_{a(a)} = \frac{M_{aço(a)}(kg) * C_{aç(a)}\left(\frac{R\$}{kg}\right)}{A(m^2)} \quad (6)$$

$$C_{at(a)} = C_{av(a)} + C_{al(a)} (R\$/m^2) \quad (7)$$

Por fim, calcula-se o total gasto com o material aço pelo somatório dos custos com armadura passiva e ativa. A Equação 8 descreve o método de obtenção desse parâmetro.

$$C_{at} = C_{at(a)} + C_{at(p)} (R\$/m^2) \quad (8)$$

### 3.2.3 Custo por área construída de fôrma ( $C_f$ )

São considerados dois materiais relativos as fôrmas, sendo elas em madeira ou em plástico, pois tais figuram como as soluções mais usuais aplicadas no Estado do Ceará. Os custos por área de fôrma (R\$/m<sup>2</sup>) adotados para cada um são, respectivamente, 36,95 ( $C_{for(m)}$ ) e 17,47 ( $C_{for(p)}$ ). A primeira considerou chapas de madeirite com 1,22 m de largura e 2,44 m de comprimento a qual custa em média 110,00 R\$, já a segunda considerou cubetas de 0,61 m de largura e 0,61 m de comprimento com um custo unitário de 6,50 R\$. Além desses, ainda se consideram os preços de alocação de cimbramentos e de aquisição de tabuas de madeira, sendo o desembolso individual de 7,00 R\$/m<sup>2</sup> e de 30 R\$/m<sup>2</sup>, ambos já relativos à área de um pavimento. Todos os valores aqui citados foram obtidos junto a empresa Diagonal Empreendimentos e Engenharia Ltda.

Efetuuou-se a parametrização da consideração desse sistema por meio do cálculo do seu custo por metro quadrado construído ( $C_f$ ). Tal é definido como a relação entre o custo total de fôrma, considerando a multiplicação de sua área ( $A_f$ ) e pelo seu custo ( $C_{for}$ ), e a área  $A$ . De modo a melhor considerar os usos dos diferentes materiais, efetuou-se a subdivisão em fôrma de laje maciça ( $A_{fm}$ ), de laje nervurada ( $A_{fn}$ ) e na composição dos demais elementos ( $A_{f(v+p+e)}$ ). Na Equação 9 observa-se a definição matemática de cálculo do custo por metro quadrado de cada componente considerado.

$$C_f = \frac{A_f(m^2) * C_{for}\left(\frac{R\$}{m^2}\right)}{A(m^2)} \quad (9)$$

Dessa forma, calculam-se os custos relativos à laje maciça ( $C_{fm}$ ) e à laje nervurada ( $C_{fn}$ ). Particularmente quanto a obtenção do custo da composição de vigas, pilares e escada ( $C_{f(v+p+e)}$ ) em sua despesa também se consideram os custos de cimbramentos e de tabuas de madeira, por meio de somatório direto. A Equação 10 demonstra a particularidade dessa

subdivisão. Dispondo dos três componentes, calcula-se ainda o custo total parametrizado ( $C_{ft}$ ) pelo somatório dos demais. Na Equação 11 é descrita a relação matemática correspondente.

$$C_{f(v+p+e)} = \frac{A_f(m^2) * C_{for}\left(\frac{R\$}{m^2}\right)}{A(m^2)} + 30,00 \left(\frac{R\$}{m^2}\right) + 7,00 \left(\frac{R\$}{m^2}\right) \quad (10)$$

$$C_{ft} = C_{fm} + C_{fn} + C_{f(v+p+e)} (R\$/m^3) \quad (11)$$

### 3.2.4 Custo por área construída de mão de obra ( $C_{mo}$ )

A parametrização da mão de obra provem do cálculo do seu custo por metro quadrado construído ( $C_{mo}$ ). Esse é definido como a relação entre a área construída em um mês ( $A_{mês}$ ) e o custo com pessoal diretamente envolvido na execução do pavimento tipo ( $C_{mo}$ ), levando em consideração o número de funcionários responsáveis pela execução da estrutura de um pavimento ( $N_f$ ) e seus salários ( $S_a$ ). O cálculo do segundo é dado pela multiplicação da área  $A$  pela relação entre o número de dias trabalhados em um mês ( $D_{mês}$ ) e o número de dias de ciclo de laje ( $D_{ciclo}$ ). Aqui é válido salientar que se adotou um  $D_{mês}$  de 21 dias, em função de finais de semana e de eventuais feriados. As Equações 12 e 13 definem matematicamente o que foi descrito.

