

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS**  
**Curso de Bacharelado em Engenharia Civil**

**JOAO VICTOR LIMA VIANA**

**INDICADORES DE PROJETO DE ARQUITETURA EM EMPREENDIMENTOS DA  
CIDADE DE MACEIÓ**

**MACEIÓ É AL**  
**2020**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS**

**JOAO VICTOR LIMA VIANA**

**INDICADORES DE PROJETO DE ARQUITETURA EM EMPREENDIMENTOS DA  
CIDADE DE MACEIÓ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, sob orientação da Prof. Dr. Adriana de Oliveira Santos Weber.

**MACEIÓ - AL**

**2020**



**Universidade Federal de Alagoas**  
**Unidade Acadêmica Centro de Tecnologia**  
**Curso de Engenharia Civil**

Av. Lourival de Melo Mota – Tabuleiro do Martins Maceió – AL,  
CEP: 57072-970, Tel: (82) 3214-1278



**ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

Às 16h12min horas do dia 13 de novembro de 2020, por vídeo conferência, reuniu-se a banca examinadora para avaliação e defesa do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) do(a) aluno(a) João Victor Lima Viana, sob o título "**INDICADORES DE PROJETO DE ARQUITETURA EM EMPREENDIMENTOS DA CIDADE DE MACEIÓ**", composta pelos seguintes participantes:

Orientador: Prof.<sup>a</sup> Adriana de Oliveira Santos Weber,  
Prof. Luiz Adalberto Philippsen Junior,  
Prof. Roberto Barbosa dos Santos.

A apresentação oral do aluno foi realizada em 18 minutos, findos os quais foi iniciado o debate, perfazendo um tempo total de defesa de 1 hora (s) e 20 minutos.

O aluno obteve média final 8,83 (Oito inteiros e oitenta e três décimos).

Abaixo, assinatura do orientador, seguida dos membros da banca, de acordo com a ordem listada acima, todos seguidos da respectiva nota, a assinatura do aluno e a assinatura do Coordenador do TCC.

Prof.<sup>a</sup>  nota 9,0

Prof.  nota 9,0

Prof.  nota 8,5

Aluno: 

Coordenador do TCC:



## DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

<b>Título:</b>	INDICADORES DE PROJETO DE ARQUITETURA EM EMPREENDIMENTOS DA CIDADE DE MACEIÓ
<b>Discente(s):</b>	João Victor Lima Viana
<b>Orientador:</b>	Adriana de Oliveira Santos Weber
<b>Data:</b>	13/11/2020
<b>Horário:</b>	16h12min
<b>Banca examinadora:</b>	E1: Adriana de Oliveira Santos Weber E2: Luiz Adalberto Philippsen Junior E3: Roberto Barbosa dos Santos

### Sugestões:

1. Corrigir o resumo. Estruturar com as seguintes informações: contextualização do tema; lacuna de pesquisa; objetivos; método de pesquisa; principais resultados e conclusão.
2. Apresentar a discussão mais fundamentada na teoria sobre o tema, sistema de indicadores de desempenho.
3. O processo de projeto é outra discussão relevante, trazer o PMBOK.
4. Para discussão dos resultados optar por dois caminhos distintos: 1) aprofundar na análise estatística (abordagem quantitativa) ou 2) aprofundar na relação entre os dados obtidos e a concepção projetual (abordagem qualitativa). Pela explicação dada a banca a escolha foi a abordagem qualitativa. Sendo assim, trazer as plantas dos 7 empreendimentos analisados e discutir a relação entre os achados dos indicadores de Ic, Id e Ia. A discussão será parte das seções “ 4 Resultados e discussão e principalmente na seção “ 5 Considerações finais”.
5. Apresentar e discutir os resultados.

Assinatura: E1

E2

E3



## DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

<b>Título:</b>	INDICADORES DE PROJETO DE ARQUITETURA EM EMPREENDIMENTOS DA CIDADE DE MACEIÓ
<b>Discente(s):</b>	João Victor Lima Viana
<b>Orientador:</b>	Adriana de Oliveira Santos Weber
<b>Data:</b>	13/11/2020
<b>Horário:</b>	16h12min
<b>Banca examinadora:</b>	E1: Adriana de Oliveira Santos Weber E2: Luiz Adalberto Philippsen Junior E3: Roberto Barbosa dos Santos

### Sugestões:

1. Corrigir o resumo. Estruturar com as seguintes informações: contextualização do tema; lacuna de pesquisa; objetivos; método de pesquisa; principais resultados e conclusão.
2. Apresentar a discussão mais fundamentada na teoria sobre o tema, sistema de indicadores de desempenho.
3. O processo de projeto é outra discussão relevante, trazer o PMBOK.
4. Para discussão dos resultados optar por dois caminhos distintos: 1) aprofundar na análise estatística (abordagem quantitativa) ou 2) aprofundar na relação entre os dados obtidos e a concepção projetual (abordagem qualitativa). Pela explicação dada a banca a escolha foi a abordagem qualitativa. Sendo assim, trazer as plantas dos 7 empreendimentos analisados e discutir a relação entre os achados dos indicadores de Ic, Id e Ia. A discussão será parte das seções “ 4 Resultados e discussão e principalmente na seção “ 5 Considerações finais”.
5. Apresentar e discutir os resultados.

Assinatura: E1

E2

E3

À minha família e amigos.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus pela vida que tenho e pelas bênçãos recebidas.

Agradeço também à minha mãe, Fátima, pelos ensinamentos de vida, por ter feito de tudo para me dar condições de estudar em bons colégios e por todo amor e carinho que me deu. Sem todo seu esforço, não teria chegado onde estou.

Agradeço à minha irmã, Victoria, por me incentivar e me dar um choque de realidade necessário de vez em quando e por também ter me ajudado em diversos trabalhos que tive seu auxílio.

Agradeço à minha avó por ser um exemplo de vida, por ser uma mulher de muita força, que cuidou de quatro filhos sozinha e veio do interior para Maceió mudando o rumo da nossa família.

Agradeço aos amigos que fiz durante esses anos de curso, especialmente Artur, Arthur, Benedito, Dani, Gabriela, Larissa e Thamires. Todos são especiais e estiveram comigo em momentos importantes da minha vida acadêmica.

Agradeço a professora Adriana Weber, por ter acreditado que eu conseguiria quando eu já estava exausto e desacreditado da minha capacidade de terminar este trabalho.

Agradeço também à banca avaliadora.

Agradeço a todos que de alguma forma contribuíram com a realização deste trabalho.

Muito obrigado!

*Do you ever feel like a plastic bag  
Drifting through the wind  
Wanting to start again+*

*Katy Perry*



## RESUMO

Todo empreendimento de construção civil é projetado e desenvolvido como único. É necessário verificar sua viabilidade econômica e mensurar suas características, sendo importante a dedicação na concepção do projeto arquitetônico, enfatizando a relevância de mecanismos e ferramentas que auxiliem na diminuição da incerteza na execução de novos projetos. Para compreender como as decisões arquitetônicas e a geometria das edificações podem interferir no custo das edificações e apresentando subsídios para elaboração de *benchmarking*, foi conduzido um levantamento de indicadores de projeto de arquitetura de edificações residenciais de múltiplos pavimentos em seis empreendimentos de construtoras da cidade de Maceió, membros da ADEMI-AL (Associação das Empresas do Mercado Imobiliário de Alagoas), que forneceram seus projetos permitindo o cálculo dos indicadores de projetos. Os indicadores calculados foram o Índice de Compacidade (Ic), a Densidade de Paredes (Dp) e o Porcentagem da Área do Pavimento Tipo Ocupada pela Área de Circulação (Ia). Esses indicadores foram escolhidos por meio do Sistema de Indicadores de Qualidade e Produtividade da Construção Civil de Oliveira, Lantelme e Formoso (1993) e estudados conforme suas faixas definidas. Cada indicador teve seus resultados classificados como Ruim, Bom ou Ótimo. Para o Índice de Compacidade (Ic), os resultados mostram que os valores encontrados para este indicador são considerados ruins, com um valor médio de 53,68. Em relação à Densidade de Paredes (Dp), os resultados foram satisfatórios para todos os seis projetos analisados, com uma média de 0,1188, se colocando dentro da faixa ótima que é até 0,15 para o referencial utilizado. Para a Porcentagem de Área do Pavimento Tipo Ocupado pela Área de Circulação (Ia), os projetos arquitetônicos analisados obtiveram uma média de 11,07%, índice considerado bom para o referencial utilizado.

**Palavras-chave:** indicadores de projeto; construção civil; benchmarking.

## ABSTRACT

Every civil construction enterprise is designed and developed as unique. It is necessary to verify its economic viability and measure its characteristics, being important the dedication in the conception of the architectural project, emphasizing the relevance of mechanisms and tools that help in the reduction of the uncertainty in the execution of new projects. In order to understand how architectural decisions and building geometry can interfere in building costs and provide subsidies for the development of benchmarking, A research of architectural design indicators for multiple floors residential buildings was carried out in six construction companies of Maceió, members from ADEMI-AL, which assigned the plans of their projects so that it was possible to calculate the indicators presented. The indicators considered were the Compactness Index (Ic), Wall Density (Dp) and Percentage of the Type Floor Area Occupied by the Circulation Area (Ia) and were chosen through the %System of Quality and Productivity Indicators of Civil Construction+by Oliveira, Lantelme and Formoso (1993) and studied according to their defined ranges. Each indicator had its results classified as "Bad", "Good" or "Excellent". For the Compactness Index (Ic), the results show that the values found for this indicator are considered bad, with an average value of 53.68. Regarding the density of Paredes (Dp), the results were satisfactory for all six available projects, with an average of 0.1188, placing themselves within the optimum range that is up to 0.15 for the framework used. For the Percentage of Area of the Floor Type Occupied by the Circulation Area (Ia), the objective architectural projects obtained an average of 11.07%, considered good for the benchmark used.