$$A_{mês} = \frac{D_{mês}\left(\frac{dias}{mês}\right) * A(m^2)}{D_{ciclo}\left(\frac{dias}{mês}\right)} \quad (12)$$

$$C_{mo} = \frac{S_a\left(\frac{R\$}{mês}\right) * N_f}{A_{mês}\left(\frac{m^2}{mês}\right)} \quad (13)$$

É válido salientar que o cálculo do custo deve ser feito para cada classificação de funcionário com seu respectivo salário, os quais são definidos no subtópico 2.3. Ademais, de modo a relevar os encargos sociais sem desoneração de acordo com CBIC (2018), considerou-se um aumento da despesa da ordem de 130,60 % para cada classificação de colaborador. A Equação 14 apresenta esse custo corrigido ( $C_{mo\_c}$ ).

$$C_{mo\_c} = C_{mo\_c} * 2,306 (R\$/m^2) \quad (14)$$

Por fim, calcula-se a despesa total desse insumo ( $C_{mo\_c\_t}$ ) pela soma de seus componentes corrigidos, sejam eles subdivididos em custo com auxiliares ( $C_{mo\_c\_a}$ ), com serventes ( $C_{mo\_c\_s}$ ), com encarregados ( $C_{mo\_c\_e}$ ), com profissionais ( $C_{mo\_c\_p}$ ) e com mestres ( $C_{mo\_c\_m}$ ). Na Equação 15, demonstra-se o procedimento de cálculo utilizado.

$$C_{mo\_c\_t} = C_{mo\_c\_a} + C_{mo\_c\_s} + C_{mo\_c\_e} + C_{mo\_c\_p} + C_{mo\_c\_m} (R\$/m^2) \quad (15)$$

### 3.2.5 Custo por área construída ( $C_t$ )

Por fim, calcula-se o indicador mais importante considerado nesse estudo o custo total por metro construído. Tal é obtido pelo somatório dos custos totais de cada segmentação como exibido na Equação 16.

$$C_t = C_{mo\_c\_t} + C_{ct} + C_{at} + C_{ft} \text{ (R\$/m}^2\text{)} \quad (16)$$

### 3.2.6 Média Amostral

Triola (2008) argumenta que, em geral, a média aritmética é a principal medida de centro, sendo relevante na composição de muitos cálculos estatísticos. Além disso, ao se estimar um dado valor, a mesma fonte argumenta que esse é o valor mais provável. A Equação 17 descreve a forma como ela é calculada.

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad (17)$$

A determinação da média é feita para todos os dados relativos aos custos do pavimento. Logo, ela é calculada para as composições de custo do concreto, do aço, da fôrma e da mão-de-obra e para as suas respectivas subdivisões, as quais foram descritas anteriormente. Além das despesas, também se calcula para os valores consumidos de recursos, sejam em volume, massa, área ou número de colaboradores.

### 3.2.7 Desvio Padrão Amostral

O desvio padrão caracteriza-se como uma medida que indica a variação média dos valores em um conjunto de dados em relação à média aritmética deles. Na Equação 18, tem-se a definição de cálculo para o desvio padrão amostral.

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (18)$$

De posse desse resultado, é possível efetuar análises estatísticas que servem como auxiliares de tomada de decisão quanto a escolha de sistemas construtivos e uso eficiente de insumos e de mão de obra. Uma vez que se obtenha um conjunto confiável de informações, planeja-se exibir esse indicativo para o usuário.

Deve-se determinar o desvio padrão para os mesmos conjuntos de dados que tem suas médias calculadas, as quais são enumeradas na seção anterior.

### **3.3 Programação do aplicativo**

Para a definitiva codificação do aplicativo em plataforma web, em um primeiro momento, define-se um servidor onde serão alocados os códigos fonte da ferramenta e, posteriormente, o banco de dados. Com isso, limitam-se as linguagens computacionais a serem utilizadas. Optou-se pelo uso do site eco Web Hosting como servidor, disponível em < <https://www.ecowebhosting.co.uk/>>.

Na criação da ferramenta foram utilizadas 4 linguagens de programação, sejam elas: HTML, CSS, PHP e MySQL. As duas primeiras foram usadas para definir a interface do usuário, a terceira para conectar a aplicação com o servidor e fazer as manipulações estatísticas, já a última para armazenar os dados inseridos pelo usuário, além de posteriormente servir para a inserção do banco de dados.

Fez-se uso de várias sintaxes tanto no intuito de fazer o melhor uso de suas particularidades quanto para tornar o código mais seguro, assim dificultando a ação de “hackers”.

Cronologicamente, essa etapa de concepção é a precursora da efetiva codificação do aplicativo

#### ***3.3.1 Linguagem do servidor***

Para salvar as informações inseridas pelo usuário bem como para configurar o banco de dados é preciso utilizar uma linguagem que o servidor possua suporte. Com isso, foi utilizada a linguagem MySQL a qual foi diretamente codificada no site. Assim, garantiu-se a compatibilidade das informações inseridas com o restante da aplicação.