**Keys-words:** project indicators; construction; benchmarking

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
<b>1.1 Objetivos.....</b>	<b>12</b>
<b>1.1.1 Objetivo Geral.....</b>	<b>12</b>
<b>1.1.2 Objetivos Específicos.....</b>	<b>12</b>
<b>1.2 Estrutura do Trabalho.....</b>	<b>12</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>13</b>
<b>2.1 A Geometria das Edificações e o Custo.....</b>	<b>13</b>
<b>2.2 Projetos: Definições e Etapas.....</b>	<b>14</b>
<b>2.2.1 Definições de projeto.....</b>	<b>14</b>
<b>2.2.2 Etapas de um projeto.....</b>	<b>15</b>
<b>2.3 Indicadores na Construção Civil.....</b>	<b>16</b>
<b>2.3.1 Indicadores de projeto para Benchmarking.....</b>	<b>17</b>
<b>2.4 Tipos de Indicadores de Projeto.....</b>	<b>17</b>
<b>2.4.1 Indicadores para Projeto de Arquitetura.....</b>	<b>17</b>
<b>2.4.1.1 Índice de Compacidade (Ic) .....</b>	<b>17</b>
<b>2.4.1.2 Densidade de Parede (Dp) .....</b>	<b>20</b>
<b>2.4.1.3 Porcentagem da Área do Pavimento Tipo Ocupada pela Área de Circulação (Ia) .....</b>	<b>21</b>
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>22</b>
<b>3.1 Caracterização das Amostras de Maceió.....</b>	<b>22</b>
<b>3.1.1 Construtora 1 Ë Empreendimento A1.....</b>	<b>23</b>
<b>3.1.2 Construtora 2 Ë Empreendimento A2.....</b>	<b>23</b>
<b>3.1.3 Construtora 3 Ë Empreendimento A3.....</b>	<b>23</b>
<b>3.1.4 Construtora 4 Ë Empreendimento A4.....</b>	<b>23</b>
<b>3.1.5 Construtora 5 Ë Empreendimento A5.....</b>	<b>24</b>
<b>3.1.6 Construtora 6 Ë Empreendimento A6.....</b>	<b>24</b>

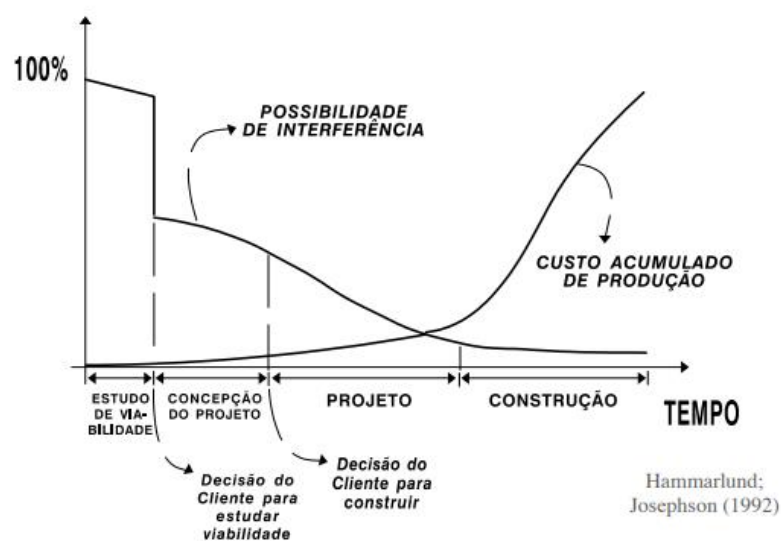
<b>3.2 Fluxograma do Estudo.....</b>	<b>24</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>25</b>
<b>4.1 Empreendimento A1.....</b>	<b>25</b>
<b>4.2 Empreendimento A2.....</b>	<b>25</b>
<b>4.3 Empreendimento A3.....</b>	<b>25</b>
<b>4.4 Empreendimento A4.....</b>	<b>28</b>
<b>4.5 Empreendimento A5.....</b>	<b>31</b>
<b>4.6 Empreendimento A6.....</b>	<b>31</b>
<b>4.7 Índice de Compacidade.....</b>	<b>32</b>
<b>4.8 Densidade de Paredes.....</b>	<b>34</b>
<b>4.9 Porcentagem da Área do Pavimento Tipo Ocupada pela Área de Circulação.....</b>	<b>36</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>38</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>41</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Conforme observado na construção civil, cada empreendimento projetado é desenvolvido e analisado como único. Sendo necessário o entendimento sobre a sua viabilidade econômica, bem como, mensurar de maneira concisa as características peculiares do mesmo. Para tanto, é bastante importante atenção na elaboração do projeto arquitetônico, salientando a relevância dos mecanismos e ferramentas que auxiliem na diminuição da incerteza de execução de novos projetos.

A etapa de projeto é caracterizada pela interlocução do projetista com o cliente, pelas demandas e características de terreno, clima, tecnologia e mão de obra, além das referências arquitetônicas que serão trabalhadas no processo de criação (CERON, 2011). Inclusive, é significativo lembrar que o custo acumulado da produção do empreendimento tem uma tendência ao aumento quando se finaliza a fase de elaboração dos projetos até a fase de construção. De modo contrário, as possibilidades de intervenção no custo de produção podem ser reduzidas à medida que os projetos e as especificações de obra avançam e são próximas a zero durante a fase de construção, a Figura 1 de Hammarlund e Josephson (1992) conforme citado por Fabricio (2002) demonstra esse processo.

**Figura 1** . Capacidade de interferir no custo de um projeto ao longo de suas fases



Fonte: Fabricio *apud* Hammarlund; Josephson, 2002

Diante do incremento dos custos devidos as modificações do projeto à medida que são avançadas as etapas, são necessárias investigações acerca das variáveis que apresentam influência no projeto. Oliveira & Romero (2020) ressaltam que as análises e interpretações das notações gráficas de concepção associadas aos momentos iniciais do processo projetual têm se mostrado relevantes no alargamento da compreensão do processo criativo. Além disso, tais ferramentas auxiliam no entendimento do processo de projeto, pois, nele revela as opções do projetista e sua ordem de prioridade.

De acordo com Silva Jr. (2010), um projeto arquitetônico deve apresentar um bom aproveitamento do lote e uma boa porcentagem de área privada em relação a área global do edifício. Além disso, para que o mesmo apresente uma boa concorrência no mercado, os orçamentos estão cada vez mais enxutos, de forma a reduzir os custos ao máximo. Dessa maneira, tem sido adotada a prática da utilização de indicadores em projetos para facilitar uma organização no processo decisório de construção do empreendimento.

Em razão do aperfeiçoamento contínuo da gestão de projetos, as empresas de construção civil têm utilizado de indicadores. Esta prática que é relativamente recente, tendo recebido forte impulso pela implantação de sistemas indicadores de projeto. Devido ao fato de que a adoção dos indicadores promove o conhecimento dos projetos das empresas e quando inseridos num processo colaborativo propicia a avaliação comparativa dos resultados entre as empresas de construção civil, através do *benchmarking* e, a partir daí, uma identificação das melhores práticas conduzindo ao desempenho superior (ANDRADE; LORDSLEEM JR., 2016).

Assim, a construção civil por ser uma área que trabalha com grandes quantidades de recursos e materiais, tem grande importância no contexto socioeconômico do Brasil. Por consequência, se faz necessário compreender como a geometria das edificações é relevante para o custo dos empreendimentos e determinar indicadores de projeto que possam ajudar a verificar se as edificações poderiam ser mais eficientes do ponto de vista econômico.

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

Este trabalho tem como objetivo compreender como as decisões arquitetônicas e a geometria das edificações podem interferir no custo das edificações de empresas da construção civil, por meio do cálculo de indicadores de projeto obtidos no trabalho de Oliveira, Lantelme e Formoso (1993).

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Demonstrar como a geometria dos projetos influencia no custo das edificações;
- Identificar quais indicadores as empresas podem utilizar para reduzir custos e se adequar as melhores práticas do setor da construção civil.

## **1.2 Estrutura do Trabalho**

Este trabalho inicia-se com a apresentação, no primeiro capítulo, do tema de estudo, sua justificativa e seu objetivo. A revisão bibliográfica a respeito da geometria das edificações e o custo, além dos indicadores de projetos, são verificados no capítulo 2. No capítulo 3 apresenta-se a metodologia utilizada para atingir os objetivos desse estudo, onde os resultados são apresentados e discutidos no capítulo 4. Por fim, no capítulo 5 apresentam-se as considerações finais do trabalho.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 A Geometria das Edificações e o Custo

De acordo com Silva Jr. (2010), a construção civil está inserida em um mercado altamente competitivo e exigente. Sujeito às turbulências da economia mundial, a redução das margens de lucros e a prazos cada vez mais curtos, as empresas necessitam de um eficiente planejamento e controle nos lançamentos imobiliários. Em detrimento a isto, existe uma racionalização e empenho por qualidade do processo construtivo de modo a aperfeiçoar os projetos, tendo como consequência principal, a redução de custos. Dessa maneira, as etapas de estudos preliminares, no que se refere ao projeto, têm sido incorporadas em sua concepção, definindo melhores opções de plantas e aproveitamento de espaços.

No que diz respeito às possíveis formas das edificações, tem-se que o maior volume contido dentro de determinada superfície geométrica é dado pela esfera, seguido pelo cilindro e finalmente, pelo cubo. Conforme uma construção se afasta dessas formas básicas, aumenta a relação entre superfície exterior e volume, conseqüentemente aumentando os custos do conjunto. No entanto, é importante enfatizar que não se deve preferir tais formas apenas por serem as mais indicadas economicamente, pois isso traria conseqüências desastrosas para os projetos, assim como projetar formas baseadas somente em fatores estéticos (MASCARÓ, 2014).

Adicionalmente, Tuhus-Dubrow e Krarti (2010) investigaram diferentes formas geométricas de construção em uma análise de otimização, considerando superfície externa, paredes, cobertura, tipos de fundação, nível de insolação, áreas e ventilação. O resultado desse aprimoramento indica que construções cujas formas são retangulares e trapezoidais apresentam melhores desempenhos (menores custos no ciclo de vida), em cinco diferentes climas.

Ainda, a fim de alcançar as reduções de custo nas etapas de concepção e projeto pode ser desenvolvido um projeto arquitetônico que colabore para a maximização da eficácia na fase de execução (KERN, 2005). Assim, sendo um empreendimento caracterizado morfológicamente por elementos construtivos e presentes, relacionando estes com as principais características geométricas da



edificação, são os direcionadores para a estimativa de custo de empreendimentos imobiliários (PARISOTTO, 2003).