Cronologicamente, essa etapa figura como a etapa inicial de desenvolvimento do aplicativo. Ademais, essa sintaxe é utilizada posteriormente na inserção do banco de dados de obras reais.

#### ***3.3.2 Programação das funcionalidades***

Tendo em mente a configuração da interface do usuário, surge a necessidade de armazenamento de informações. Em vista disso, utilizou-se a sintaxe PHP para efetuar a conexão com o servidor necessária ao armazenamento temporário de dados e com isso efetuar

o cálculo dos indicadores propostos anteriormente. Em detrimento disso, essa sintaxe promove a coordenação das funcionalidades do aplicativo.

O desenvolvimento dessa etapa foi imediatamente posterior ao uso da linguagem MySQL.

### ***3.3.3 Programação da interface do usuário***

O principal intuito do desenvolvimento do aplicativo é possibilitar a análise de novas obras com base em um banco de dados. À luz desse objetivo, a plataforma referente a interface do usuário será composta de um cadastro dos dados necessários ao funcionamento do programa. Em vista disso, no aplicativo criam-se campos de preenchimento com os nomes e unidades a serem inseridas, além de um informativo de como eles devem ser inseridos para garantir a obtenção de resultados confiáveis e condizentes com a realidade.

O preenchimento de dados será realizado por meio de códigos numéricos, no caso de variáveis qualitativas, ou valores em unidades determinadas, no caso de parâmetros quantitativos, sendo efetuado sequencialmente nas três primeiras páginas do sítio eletrônico.

A primeira página é voltada para características gerais da obra, constando sua classe (sendo: 1-residencial, 2-comercial e 3-outros), a presença de eixos de simetria (sendo: 0- ausência de simetria, 1-um único eixo de simetria e 2-dois eixos de simetria), o sistema construtivo adotado (sendo: 1-Estrutura convencional com laje maciça; 2-Estrutura convencional com laje nervurada; 3-Sistema com viga-faixa protendida; 4-Sistema com laje lisa.), o número de pavimentos (considerando o número total de pavimentos tipo), a área construída de um pavimento tipo (A) e o ciclo de laje ( $D_{\text{ciclo}}$ ).

Na segunda página deverão ser informados a quantidade de funcionários ( $N_f$ ) com seus respectivos salários ( $S_a$ ).

Na terceira, deve-se preencher os consumos relativos aos insumos respeitando as subdivisões consideradas, as quais foram definidas nos tópicos 3.2.1, 3.2.2 e 3.2.3.

Na quarta página é apresentado o resultado de custo por metro quadrado construído da obra inserida, além de todos os cálculos dos indicadores intermediários. Ainda serão exibidos o comparativo desses valores com os calculados a partir do banco de dados após a sua obtenção.

Para a programação da plataforma do usuário foram utilizadas as linguagens de programação HTML e CSS, sendo a primeira vinculada ao conteúdo de cada página e as suas interações e a segunda responsável por sua disposição espacial. É ainda válido salientar que essa etapa é a última a ser iniciada no desenvolvimento do aplicativo.

### **3.4 Validação**

A finalização do protótipo consistiu na apresentação do site ao professor Dr. Augusto Albuquerque que repassou o endereço eletrônico para alguns gestores de construtoras. Com isso, verificou-se a compatibilidade entre os cálculos propostos nesse documento com os realizados pela ferramenta. Além disso, foram inseridos dados de um empreendimento real no aplicativo para verificar os desvios nos indicadores calculados pelo aplicativo em relação aos efetivamente observado em uma situação real.



## 4 RESULTADOS

O resultado deste trabalho figura como a aplicação desenvolvida em sua totalidade, considerando desde a sua codificação até a sua interpretação por navegadores. De modo a apresentá-la, será considerado a inserção de dados de um empreendimento para demonstrar os valores que são obtidos. A obra é identificada como o Condomínio Lafitte, localizado na Avenida Rogaciano Leite, 850, realizada na cidade de Fortaleza-CE. Todas as informações inseridas são baseadas em informações disponibilizadas desse empreendimento, salvo em casos que seja pontuado o uso de estimativas. Tais dados foram disponibilizadas por uma empresa envolvida em sua execução, a qual optou por não se identificar. O preenchimento dos valores deverá seguir o padrão apresentando um ponto, “.”, como separador decimal.

### 4.1 Identificação da obra

Foram consideradas as seguintes informações quanto a identificação da obra: edifício residencial (identificador 1), assimétrico (identificador 0), sistema convencional com laje nervurada (identificador 2), 21 pavimentos, 402.54 m<sup>2</sup> e 7 dias de ciclo de laje. A Figura 23 exibe como se apresentam as informações de preenchimento ao manter o cursor sobre um ícone azul de informação, já a Figura 24 mostra como os dados devem ser inseridos no aplicativo.