## **2.2 Projetos: Definições e Etapas**

### **2.2.1 Definições de projeto**

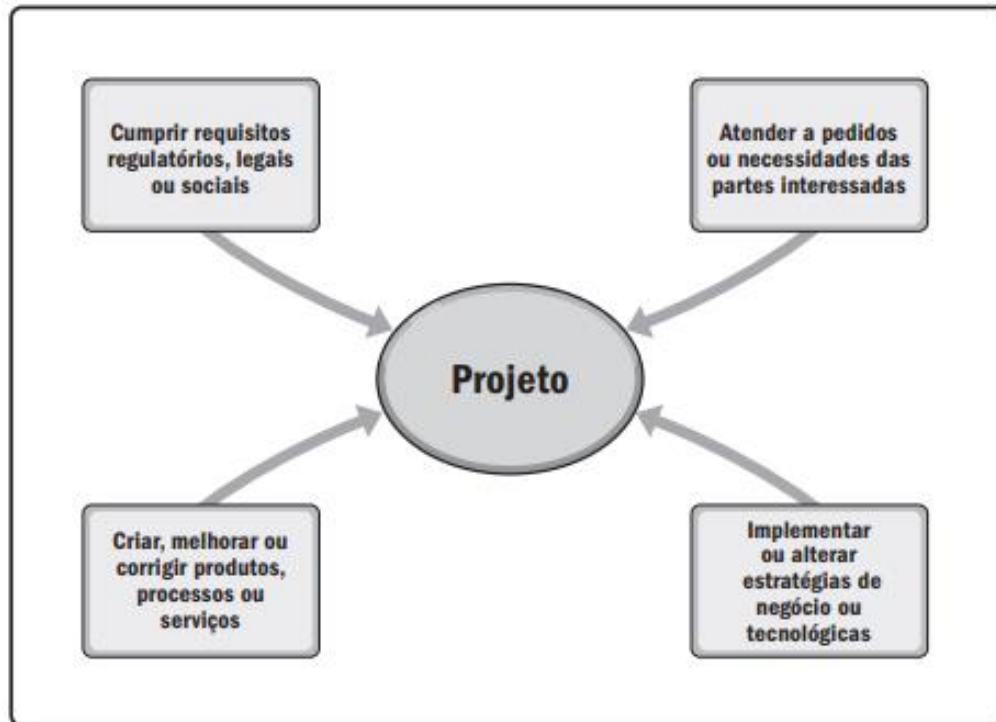
De acordo com Aurélio (2010), projeto é a ideia que se forma de executar ou realizar algo no futuro, ou ainda, empreendimento a ser realizado dentro de determinado esquema.

Além disso, diferentes autores discorrem sobre o conceito de projeto. Conforme referido por Costa (2019) projeto, nada mais é que uma estrutura que tem começo meio e fim, e que busca a excelência de atividades e decisões empresariais, desde o seu início ao seu término e mesmo que tenha empecilhos há métodos que redirecionam a uma nova tomada de decisão, busca a perfeição na entrega do projeto, satisfazendo toda e qualquer necessidade do cliente dentro do prazo estabelecido.

Voltando o conceito de projeto para o campo da engenharia e arquitetura, a ABNT NBR 16636-1 (2017) define projeto arquitetônico como representação do conjunto dos elementos conceituais, concebido, desenvolvido e elaborado por profissional habilitado, necessário à materialização de uma ideia arquitetônica, realizado por meio de princípios técnicos e científicos, visando à consecução de um objetivo ou meta, adequando-se aos recursos disponíveis, leis, regramentos locais e às alternativas que conduzam à viabilidade da decisão.

Para PMI (2017), projeto é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado único. A natureza temporária dos projetos indica que eles têm um início e um término definidos, o que não significa necessariamente, que o projeto seja de curta duração. De forma clara, um projeto deve cumprir requisitos regulatórios, legais ou sociais, atender a pedidos ou necessidades das partes interessadas, criar, melhorar ou corrigir produtos, processos ou serviços e implementar ou alterar estratégias de negócios ou tecnológicas, conforme ilustra a Figura 1.

**Figura 2 . Contexto de Iniciação do Projeto**



Fonte: PMI, 2017

De acordo com McCahan *et. al.* (2017), uma das semelhanças essenciais em todos os projetos é a natureza iterativa do processo. Em cada iteração, a equipe de desenvolvimento chega mais perto de uma solução ideal. No processo de projeto, a iteração é usada para melhorar o entendimento da equipe de desenvolvimento acerca do problema que essa equipe está tentando resolver, para aperfeiçoar o projeto proposto e para aumentar a qualidade e a quantidade de informação gerada no processo.

### 2.2.2 Etapas de um projeto

A ABNT NBR 16636-2 (2017) apresenta as etapas necessárias para a execução da atividade técnica do projeto arquitetônico, considerando duas fases principais:

1. A fase de preparação contém as seguintes etapas:
  - a. Levantamento de informações preliminares (LV-PRE)
  - b. Programa geral de necessidades (PGN);
  - c. Estudo de viabilidade do empreendimento (EVE);

- d. Levantamento das informações técnicas específicas (LVIT-ARQ) a serem fornecidas pelo empreendedor ou contratadas no projeto.
2. A fase de elaboração e desenvolvimento de projetos técnicos envolve a determinação e representação prévias da configuração arquitetônica de edificação, concebida e desenvolvida mediante a coordenação e a orientação geral dos projetos de todos os elementos da edificação, dos sistemas prediais de instalações, dos componentes construtivos e da especificação dos materiais de construção, gerando o projeto completo da edificação, por meio do processo de sua compatibilização. Esta fase é composta pelas seguintes etapas:
- a. Levantamento de dados para arquitetura (LV-ARQ); levantamento das informações técnicas específicas (LVIT-ARQ) a serem fornecidas pelo empreendedor ou contratadas no projeto;
  - b. Programa de necessidades para arquitetura (PN-ARQ);
  - c. Estudo de viabilidade de arquitetura (EV-ARQ);
  - d. Estudo preliminar arquitetônico (EP-ARQ);
  - e. Anteprojeto arquitetônico (AP-ARQ);
  - f. Estudo preliminar dos projetos complementares (EP-COMP);
  - g. Projeto para licenciamentos (PL-ARQ);
  - h. Anteprojeto complementares (AP-COMP);
  - i. Projeto executivo arquitetônico (PE-ARQ);
  - j. Projetos executivos complementares (PE-COMP);
  - k. Projeto completo de edificação (PECE);
  - l. Documentação conforme construído . (~~% as built~~).

### 2.3 Indicadores na Construção Civil

Atualmente, muitas empresas construtoras têm dado maior ênfase para o desenvolvimento e implementação de sistemas de indicadores para *benchmarking*. Tais sistemas fornecem informações cruciais para o planejamento e controle dos processos gerenciais, possibilitando, ainda, o monitoramento e o controle dos objetivos e metas estratégicas. Além disso, o Sistema de Indicadores para *Benchmarking* tem sido visto como um instrumento para facilitar a implantação das medidas de desempenho gerando valores de referência para o setor (COSTA E FORMOSO, 2011).

Como pontuado por Silva Jr. (2010), o uso de indicadores como parâmetros para a elaboração e análises de projetos tem sido muito eficiente. As incorporadoras, sempre tendo como objetivo a redução de custos para maximização do lucro, não podem deixar nenhum espaço mal aproveitado, procurando estabelecer um indicador para o aproveitamento do lote ou das áreas de uso comum.

### 2.3.1 Indicadores de Projeto para Benchmarking

A elaboração de indicadores de projeto para benchmarking pode ser considerada um grande avanço para o auxílio de empresas incorporadoras. Essas informações podem ser utilizadas para promover a melhoria e o aprendizado (COSTA *et. al.*, 2005).

De acordo com COSTA e FORMOSO (2011), benchmarking consiste em um processo contínuo e sistemático de investigação relativo ao desempenho de processos ou produtos, comparando-os com aqueles identificados como as melhores práticas. Assim, a realização do processo de benchmarking pode trazer importantes benefícios para as empresas, como por exemplo:

- (a) identificar o valor dos novos conhecimentos;
- (b) transformar o conhecimento externo e utilizar esse novo conhecimento;
- (c) preservar esse novo conhecimento na empresa.

## 2.4 Tipos de Indicadores de Projeto

Os indicadores que medem a qualidade e desempenho dos projetos de engenharia são divididos conforme o tipo de projeto: Arquitetônico, Estrutural e Instalações.

### 2.4.1 Indicadores para Projeto de Arquitetura

#### 2.4.1.1 Índice de Compacidade ( $I_c$ )

Segundo Barth *et. Al.* (2017) o termo "compacto" é usado para designar um elemento de pequeno tamanho ou com dimensão reduzida, e não necessariamente para descrever a compacidade que é dada pela relação entre suas partes. Portanto, o índice de compacidade ( $I_c$ ) foi criado para tornar este conceito mais objetivo na

arquitetura: representando a relação entre o perímetro do elemento analisado e o perímetro de um círculo com a mesma área de projeção. Este índice é muito útil para avaliar o quanto o projeto de um espaço pode estar próximo ao perímetro mais econômico, determinado por suas paredes externas.

Os planos verticais correspondem a um valor importante sobre a parcela do custo global da edificação. Devido às características do seu revestimento, as fachadas têm um valor agregado por metro quadrado muito superior ao das divisórias internas, pois integram materiais relativamente caros. Este índice indica o quanto o projeto se distancia da forma mais econômica no que diz respeito ao perímetro das paredes externas, com um círculo (MELO, 2012).

Para o cálculo de  $I_c$ , será utilizada a seguinte equação:

$$I_c = \frac{A_{pavt}}{P_p} * 100 \quad (1)$$



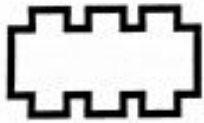
Onde:

$A_{pavt}$  . Área real total do pavimento tipo que é a soma das áreas cobertas e descobertas reais de um determinado pavimento, medidas a partir do projeto arquitetônico (NBR 12721, 2006).

$P_p$  . Perímetro das paredes externas que deve ser medido em planta, no pavimento tipo, pelo eixo das paredes (NBR 12721, 2006).

Matematicamente, segundo Mascaró (2014), o índice máximo de compacidade é 100, sem considerar arestas e curvas o do quadrado é 88,6%, e dificilmente, os projetos se aproximam muito dele. Quanto mais próximo desse número, menores serão os custos de construção e menores também as perdas e ganhos térmicos indesejáveis, conseqüentemente diminuindo os custos de manutenção e uso do edifício. A Figura 3 da Building Research Station, conforme citado por Mascaró (2014) mostra como a forma da planta de um edifício influencia no índice de compacidade e no custo de construção.