Figura 23 – Detalhe de informação auxiliar ao preenchimento do primeiro formulário

Classe ⓘ

Geometria ⓘ

Número de eixos de simetria do edifício, sendo: 0-assimétrico, 1-um único eixo de simetria, etc.

Sistema Construtivo ⓘ

Número de Pavimentos ⓘ

Área (m<sup>2</sup>) ⓘ

Ciclo de Laje ⓘ

Próxima

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 24 – Modelo de preenchimento de informações de identificação

**QUAL O CUSTO REAL DA SUA ESTRUTURA POR M<sup>2</sup>?**

Aqui, você saberá seu custo médio baseado em seus gastos com insumos, mão de obra, ciclo de laje, tamanho do pavimento. Com esse dados e possível medir o quanto está gastando por área do pavimento tipo, desconsiderando vazios. Com isso pode-se estimar o gasto mensal de obra e definir uma nova distribuição dos gastos ao longo do tempo.

|                          |                                     |
|--------------------------|-------------------------------------|
| Classe ⓘ                 | <input type="text" value="1"/>      |
| Geometria ⓘ              | <input type="text" value="0"/>      |
| Sistema Construtivo ⓘ    | <input type="text" value="2"/>      |
| Número de Pavimentos ⓘ   | <input type="text" value="21"/>     |
| Área (m <sup>2</sup> ) ⓘ | <input type="text" value="402.54"/> |
| Ciclo de Laje ⓘ          | <input type="text" value="7"/>      |

Fonte: elaborado pelo autor.

Após concluir o preenchimento, clica-se no botão “Próxima” para prosseguir para a página seguinte.

## 4.2 Quantitativos de mão de obra

Foram considerados as seguintes informações quanto a mão de obra: 5.47 serventes, 4.38 auxiliares, 11.92 profissionais, 1.3 encarregados e 0.67 mestre. Tais valores fracionários decorrem de uma mesma equipe trabalhar em mais de um pavimento, logo divide-se o  $N_f$  dessa equipe pelo número de pavimentos em que ela foi alocada para obter os dados de entrada descritos. Os salários respectivos, em R\$, foram de: 1077.76, 1215.27, 1635.63, 1922.43 e 2835.19. No caso da obra real, o acréscimo devido a encargos sociais foi de 135,72%. A Figura 25 exhibe informações voltadas para o correto preenchimento do segundo formulário, ademais observa-se os valores salariais previstos pela Seinfra/CE os quais podem ser adotados no cálculo de empreendimentos. A Figura 26 mostra o segundo formulário preenchido.

Figura 25 – Detalhe de informação auxiliar ao preenchimento do segundo formulário

**i**

Aqui serão inseridos os quantitativos de mão-de-obra diretamente ligados a construção do pavimento tipo.

|                      |                                |     |                                       |
|----------------------|--------------------------------|-----|---------------------------------------|
| <b>Auxiliares</b>    | <input type="text" value="0"/> | R\$ | <input type="text" value="1.338,44"/> |
| <b>Profissionais</b> | <input type="text" value="0"/> | R\$ | <input type="text" value="2.240,66"/> |
| <b>Encarregados</b>  | <input type="text" value="0"/> | R\$ | <input type="text" value="2.427,00"/> |
| <b>Mestres</b>       | <input type="text" value="0"/> | R\$ | <input type="text" value="2.958,00"/> |

Figura 26 – Modelo de preenchimento de informações da mão de obra

**QUAL O CUSTO REAL DA SUA ESTRUTURA POR M<sup>2</sup>?**

Nessa aba devem ser preenchidos os valores relativos à mão-de-obra, tanto em termos quantitativos quanto em relação ao salário mensal dos colaboradores não incluindo encargos. Devem ser incluídos apenas os profissionais efetivamente envolvidos em relação aos serviços da estrutura.

**i**

|                      |                                    |     |                                      |
|----------------------|------------------------------------|-----|--------------------------------------|
| <b>Serventes</b>     | <input type="text" value="5.47"/>  | R\$ | <input type="text" value="1077.76"/> |
| <b>Auxiliares</b>    | <input type="text" value="4.38"/>  | R\$ | <input type="text" value="1215.27"/> |
| <b>Profissionais</b> | <input type="text" value="11.92"/> | R\$ | <input type="text" value="1635.63"/> |
| <b>Encarregados</b>  | <input type="text" value="1.3"/>   | R\$ | <input type="text" value="1922.43"/> |
| <b>Mestres</b>       | <input type="text" value="0.67"/>  | R\$ | <input type="text" value="2835.19"/> |

Fonte: elaborado pelo autor.