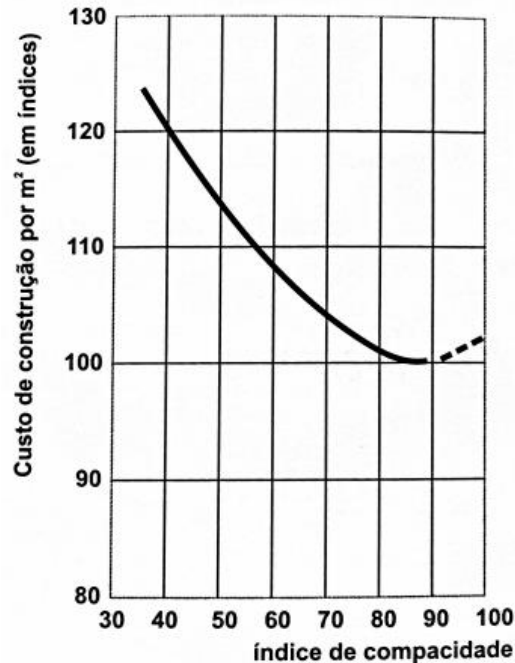
**Figura 3 .** Variação do custo de construção em função do índice de compacidade do edifício

Forma da planta	Área (índice)	Índice de compacidade (I <sub>c</sub> ) em %	Custo de construção (Libras/m <sup>2</sup> )	Variações de custo (%)
	100	88,5	90	100
	100	49,2	108	114
	100	34,0	112	124

Fonte: Mascaró, 2014

Ainda, o custo diminui na medida em que o índice de compacidade aumenta, conforme a Figura 4, chegando a um custo mínimo quando o índice atinge o valor de 88,6 (índice correspondente ao quadrado). Para um índice de compacidade superior a 88,6 o aumento do índice de compacidade é acompanhado de aumento de custo, isso se origina no fato de que as paredes deixam de ser ortogonais, para formar prismas pentagonais, hexagonais ou similares, com ângulos obtusos. Estas formas possuem índice de compacidade mais alto, mas os cortes de materiais, particularmente os de acabamento, aumentam e, com eles, os custos (MASCARÓ, 2014).

**Figura 4 .** Variação do custo de construção em função do índice de compacidade do edifício



Fonte: Mascaró, 2014

#### 2.4.1.2 - Densidade de Parede (Dp)

Este indicador tem o objetivo de verificar o grau de otimização da compartimentação do pavimento tipo. Os planos verticais representam aproximadamente 40% do custo das edificações e, com seu peso, podem elevar o custo da estrutura (SILVA JR., 2010).

Para o cálculo de Dp, será utilizada a seguinte equação:

$$D_p = \frac{A_{pvt}}{A_p} \quad (2)$$

Onde:

A<sub>pvt</sub> . Área real total do pavimento tipo que é a soma das áreas cobertas e descobertas reais de um determinado pavimento (NBR 12721, 2006);

A<sub>p</sub> . Área de projeção das paredes externas e internas do pavimento tipo da edificação, ou seja, o perímetro das paredes multiplicado pela espessura da parede, sem descontar os vãos das aberturas (portas e janelas) (NBR 12721, 2006).

### 2.4.1.3 . Porcentagem da Área do Pavimento Tipo Ocupada pela Área de Circulação (Ia)

Com este indicador pretende-se verificar a otimização da relação entre a área de circulação e a área do pavimento tipo. Áreas destinadas á circulação de pessoas, tanto vertical como horizontal, são relativamente caras em função dos seus revestimentos e agregam pouco valor ao imóvel (SILVA JR., 2010).

Essas áreas são determinadas para a circulação horizontal e vertical encarregadas de promover o acesso de pessoas e bens, agregando pouco valor ao imóvel. Em compensação, são relativamente caras em função da característica dos seus revestimentos. Este indicador tem como proposta avaliar a otimização da relação entre as áreas de circulação e a área do pavimento tipo (MELO, 2012).

Para o cálculo de Ia, será utilizada a seguinte equação:

$$Ia = \frac{Acirc + Asf}{Apt} \quad (3)$$

Asf . Soma das áreas de sacadas e floreiras do pavimento tipo (NBR 12721, 2006);

Acirc . Área de circulação é a soma das áreas do pavimento tipo da edificação destinada ao acesso às unidades autônomas (elevador, escada, corredor, hall, etc) (NBR 12721, 2006).



### 3. METODOLOGIA

Neste trabalho foi feito um levantamento de indicadores de projeto de arquitetura de edificações residenciais de múltiplos pavimentos de seis construtoras da cidade de Maceió, membros da ADEMI-AL, que cederam as plantas de seus empreendimentos para que fosse possível o cálculo dos indicadores apresentados.

Para avaliação dos indicadores, foram consideradas as variáveis e critérios estabelecidos por Oliveira, Lantelme e Formoso (1993) e por meio da ABNT NBR 12721 (2006). Também foram considerados nos referidos projetos, as características de cada empreendimento para facilitar um comparativo entre os indicadores encontrados e os valores de referência utilizados.

Primeiramente foi realizada uma revisão bibliográfica, sobre os temas relacionados ao estudo, o que permitiu o entendimento sobre os indicadores de maneira mais ampla. De forma adicional, foram analisadas as plantas dos empreendimentos para um tratamento dos dados das mesmas.

As obras analisadas são edifícios residenciais tipo torre, de sistemas construtivos convencionais, com estruturas de concreto armado e alvenarias de blocos cerâmicos e gesso acartonado. Com isso, os indicadores avaliados foram: índice de compacidade, densidade de paredes e porcentagem da área do pavimento tipo ocupada pela área de circulação.

A partir da definição dos empreendimentos, após os dados serem obtidos os mesmos foram tabulados para a obtenção dos indicadores. Posteriormente, gráficos foram realizados a partir o *Microsoft Excel*, utilizando as equações 1 a 3. Por fim, as análises foram executadas com a finalidade de observar o comportamento dos indicadores nos empreendimentos em questão.

#### 3.1. Caracterização das Amostras de Maceió

A amostragem de Maceió para este trabalho foi constituída por 6 empreendimentos, sendo que um deles apresenta 2 torres com projetos arquitetônicos diferentes, então se obteve 7 amostras, preenchidas com os dados coletados nos projetos de arquitetura, considerando as áreas em m<sup>2</sup> e os perímetros em metros, conforme o Quadro 1.

**Quadro 1 .** Dados de Projetos de Maceió - AL

LEVANTAMENTO DE AMOSTRAS - MACEIÓAL									
AMOSTRA	ÁREA DO PAVIMENTO	ÁREA DAS SACADAS E FLOREIRAS	ÁREA DE CIRCULAÇÃO COMUM	PERÍMETRO - PAVIMENTO	PERÍMETRO - PAREDES EXTERNAS	PERÍMETRO - PAREDES INTERNAS	PERÍMETRO - PAREDES	ÁREA DAS PAREDES	
A1	1161,9175	87,8915	180,3812	215,9486	213,3088	622,2705	835,5793	125,3368	
A2	308,4915	19,9616	37,82	113,96	112,01	167,765	279,775	41,96625	
A3	596,19	81,9698	68,5094	163,77	163,77	-	-	71,422	
A4 - A	1044,9366	118,0736	130,721	273,6303	273,6303	-	-	127,635	
A4 - B	996,17	173,98	118,62	279,17	279,17	-	-	108,597	
A5	745,874	125,741	78,6575	180,46	179,56	399,3946	578,9546	86,84319	
A6	321,4025	20,7934	37,77081	85,7198	84,8561	173,3404	258,1965	38,729475	

Fonte: Autor, 2020

### 3.1.1 Construtora 1 . Empreendimento A1

Este projeto apresenta um edifício torre de alto padrão com 15 pavimentos, com 20 apartamentos por andar, a área comum possui 1 escada e 3 elevadores.

### 3.1.2 Construtora 2 . Empreendimento A2

Este projeto apresenta dez prédios tipo caixa com 4 pavimentos, todos têm o mesmo projeto arquitetônico, com 6 apartamentos por andar, a área comum possui apenas escada.

### 3.1.3 Construtora 3 . Empreendimento A3

Este projeto apresenta um edifício torre de alto padrão com 13 pavimentos, com 4 apartamentos por andar, a área comum possui 1 escada e 3 elevadores.

### 3.1.4 Construtora 4 . Empreendimento A4

Este projeto apresenta duas torres de alto padrão com projetos arquitetônicos diferentes. Ambas as torres possuem 9 pavimentos, com 4 apartamentos por andar e suas áreas comuns possuem 1 escada e 3 elevadores.

### 3.1.5 Construtora 5 . Empreendimento A5

Este projeto apresenta duas torres de alto padrão com o mesmo projeto arquitetônico. Ambas as torres possuem 20 pavimentos, com 6 apartamentos por andar, suas áreas comuns possuem 2 escadas e 3 elevadores.

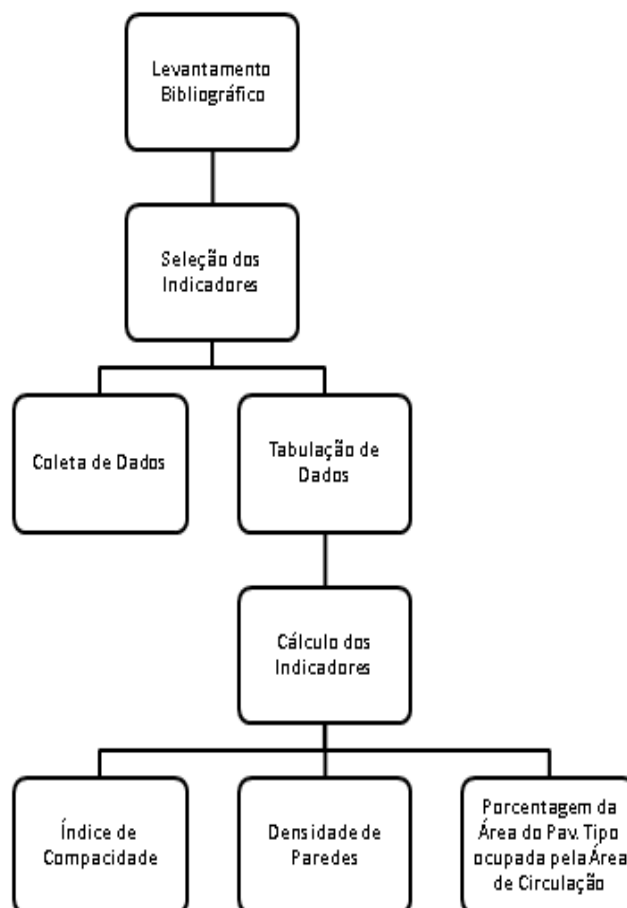
### 3.1.6 Construtora 6 . Empreendimento A6

Este projeto apresenta uma torre de alto padrão com 11 pavimentos, com 6 apartamentos por andar, a área comum possui 1 escada e 2 elevadores.

## 3.2. Fluxograma do Estudo

De maneira perceptível, o objetivo do presente estudo foi alcançado através da execução das etapas apresentadas na Figura 5.

**Figura 5 .** Fluxograma etapas do estudo



Fonte: Autor, 2020

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Mediante o uso das equações supracitadas no item 2.4 foi possível determinar os indicadores. Além disso, para facilitar a compreensão dos resultados alcançados de índice de compacidade, densidade de parede e porcentagem de área do pavimento tipo ocupada pela área de circulação foram delimitados por limites considerados ÓTIMO, BOM e RUIM para o dado indicador de acordo com as classificações de Oliveira, Lantelme e Formoso (1993), conforme apresentado abaixo:

- Índice de Compacidade ( $I_c$ )
  - Ruim (< 60%);
  - Bom (60% a 75%);
  - Ótimo (> 75%);
- Densidade de Paredes ( $D_p$ )
  - Ruim (> 0,18);
  - Bom (0,15 a 0,18);
  - Ótimo (< 0,15);
- Porcentagem da Área do Pavimento Tipo Ocupada Pela Área de Circulação ( $I_a$ )
  - Ruim (> 12%);
  - Bom (8% a 12%);
  - Ótimo (< 8%).

### 4.1. Empreendimento A1

O Índice de Compacidade foi de 56,63, valor considerado %ruim+, é possível observar que isso ocorre devido a geometria da fachada deste empreendimento ser angulosa e recortada, com uma grande quantidade de arestas, o que aumenta o perímetro das paredes externas e ocasiona aumento nos custos.

Para a Densidade de Paredes se obteve 0,1079, valor considerado %ótimo+, portanto, o grau de compartimentação nessa amostra é satisfatório, ocasionando em uma grande área útil na edificação.

O valor encontrado para a Porcentagem da Área do Pavimento Tipo Ocupada Pela Área de Circulação foi de 14,43%, um valor %ruim+ conforme a classificação adotada por Oliveira, Lantelme e Formoso (1993), demonstrando que houve má

otimização da área de circulação. No Quadro 2 são apresentados os resultados obtidos para o empreendimento A1 da Construtora 1.

**Quadro 2 .** Indicadores obtidos para o empreendimento A1

Construtora 1 - Empreendimento A1		
Indicador	Valor obtido	Classificação
Índice de Compacidade	56,63	RUIM
Densidade de Paredes	0,1079	ÓTIMO
Porcentagem de Área do Pavimento Tipo Ocupada Pela Área de Circulação	14,43%	RUIM

Fonte: Autor, 2020

#### 4.2. Empreendimento A2

O Índice de Compacidade foi de 55,57, valor considerado **ruim**. É possível observar que a geometria deste empreendimento, apesar de ser simples, apresenta um grande recorte, aumentando bastante o perímetro das paredes externas em relação a área do pavimento tipo e, por tratar-se de um empreendimento popular, seria interessante que o projeto fosse otimizado para diminuir o custo com as fachadas.

Para a Densidade de Paredes se obteve 0,1360, valor considerado **bom**, portanto, o grau de compartimentação nessa amostra é satisfatório, ocasionando em uma grande área útil na edificação.

A Porcentagem da Área do Pavimento Tipo Ocupada Pela Área de Circulação foi de 11,51%, considerado um valor **bom** conforme a classificação adotada por Oliveira, Lantelme e Formoso (1993). Mas esse valor poderia ser melhorado, já que o empreendimento não tem elevador e isso já faz com que a área de circulação seja menor.

No Quadro 3 são apresentados os resultados obtidos para o empreendimento A2 da Construtora 2.

**Quadro 3** . Indicadores obtidos para o empreendimento A2

Construtora 2 - Empreendimento A2		
Indicador	Valor obtido	Classificação
Índice de Compacidade	55,57	RUIM
Densidade de Paredes	0,1360	ÓTIMO
Porcentagem de Área do Pavimento Tipo Ocupada Pela Área de Circulação	11,51%	BOM

Fonte: Autor, 2020

### 4.3. Empreendimento A3

O Índice de Compacidade foi de 52,84, valor considerado **ruim**. A geometria deste empreendimento possui bastante recortes, aumentando o número de arestas e também utiliza fachadas curvas, que tem custo maior e aumenta o perímetro das paredes externas, ocasionando aumento nos custos.

Para a Densidade de Paredes se obteve 0,1198, valor considerado **ótimo**, portanto, o grau de compartimentação nessa amostra é satisfatório, ocasionando em uma grande área útil na edificação.

O valor encontrado para a Porcentagem da Área do Pavimento Tipo Ocupada Pela Área de Circulação foi de 10,10%, um valor **bom** conforme a classificação adotada por Oliveira, Lantelme e Formoso (1993). É interessante observar como esse projeto conseguiu fazer uma boa relação entre a área de circulação e a área do pavimento tipo, mesmo contando com 3 elevadores.

No Quadro 4 são apresentados os resultados obtidos para o empreendimento A3 da Construtora 3.

**Quadro 4 .** Indicadores obtidos para o empreendimento A3

Construtora 3 - Empreendimento A3		
Indicador	Valor obtido	Classificação
Índice de Compacidade	52,84	RUIM
Densidade de Paredes	0,1198	ÓTIMO
Porcentagem de Área do Pavimento Tipo Ocupada Pela Área de Circulação	10,10%	BOM

Fonte: Autor, 2020

#### 4.4. Empreendimento A4

O empreendimento A4 possui duas torres com plantas diferentes, então foi necessário analisar cada uma delas e posteriormente fazer uma média entre as duas para que seja possível a comparação com os outros empreendimentos.

O Índice de Compacidade para a torre A foi de 41,87, valor considerado **%ruim+**. Este empreendimento apresentou o segundo pior resultado entre os edifícios analisados, ele apresenta uma geometria extremamente recortada, quase que em formato de U, aumentando bastante o perímetro das paredes externas, sem que haja incremento na área do pavimento tipo.

Para a Densidade de Paredes se obteve 0,1221, valor considerado **%ótimo+**, portanto, o grau de compartimentação nessa amostra é satisfatório, ocasionando em uma grande área útil na edificação.

A Porcentagem da Área do Pavimento Tipo Ocupada Pela Área de Circulação foi de 11,24%, um valor **%bom+** conforme a classificação adotada por Oliveira, Lantelme e Formoso (1993).

No Quadro 5 são apresentados os resultados obtidos para o empreendimento A4 . Torre A da Construtora 4.

**Quadro 5 .** Indicadores obtidos para o empreendimento A4 . Torre A

Construtora 4 - Empreendimento A4 - A		
Indicador	Valor obtido	Classificação
Índice de Compacidade	41,87	RUIM
Densidade de Paredes	0,1221	ÓTIMO
Porcentagem de Área do Pavimento Tipo Ocupada Pela Área de Circulação	11,24%	BOM

Fonte: Autor, 2020

O Índice de Compacidade para a torre B foi de 40,07, valor considerado **%ruim+**, foi o pior resultado entre os empreendimentos analisados. A geometria da edificação apresenta muitos recortes, aumentando o custo com as fachadas.

Para a Densidade de Paredes se obteve 0,1090, valor considerado **%ótimo+**, portanto, o grau de compartimentação nessa amostra é satisfatório, ocasionando em uma grande área útil na edificação.

A Porcentagem da Área do Pavimento Tipo Ocupada Pela Área de Circulação foi de 10,14%, um valor **%bom+** conforme a classificação adotada por Oliveira, Lantelme e Formoso (1993).

No Quadro 6 são apresentados os resultados obtidos para o empreendimento A4 . Torre B da Construtora 4.



**Quadro 6 .** Indicadores obtidos para o empreendimento A4 . Torre B

Construtora 4 - Empreendimento A4 - B		
Indicador	Valor obtido	Classificação
Índice de Compacidade	40,07	RUIM
Densidade de Paredes	0,1090	ÓTIMO
Porcentagem de Área do Pavimento Tipo Ocupada Pela Área de Circulação	10,14%	BOM

Fonte: Autor, 2020

No Quadro 7 são apresentadas as médias dos resultados obtidos para o empreendimento A4, da Construtora 4. Foi utilizada a média dos valores obtidos para as torres A e B. O Índice de Compacidade foi de 40,94, valor considerado **ruim**. Foi possível observar que este resultado se deu no empreendimento de mais alto padrão analisado, então pode ser necessário que se sacrifique o custo das fachadas para que se alcance o padrão desejado nas edificações. Para a Densidade de Paredes se obteve 0,1156, valor considerado **ótimo** e a Porcentagem da Área do Pavimento Tipo Ocupada Pela Área de Circulação foi de 10,69%, um valor **bom** conforme a classificação adotada por Oliveira, Lantelme e Formoso (1993).

**Quadro 7 .** Indicadores obtidos para o empreendimento A4 - Média

Construtora 4 - Empreendimento A4		
Indicador	Valor obtido	Classificação
Índice de Compacidade	40,94	RUIM
Densidade de Paredes	0,1156	ÓTIMO
Porcentagem de Área do Pavimento Tipo Ocupada Pela Área de Circulação	10,69%	BOM

Fonte: Autor, 2020

#### 4.5. Empreendimento A5

O Índice de Compacidade foi de 53,90, valor considerado **ruim**. A geometria deste empreendimento também apresenta bastante recortes, aumentando o perímetro das paredes externas sem que haja incremento na área do pavimento tipo, ocasionando o aumento no custo das fachadas.

Para a Densidade de Paredes se obteve 0,1164, valor considerado **ótimo**, portanto, o grau de compartimentação nessa amostra é satisfatório, ocasionando em uma grande área útil na edificação.

A Porcentagem da Área do Pavimento Tipo Ocupada Pela Área de Circulação foi de 9,02%, um valor **bom** conforme a classificação adotada por Oliveira, Lantelme e Formoso (1993).

No Quadro 8 são apresentados os resultados obtidos para o empreendimento A5 da Construtora 5.

**Quadro 8** . Indicadores obtidos para o empreendimento A5

Construtora 5 - Empreendimento A5		
Indicador	Valor obtido	Classificação
Índice de Compacidade	53,9	RUIM
Densidade de Paredes	0,1164	ÓTIMO
Porcentagem de Área do Pavimento Tipo Ocupada Pela Área de Circulação	9,02%	BOM

Fonte: Autor, 2020

#### 4.6. Empreendimento A6

O Índice de Compacidade foi de 74,87, valor considerado **bom**. Este empreendimento apresentou o melhor resultado entre os edifícios analisados, é possível observar que a geometria desse empreendimento é a que mais se aproxima

de um quadrado, portanto a mais econômica entre as analisadas no que se diz respeito ao perímetro das paredes externas.

Para a Densidade de Paredes se obteve 0,1205, valor considerado **ótimo**, portanto, o grau de compartimentação nessa amostra é satisfatório, ocasionando em uma grande área útil na edificação.

A Porcentagem da Área do Pavimento Tipo Ocupada Pela Área de Circulação foi de 11,04%, um valor **bom** conforme a classificação adotada por Oliveira, Lantelme e Formoso (1993).

No Quadro 9 são apresentados os resultados obtidos para o empreendimento A6 da Construtora 6.