Após concluir o preenchimento, clica-se no botão “Próxima”, ao final da página, para prosseguir para o formulário seguinte.

### 4.3 Quantitativos de insumos

Os insumos foram subdivididos como consta na metodologia. Quanto ao volume de concreto consideraram-se os seguintes valores em m<sup>3</sup>: 31.03 para vigas, 23.43 para pilares e 34.80 para a composição de lajes e de escada. Quanto a massa de aço em kg para as armaduras passivas o exemplo utilizou os seguintes valores: 33787.32 para pilares, 2773.00 para vigas e 2301.65 para a composição de lajes e de escadas. Quanto a massa de aço em kg para as armaduras ativas, tais consistem em: 406.82 para vigas e 323.83 para lajes. Quanto a fôrmas, foram usados os seguintes valores em m<sup>2</sup>: zero para fôrmas de lajes maciças, 364.14 para lajes nervuradas e 439.76 para a composição de vigas, de pilares e de escada. A Figura 27 exhibe as informações que auxiliam no preenchimento desse formulário. Na Figura 28 consta o formulário preenchido. O valor de lajes nervurada foi estimado pelo total da área do pavimento tipo subtraída da sexta parte da área de fôrma de vigas, como segue na Equação 18, considerando o valor de 230.38 m<sup>2</sup> para fôrma de viga. Ademais, os valores reais aplicados para os materiais foram de 4.00 R\$/kg de aço passivo, 10.50 R\$/kg de aço ativo e 300.00 R\$ de concreto.

Figura 27 – Detalhe de informação auxiliar ao preenchimento do terceiro formulário

**i** Volume total de concreto do pavimento subdividido em pilares, vigas e lajes+escadas.

**Concreto Pilar (m<sup>3</sup>)**

**Concreto Laje+Escada (m<sup>3</sup>)**

---

**i**

**Aço Passivo Viga (kg)**

**Aço Passivo Pilar (kg) **i****

**Aço Passivo Laje+Escada (kg)**

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 28 – Modelo de preenchimento de informações de insumos

**QUAL O CUSTO REAL DA SUA ESTRUTURA POR M<sup>2</sup>?**

Nessa aba deverão ser inseridos os quantitativos relativos aos insumos, em termos de concreto aço e forma. Tais devem considerar a subdivisão presente em cada item, sendo divididas em pilares, lajes, vigas e abas.

|                                        |       |
|----------------------------------------|-------|
| Concreto Viga (m <sup>2</sup> )        | 31,03 |
| Concreto Pilar (m <sup>2</sup> )       | 23,43 |
| Concreto Laje+Escada (m <sup>2</sup> ) | 34,8  |

|                              |          |
|------------------------------|----------|
| Aço Passivo Viga (kg)        | 2773,00  |
| Aço Passivo Pilar (kg)       | 33787,32 |
| Aço Passivo Laje+Escada (kg) | 2301,65  |

|                     |        |
|---------------------|--------|
| Aço Ativo Viga (kg) | 406,82 |
| Aço Ativo Laje (kg) | 323,83 |

|                                           |        |
|-------------------------------------------|--------|
| Fôrma Laje Maciça (m <sup>2</sup> )       | 0      |
| Fôrma Laje Nervurada (m <sup>2</sup> )    | 364,34 |
| Fôrma Viga+Pilar+Escada (m <sup>2</sup> ) | 439,76 |

Próxima

Fonte: elaborado pelo autor.

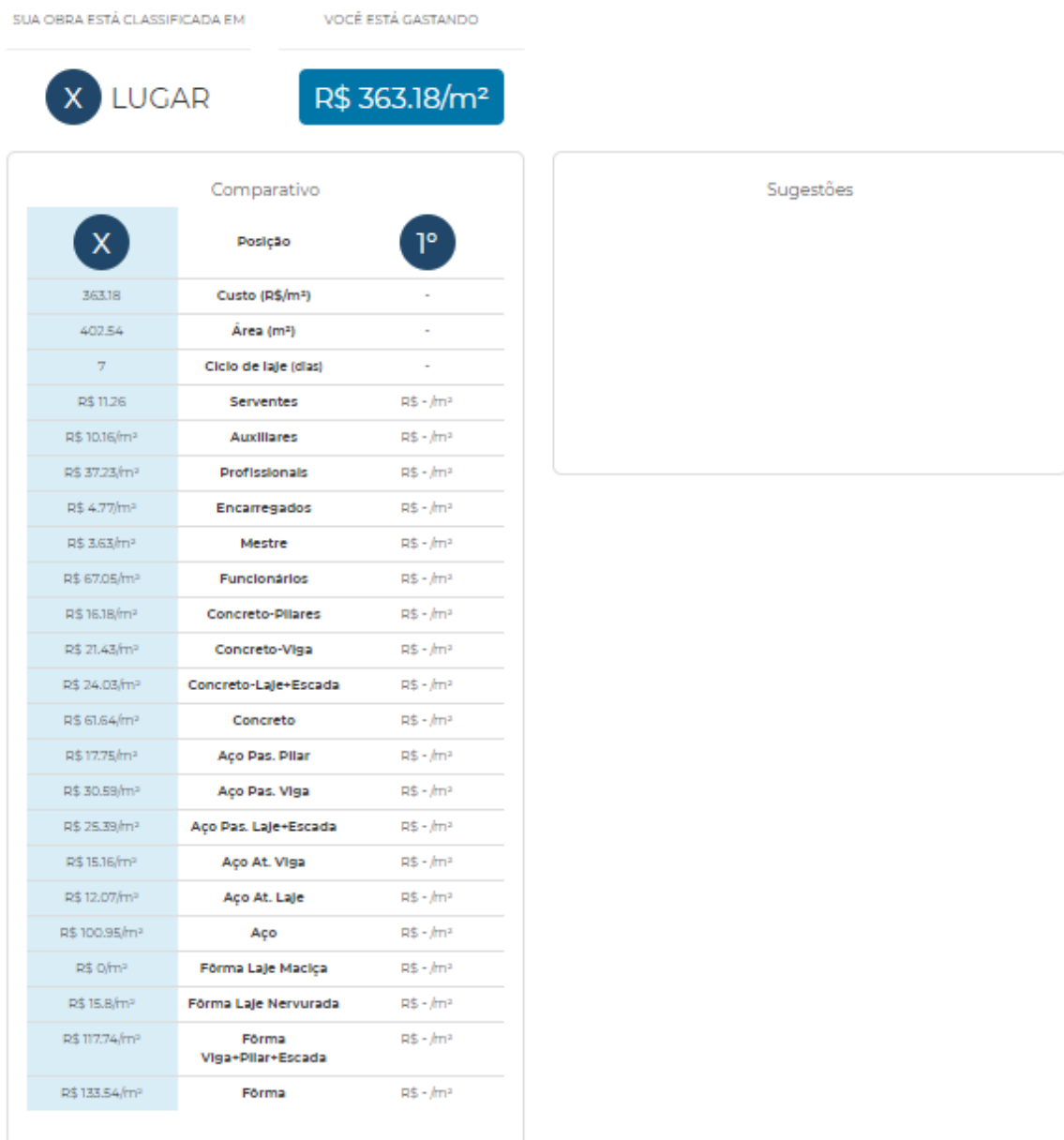
$$A_{\text{fôrma\_laje}} = A \text{ (m}^2\text{)} - \frac{A_{\text{fôrma\_viga}} \text{ (m}^2\text{)}}{6} \quad (18)$$

Após concluir o preenchimento, clica-se no botão “Próxima” para prosseguir para a página de resultados.

#### 4.4 Custo por metro quadrado construído e comparativos

Nessa etapa, observa-se o principal resultado na figura do custo por metro quadrado construído de pavimento tipo, no valor de 363.18 R\$/m<sup>2</sup>, bem como a disposição de todos os indicadores calculados. É válido salientar que uma vez que seja obtido um banco de dados, será promovido um posicionamento do novo empreendimento frente os inseridos anteriormente. Tal classificação será exibida na margem superior esquerda da página, sendo identificada como X na Figura 29.

Figura 29 – Resultado de cálculo do aplicativo



Fonte: elaborado pelo autor.

De modo a comparar o que foi estimado pelo aplicativo com o valor praticado nesse empreendimento, cita-se que não foi disponibilizado o custo real final com fôrmas. Ademais os custos totais reais com mão de obra foram de 68.51 R\$/m<sup>2</sup> e os com os materiais aço e concreto foram de 151.99 R\$/m<sup>2</sup>, sendo a composição desses dois de 220.50 R\$/m<sup>2</sup>. Comparando essas despesas com as obtidas pela funcionalidade, respectivamente de 67.05 R\$/m<sup>2</sup>, de 162.59 R\$/m<sup>2</sup> e total de 229.64 R\$/m<sup>2</sup>, notam-se desvios absolutos de 1.46, 10.60 e 9.14 R\$/m<sup>2</sup> e desvios relativos aos reais de 2.13%, de 6.97% e de 4.14%, respectivamente. A primeira disparidade é explicada pela variação da consideração de encargos sociais, o real de 135.72% e o adotado de 130.60%, a segunda explica-se pelos valores considerados no preço unitário dos insumos. Na Equação 19 tem-se a descrição matemática de obtenção dos valores relativos.