**Quadro 9** . Indicadores obtidos para o empreendimento A6

Construtora 6 - Empreendimento A6		
Indicador	Valor obtido	Classificação
Índice de Compacidade	74,87	BOM
Densidade de Paredes	0,1205	ÓTIMO
Porcentagem de Área do Pavimento Tipo Ocupada Pela Área de Circulação	11,0378%	BOM

Fonte: Autor, 2020

#### 4.7. Índice de Compacidade

No Quadro 10 são apresentados os índices de compacidade ( $I_c$ ), a média e o desvio padrão dos resultados encontrados nos projetos de arquitetura de edifícios na cidade de Maceió. Já na Figura 6 os dados são apresentados de forma mais intuitiva, possibilitando visualizar as faixas de índice de compacidade **bom**, **bom** e **ótimo**. De acordo com a classificação de Oliveira, Lantelme e Formoso(1993), cinco amostras selecionadas encontram-se abaixo da linha considerado **bom**, menor que 60%.

Apenas uma das amostras, A6, encontra-se acima da linha considerada boa, aproximando-se bastante do valor máximo de 75%.

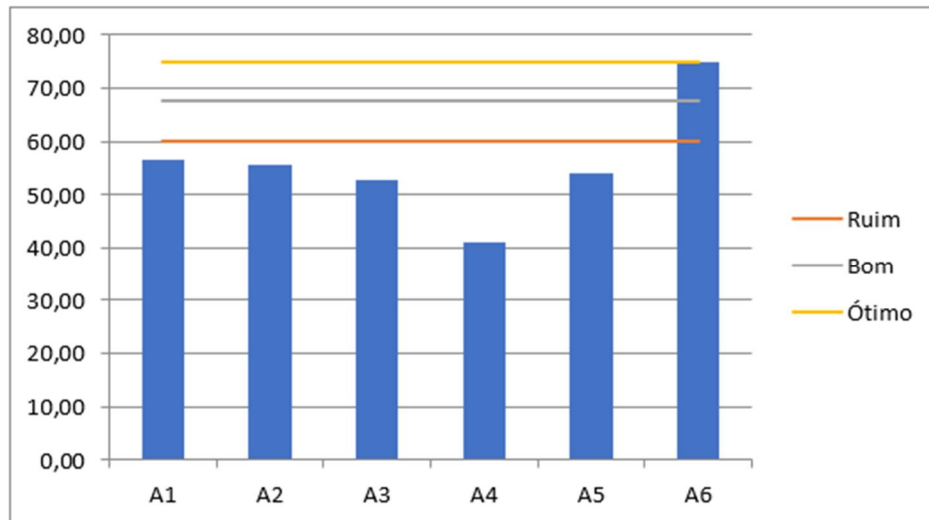
Nota-se uma grande variação entre os empreendimentos, principalmente entre os projetos A4 e A6, que são os extremos, com índices de compacidade de 40,94% e 74,87% respectivamente. Com o empreendimento A4 apresentando o projeto com a geometria menos econômica no que diz respeito aos perímetros das paredes externas, visto que quanto maior esse perímetro maior é o custo para construção e o empreendimento A6 se mostrando o mais econômico nesse sentido.

**Quadro 10** . Índice de compacidade dos empreendimentos analisados

Índice de Compacidade	
A1	56,63
A2	55,57
A3	52,84
A4	40,94
A5	53,90
A6	74,87
Média	55,79
Desvio Padrão	10,93

Fonte: Autor, 2020

A média calculada para os empreendimentos foi de 55,79%, indicando que os projetos arquitetônicos analisados, em geral, apresentam geometria que foge da forma mais econômica. Foi possível observar que os empreendimentos com recortes nas fachadas, formas angulosas, número grande de arestas e fachadas circulares apresentaram piores índices de compacidade, ocasionando o aumento do perímetro das paredes externas e, dessa forma, aumentando os custos com alvenarias e pinturas. Além disso, o desvio padrão foi de 10,93%, indicando que os valores amostrais, em sua maioria, estão condensados próximos da média, com exceção das amostras A4 e A7.

**Figura 6 . Índice de Compacidade (Ic) das amostras de Maceió**

Fonte: Autor, 2020

#### 4.8. Densidade de Paredes

No Quadro 11 são apresentados os dados para Densidade de Paredes ( $D_p$ ), a média e o desvio padrão dos resultados encontrados nos projetos de arquitetura de edifícios na cidade de Maceió. Através da análise da Figura 7, nota-se que os valores obtidos após levantamentos e cálculos para densidade de parede dos projetos em Maceió, estão todos na faixa considerada **ótima** de acordo com os critérios de Oliveira, Lantelme e Formoso (1993), ou seja, até 0,15.

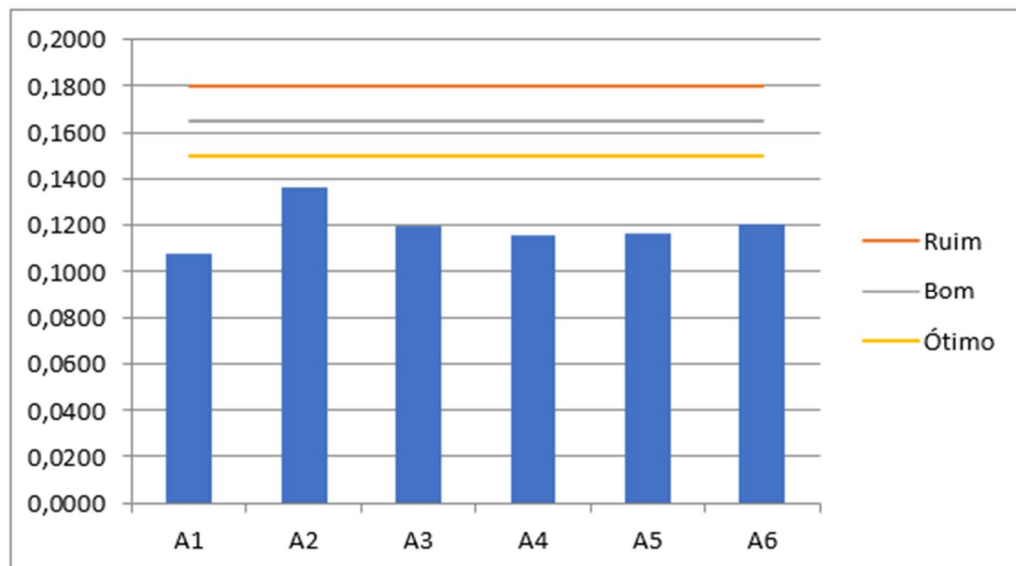
A média destes projetos chegou a 0,1194, dentro da faixa **ótima**. Portanto, o grau de compartimentação dos empreendimentos analisados é satisfatório, levando a uma grande área útil nas edificações. Os melhores resultados são dos projetos A1 e A4, os quais possuem melhor aproveitamento da área útil do pavimento. Já o desvio padrão foi de 0,0093, indicando que os valores amostrais estão bem condensados próximos da média, sendo uma amostra homogênea.

**Quadro 11 .** Densidade de Paredes (Dp) dos empreendimentos analisados

Densidade de Paredes	
A1	0,1079
A2	0,1360
A3	0,1198
A4	0,1156
A5	0,1164
A6	0,1205
Média	0,1194
Desvio Padrão	0,0093

Fonte: Autor, 2020

Considerando os valores encontrados nos projetos deste estudo em Maceió, foi possível verificar que os planos verticais das edificações apresentam níveis satisfatórios de otimização da compartimentação do pavimento tipo. Pois os planos verticais podem corresponder a aproximadamente 40% do custo das edificações (TUBINO, 2004) e, pelo seu peso, podem elevar o custo da estrutura de concreto armado.

**Figura 7 .** Densidade de Paredes (Dp) das amostras de Maceió

Fonte: Autor, 2020

#### 4.9. Porcentagem de Área do Pavimento Tipo Ocupada Pela Área de Circulação

No Quadro 12 são apresentados os dados para Porcentagem de Área do Pavimento Tipo Ocupada pela Área de Circulação (Ia), a média e o desvio padrão dos resultados encontrados nos projetos de arquitetura de edifícios na cidade de Maceió. Esse indicador também tem grande importância para as construtoras, pois as áreas das edificações destinadas à circulação vertical e horizontal têm a função de promover o acesso de pessoas e bens, agregando pouco valor ao imóvel e possuem custo de construção mais elevado devido aos seus revestimentos.

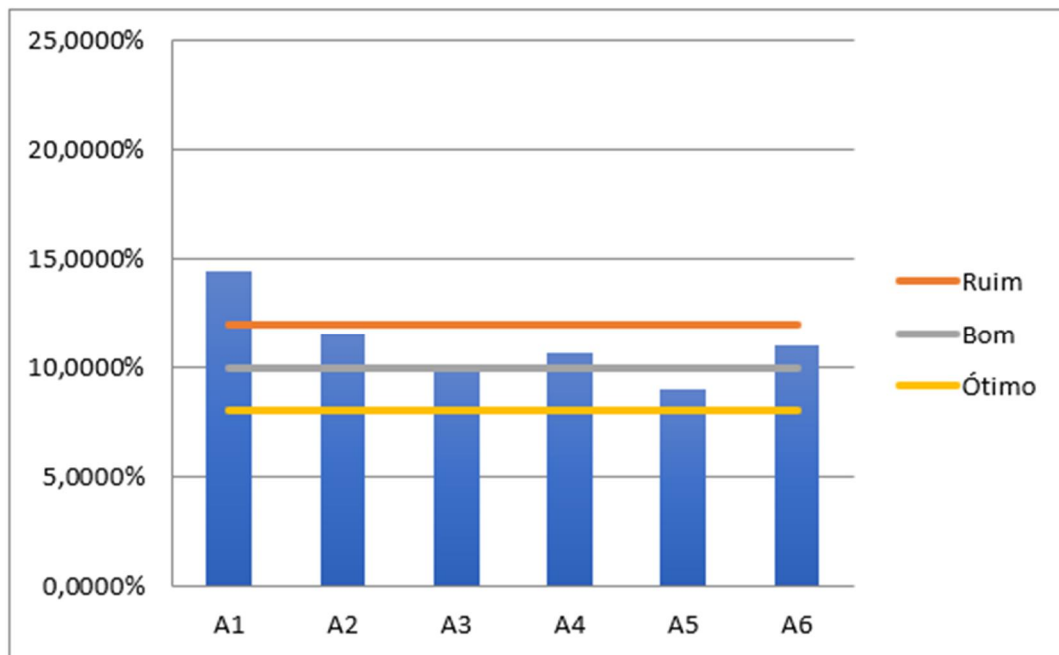
**Quadro 12 .** Porcentagem de Área do Pavimento Tipo Ocupada pela Área de Circulação (Ia) dos empreendimentos analisados

Porcentagem de Área do Pav. Tipo ocupada pela Área de Circulação	
A1	14,4327%
A2	11,5146%
A3	10,1023%
A4	10,6900%
A5	9,0243%
A6	11,0378%
Média	11,1336%
Desvio Padrão	1,83%

Fonte: Autor, 2020

Na Figura 8 os dados são apresentados de forma mais intuitiva, possibilitando visualizar as faixas  $\pm 1\sigma$ ,  $\pm 2\sigma$  e  $\pm 3\sigma$  para Porcentagem de Área do Pavimento Tipo Ocupada pela Área de Circulação (Ia). De acordo com a classificação de Oliveira, Lantelme e Formoso (1993), cinco amostras se encontraram na faixa considerada como boa para esse indicador, que vai de 8% a 12%, apenas o empreendimento A1 apresentou resultado  $\pm 1\sigma$  acima de 12%.

**Figura 8 .** Porcentagem de Área do Pavimento Tipo Ocupada pela Área de Circulação (Ia) das amostras de Maceió



Fonte: Autor, 2020

A média para a amostra ficou em 11,13%, índice considerado como bom para Oliveira, Lantelme e Formoso (1993). Evidenciando que os projetos arquitetônicos analisados se encontram numa faixa aceitável em relação ao dimensionamento de suas áreas de circulação, mas que ainda podem ser melhorados, o que levaria a uma economia em seus revestimentos e melhor aproveitamento de seus espaços. O desvio padrão foi de 1,83%, demonstrando que os valores amostrais estão bem distribuídos em torno da média, sendo uma amostra heterogênea.



## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O propósito deste trabalho foi apresentar contribuições para o benchmarking entre construtoras da cidade de Maceió que participam da ADEMI-AL, utilizando indicadores de projeto de arquitetura para demonstrar o cenário dos empreendimentos analisados, estudando redução de custos e apontando o que pode ser melhorado.

Inicialmente o trabalho buscou contextualizar o processo de realização do projeto e posteriormente o sistema de indicadores propostos. Prontamente, se realizou um trabalho de levantamento de dados em projetos de arquitetura na cidade de Maceió para cálculo dos indicadores de projeto com avaliação e discussão dos resultados encontrados.

Em relação à utilização de um sistema de indicadores, foi possível observar que seu uso tem contribuído com parâmetros comparativos para empresas e projetistas, favorecendo a tomada de decisões no processo de elaboração de projetos arquitetônicos.

Este trabalho contou com três indicadores de fácil entendimento que verificaram o quanto os empreendimentos analisados estão otimizados em relação a geometria de seus projetos, ao custo de suas fachadas, área do pavimento tipo, áreas de circulação e compartimentação do pavimento tipo.

O índice de compacidade relaciona a área do pavimento tipo com o perímetro das paredes externas da edificação, dependendo da geometria dois projetos podem ter um mesmo perímetro e áreas diferentes. O índice de compacidade aumenta conforme são feitos recortes na geometria de uma edificação, aumentando os custos com fachadas e pinturas e muitas vezes não agrega valor ao empreendimento. Formas angulosas que aumentam o número de arestas e fachadas curvas que chegam a custar até 50% mais que fachadas convencionais também influenciam bastante no custo, principalmente com acabamentos.

Muitos dos empreendimentos estudados foram de alto padrão, então pode ser necessário que sejam feitos projetos mais ousados em relação ao design para agradar um público mais exigente. O empreendimento A4 é um edifício a beira mar, com piscina particular em todos os apartamentos e justamente as duas torres desse

empreendimento apresentaram o pior resultado em relação ao índice de compacidade, pois o conceito do projeto pedia isso.

No entanto, o empreendimento A2, por exemplo, que é composto por prédios tipo caixão, um residencial popular, apresenta um resultado também insatisfatório e poderia ter seu projeto otimizado em relação ao perímetro de suas paredes externas e a área do pavimento tipo, para que se tenha um melhor aproveitamento dos recursos investidos, agregando valor a edificação e/ou diminuindo os custos com a fachada.

Deste modo, foi possível observar que dependendo do objetivo do empreendimento e do público que ele tem como alvo, os custos adicionais com fachadas podem fazer sentido ou não, mas há sempre espaço para discutir melhorias em um projeto, de forma a agregar valor ao empreendimento. É possível levar em conta a experiência do projeto A6 que tem uma geometria mais simples, conseguindo ter uma boa relação entre área do pavimento tipo e perímetro das paredes externas.

Em relação a Densidade de Paredes, todos os empreendimentos analisados obtiveram um resultado considerado ótimo de acordo com os critérios estabelecidos por Oliveira, Lantelme e Formoso (1993), demonstrando que os edifícios das construtoras estudadas estão bem otimizados em relação a compartimentação do pavimento tipo.

Para a Porcentagem da Área do Pavimento Tipo Ocupada Pela Área de Circulação cinco empreendimentos apresentaram um resultado considerado bom para o referencial adotado, apenas o empreendimento A1 teve um resultado ruim. Isso mostra que os edifícios estudados já contam com uma boa relação entre a área do pavimento tipo e a área de circulação, mas nenhum deles se destaca a ponto de ser considerado ótimo, então ainda podem ser estudadas formas de melhorar essa relação.

De modo geral os empreendimentos estudados se mostraram bem projetados em relação a otimização de suas áreas e compartimentação do pavimento tipo, mas precisam melhorar bastante no que diz respeito a geometria do projeto. É possível utilizar os indicadores estudados e incorporar seu uso em futuros empreendimentos, para que se obtenha um melhor aproveitamento dos recursos das incorporadoras.

Além disso, observando e compartilhando os bons resultados que foram vistos neste trabalho é possível a realização do *benchmarking*.

## REFERÊNCIAS

APPOLINÁRIO, F.. Dicionário de metodologia científica. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

ANDRADE, F. K. G.; LORDSLEEM JR., A.C.; Benchmarking Em Empresas De Construção Civil: Identificação Das Melhores Práticas. Revista De Engenharia E Pesquisa Aplicada, Volume 2, Número 1, 2016.

BARTH, F.; VEFAGO, L. H. M.; VASCONCELOS, C. Compacidade dos Espaços Arquitetônicos. Mix Sustentável, Santa Catarina, PR, 2017. v. 3, n. 1, p. 100-108.

CERON, L. Notas Sobre Concepções De Preço E Valor Nos Custos Da Arquitetura. 2011. 153 P. Dissertação (Mestrado Em Arquitetura E Urbanismo) . Escola De Engenharia De São Carlos, Universidade De São Paulo, São Carlos, 2011.

COSTA, D. B.; SCHRAMM, F. K.; FORMOSO, C. T. %Sistema de Indicadores para Benchmarking na Construção Civil: Manual de Utilização+ Porto Alegre, NORIE/UFRGS, 2005.

COSTA, D. B.; FORMOSO, C. T.; Fatores chaves de sucesso para sistemas de indicadores de desempenho para benchmarking colaborativo entre empresas construtoras. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 11, n. 3, p. 143-159, jul./set. 2011.

COSTA, P. S.; Importância Da Aplicação Das Boas Práticas De Gestão De Projetos Trazidas Pelo PMBOK. Trabalho De Conclusão Do Curso De Administração . Centro Universitário De Anápolis, 2019.

FABRÍCIO, M. M. Projeto simultâneo na construção de edifícios. 2002. Tese (doutorado em engenharia civil) . Escola Politécnica Da Universidade De São Paulo . POLI/USP, SÃO PAULO, 2002. P.72

GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

KERN, A. P. Proposta De Um Modelo De Planejamento E Controle De Custos De Empreendimentos De Construção. Tese (Doutorado Em Engenharia Civil), Programa De Pós-Graduação Em Engenharia Civil, Ufrgs, Porto Alegre, 2005.

MCCAHAN, S.; ANDERSON, P.; KORTSCHOT, M.; WEISS, P. E.; WOODHOUSE, K.A.; Projetos De Engenharia: Uma Introdução . Tradução João Araujo Ribeiro , Orlando Bernardo Filho. 1. ed. - Rio De Janeiro : LTC, 2017.

MELO, MAURY. Gerenciamento de Projetos para a Construção civil. 2. ed. . Rio de Janeiro; BRASPORT, 2012.

OLIVEIRA, L. P.; ROMERO, M. B. Estrutura Metodológica Para Avaliação Ambiental Do Projeto Arquitetônico: Fundamentos Teóricos. Brasília: Leonardo Pinto De Oliveira, 2020.

OLIVEIRA, M; LANTELME, E; FORMOSO, C. (1995). %Análise da Implantação de Indicadores de Qualidade e Produtividade na Construção Civil+ In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 6, 1995, Rio de Janeiro. Édile Serviços Gráficos e Editora Ltda. 1995, v. 1.

OLIVEIRA, M; LANTELME, E; FORMOSO, C. (1993). %Sistema de Indicadores de Qualidade e Produtividade da Construção Civil+ Manual de Utilização, SindusconRS, Porto Alegre, 1993.