$$\text{Desvio relativo} = \frac{\left| (C_{ct} + C_{at} + C_{mo_{ct}})(real) - (C_{ct} + C_{at} + C_{mo_{ct}})(obtido) \right| * 100}{(C_{ct} + C_{at} + C_{mo_{ct}})(real)} \quad (19)$$

Ademais, observa-se a disposição espacial das futuras funcionalidades a serem implementadas após a obtenção do banco de dados, como o ranqueamento do empreendimento, os comparativos entre os valores médios e o espaço reservado a sugestões de melhorias que podem ser utilizadas.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O comparativo entre os custos do Condomínio Lafitte e o estimado pelo aplicativo, em relação ao real, apresentou variações da ordem de 2.13%, 6.47% e 4.14%, resultados inferiores a 10%, o qual figura como um valor limite usual de disparidade. Com isso ressalta-se a validade dos valores estimados pela aplicação.

O desenvolvimento do protótipo foi pautado no desenvolvimento de uma plataforma acessível, de uso intuitivo e com dados de entrada bem definidos. Em vista disso, acredita-se que a funcionalidade foi bem desenvolvida e encontra-se apta a uso e a apresentação para os grupos de interesse. O aplicativo desenvolvido possui aplicação direta no mercado da construção civil, possibilitando a estimativa de custo de construção estrutural de um pavimento. Além disso, ele pode ser utilizado com finalidades acadêmicas pois, se inseridas características de empreendimentos reais, tem-se a ordem de grandeza das despesas com o subsistema analisado.

Dispondo dessa funcionalidade inicial, objetiva-se apresentar a ferramenta para diretores técnicos de construtoras, executores de estruturas de concreto e projetistas de estruturas de modo que sejam feitas críticas e sugestões para o aperfeiçoamento do produto, além de promover a obtenção de informações de empreendimentos reais já concluídos de modo a compor um banco de dados inicial. Com isso, serão implementadas novas funcionalidades como o ranqueamento de novas obras e a sugestão de possíveis alterações que otimizem as despesas.

De posse dessa gama de informações, será feita uma apresentação da versão aperfeiçoada, exibindo os comparativos dos indicadores propostos para um novo empreendimento e para os valores médios do conjunto de dados. Portanto, nota-se que o desenvolvimento apresenta um caráter evolutivo cíclico que proporciona o aperfeiçoamento contínuo da funcionalidade. Em um momento no qual se atinja uma abrangência nacional, planeja-se alcançar o nível de análise de um *Big Data*.

Como sugestão para trabalhos futuros indica-se o investimento na criação de aplicativo voltado para dispositivos móveis. Com isso, deve-se definir a locação espacial do código HTML nesses aparelhos e instruções de uso adaptadas a essa plataforma.

Também se recomenda o desenvolvimento de aplicações voltadas para a análise de outros subsistemas, como os de vedação e de instalações. Esses aplicativos teriam a mesma premissa desse estudo, tendo suas particularidades adaptadas aos seus campos.



## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Augusto Teixeira de; ALMEIDA, Marcela Moreira da Rocha. **Proposta de Metodologia Para Escolha do Sistema Estrutural de Edifícios em Concreto Baseada em Uma Análise de Custo**. 60º Congresso Brasileiro do Concreto, CBC2018. Revista do Ibracon, 2018.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15696: **Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto – Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos**. Rio de Janeiro, 2014.

BARRETO, Maurício Vivas de Sousa. **CURSO DE LINGUAGEM PHP**. UFS, São Cristovão, Sergipe, 2000. Disponível em: <<http://www.etelg.com.br/paginaete/downloads/informatica/php.pdf>>. Acesso em: 07 nov. 2019.

BARROS, Isabelle Guimarães M.O. de; SANTOS, Carlos Felipe Araujo dos. **Apostila de Introdução ao CSS**. UFF, Niteroi, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <<https://www.telecom.uff.br/pet/petws/downloads/tutoriais/css/css2k80912.pdf>>. Acesso em: 07 nov. 2019.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **LAJES DE CONCRETO**. UNESP, Bauru, São Paulo, 2015. Disponível em: <<https://uceff.edu.br/anais/index.php/ENGCIVIL/article/view/256>>. Acesso em: 05 nov. 2019.

BELLO-ORGAZ, G.; JUNG, J. J.; CAMACHO, D. **Social big data: Recent achievements and new challenges**. Information Fusion, Elsevier, v. 28, p. 45–59, 2016.

BRONDANI, R. P.; MOHAMAD, G.; ISAIA, G. C. **Sustentabilidade em Projeto de Estrutura de Concreto Armado**. Concreto & Construção, v. 77, p. 102-106, 2015.

Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Encargos previdenciários e trabalhistas no setor da construção civil**. Brasília: CBIC, 2018. Disponível em: <[https://cbic.org.br/relacoestrabalhistas/wp-content/uploads/sites/27/2018/05/Encargos\\_previdenciarios\\_e\\_trabalhistas-\\_v2.pdf](https://cbic.org.br/relacoestrabalhistas/wp-content/uploads/sites/27/2018/05/Encargos_previdenciarios_e_trabalhistas-_v2.pdf)>. Acesso em: 07 nov. 2019.

GIROLDO, L. C.. **Edifício residencial de múltiplos pisos: análise comparativa de custos de sistemas estruturais em concreto para o pavimento tipo**. Curitiba. Dissertação (Mestrado) - UFPR, 2007.

JUNIOR, Ossimar Fernandes Duarte. **Lajes bubbledeck – características gerais e viabilidade executiva**. Goiás: IPOG, 2014. MBA gerenciamento de obras, tecnologia e qualidade da construção, Instituto de pós-graduação, Goiânia, Goiás, 2014.

LOPES, Felipe Mariani; KOMURA, Gustavo Toshi. **Curso de Construção de Sites - HTML / CSS**. Grupo de Bolsistas Instrutores do Departamento de Informática. UFPR, 2011. Disponível em:

<<https://drive.google.com/file/d/13UTHVEos28l6xGaT0hzcveZ1QJ3eXdpt/view>>. Acesso em 25 mai. 2019.

OLIVEIRA, Marcio Sequeira de. **Modelo estrutural qualitativo para pré-avaliação do comportamento de estruturas metálicas**. 2008. 172 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2008.

OTONI, Thieres Rodrigues; ABI-ACKEL, Edmundo. **ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE SISTEMAS ESTRUTURAIS: laje maciça e laje nervurada**. Revista Petra, CEUNI, v. 1, n. 1, p. 125-154, 2015. Disponível em: <<https://www.metodista.br/revistas/revistas-izabela/index.php/ptr/article/view/817/671>>. Acesso em: 7 nov. 2019.

PERES, Pedro de Oliveira. **Um estudo comparativo sobre os sistemas de fôrmas: mesa voadora x convencional**. 2013. 64 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

POTT, Adriano Adilson; BELLEI, Poliana; BARBISAN, Ailson Oldair. **ESTUDO COMPARATIVO ENTRE LAJES TRELIÇADAS DE EPS, NERVURADAS COM FORMA PLASTICA TIPO CUBETA E LAJES DE FORMAS COLABORANTES NERVURADAS (MISTAS NERVURADAS)**. Anais da Engenharia Civil / 2595-1823, [S.l.], v. 3, n. 1, p. 57 - 74, may 2019. Disponível em: <<https://uceff.edu.br/anais/index.php/ENGCIVIL/article/view/256>>. Acesso em: 05 nov. 2019.

RANJAN, R. **Streaming big data processing in datacenter clouds**. IEEE Cloud Computing, IEEE, v. 1, n. 1, p. 78–83, 2014.

SACRAMENTO, Paulo; PICANÇO, Marcelo; OLIVEIRA, Denio. **Lajes Nervuradas de Concreto Armado com Viga-Faixa**. RIEM - IBRACON Structures and Materials Journal, [S.l.], v. 11, n. 5, sep. 2018. ISSN 1983-4195. Disponível em: <<http://www.revistas.ibracon.org.br/index.php/riem/article/view/1229>>. Acessado em: 07 nov. 2019.

SALVADOR, Paulo Fernando. **Investigação teórica e experimental da transferência de cargas entre pavimentos de concreto escorados**. 2013. 207 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

SEINFRA. **Tabela de custos**. Fortaleza, 2019. Disponível em: <[www.seinfra.ce.gov.br/tabela-de-custos/](http://www.seinfra.ce.gov.br/tabela-de-custos/)>. Acesso em: 17 mai. 2019.

SILVA, Carlos Henrique de Andrade. **Análise do impacto e da variabilidade dos custos da mão-de-obra na execução de estruturas de concreto**. 2018. 80 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará – UFC, Fortaleza, 2018.

TRIOLA, Mario F.. **Introdução à estatística**. 10 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008. 696 p.

WIDENIUS, Michael et al. **MySQL Reference Manual**. MySQL AB, 2001. Disponível em: <[ftp://ftp.ufv.br/cpd/util/mysql/manual-a4.pt\[1\].pdf](ftp://ftp.ufv.br/cpd/util/mysql/manual-a4.pt[1].pdf)>. Acesso em: 07 nov. 2019.

VARGAS, Carlos Luciano Sant'anna. **Custos médios dos serviços em edificações baseados em série histórica de orçamentos reais**. 5º Encontro de Engenharia e Tecnologia dos Campos Gerais. 2010.