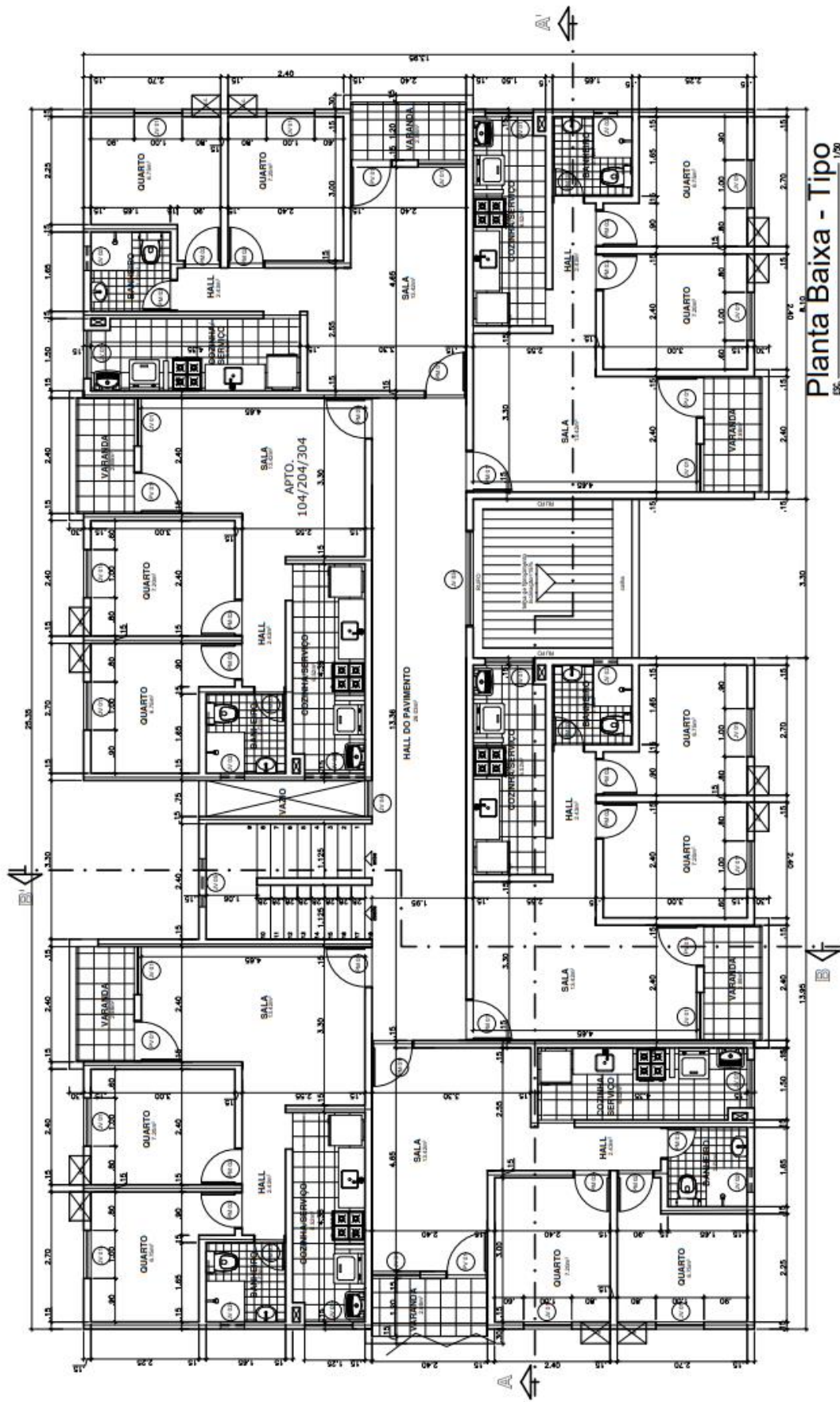
PARISOTTO, J. A. Análise De Estimativas Paramétricas Para Formular Um Modelo De Quantificação De Serviços, Consumo De Mão-De-Obra E Custos De Edificações Residenciais . Estudo De Caso Para Uma Empresa Construtora. Dissertação (Mestrado Em Engenharia De Produção). Programa De Pós-Graduação Em Engenharia De Produção, Universidade Federal De Santa Catarina, 2003.

SILVA Jr., N. L. Indicadores De Desempenho Em Projetos De Arquitetura No Eixo Brasília-Goiânia. Dissertação De Mestrado Em Estruturas E Construção Civil, Departamento De Engenharia Civil E Ambiental, Universidade De Brasília, Brasília, Df, 113p, 2010.

TUHUS-DUBROW, D.; KRARTI, M. Genetic-Algorithm Based Approach To Optimize Building Envelope Design For Residential Buildings. *Building And Environment*, V. 45, N. 7, P. 1574. 1581, Jul. 2010.

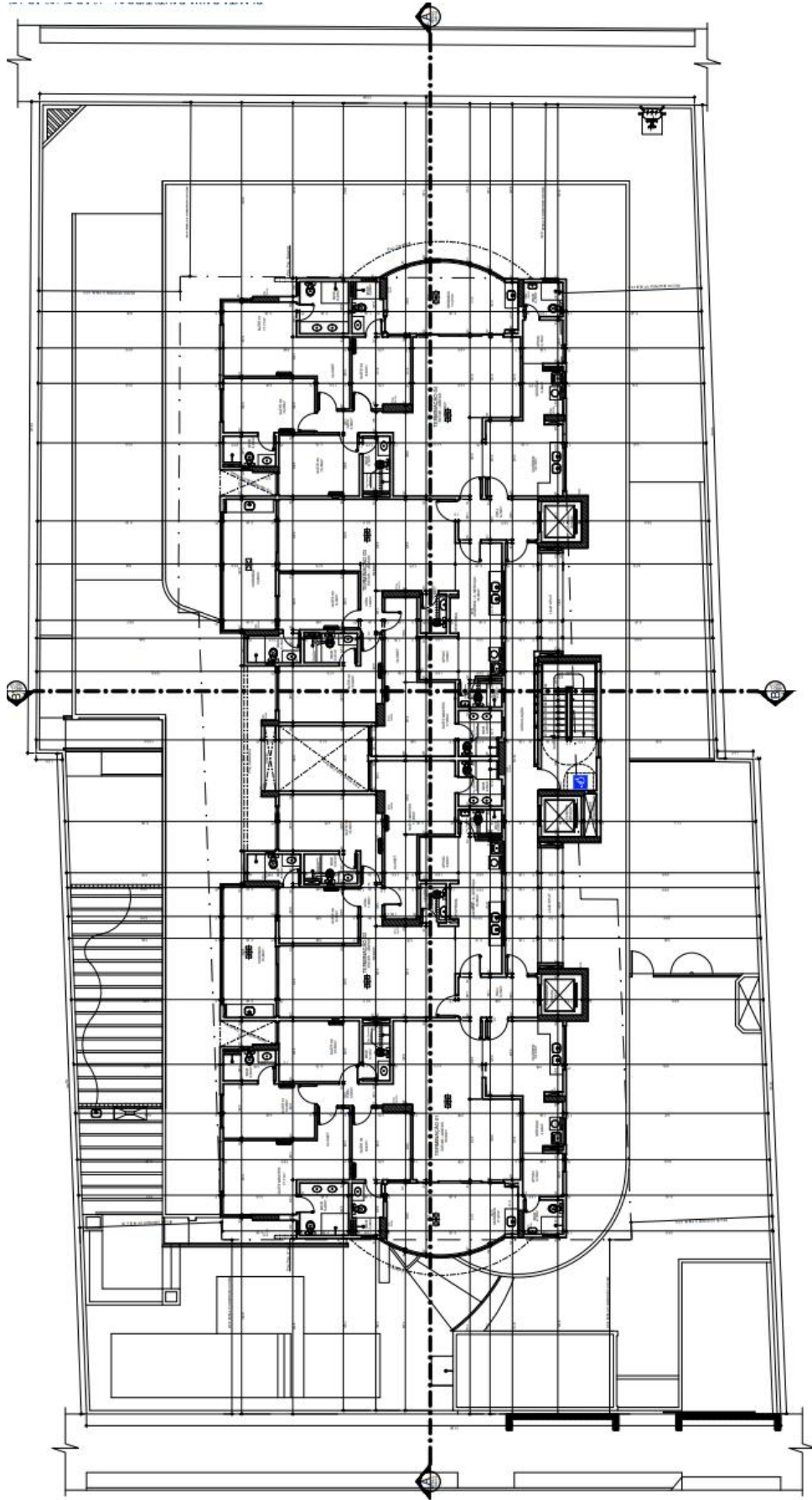
TUBINO, REJANE. Sistema de Indicadores de Projeto. Programa de Melhoria da Comunidade da Construção de Goiânia, Goiânia, 2004.



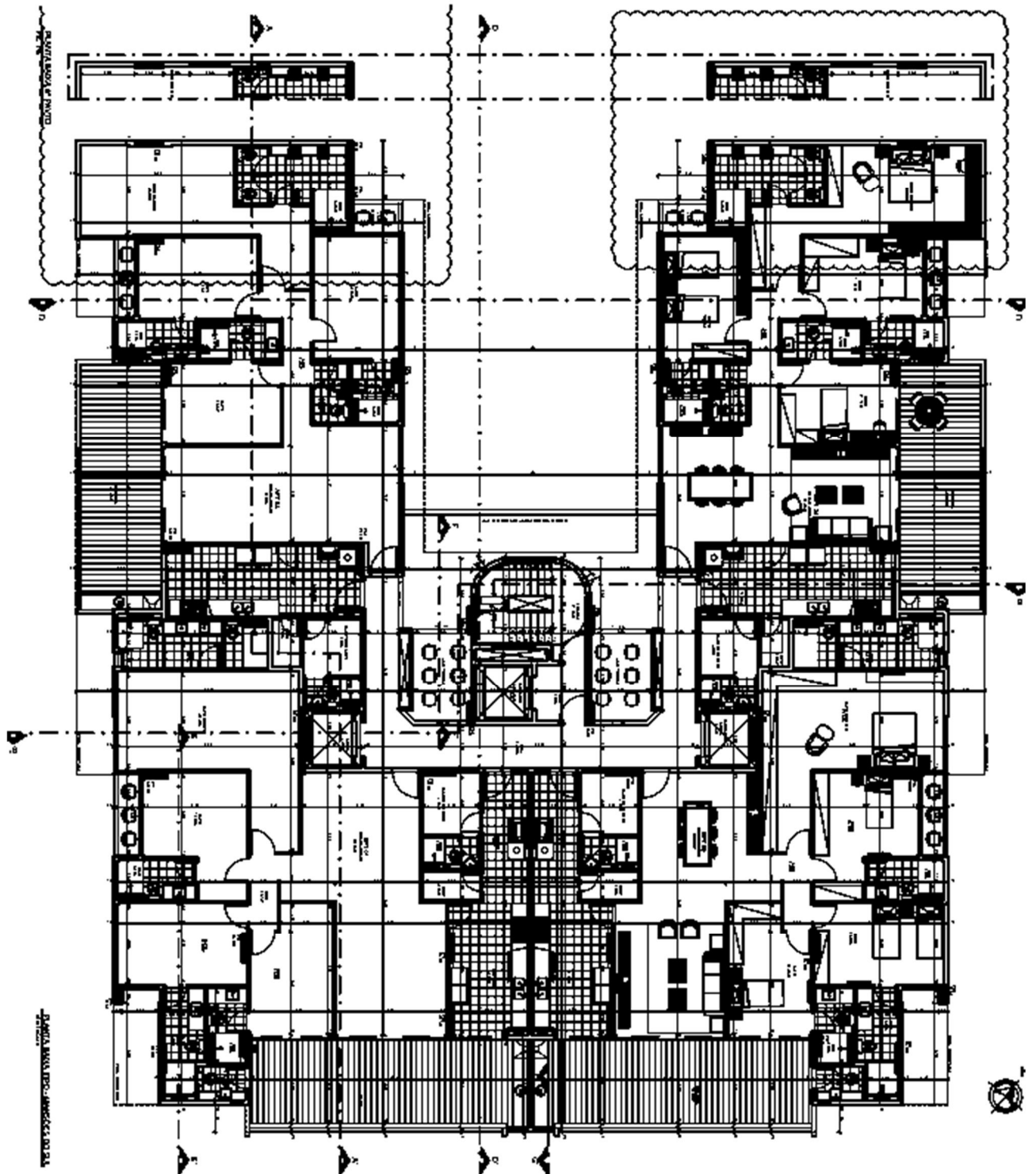


Anexo 2 . Planta do Pavimento Tipo do Empreendimento A2

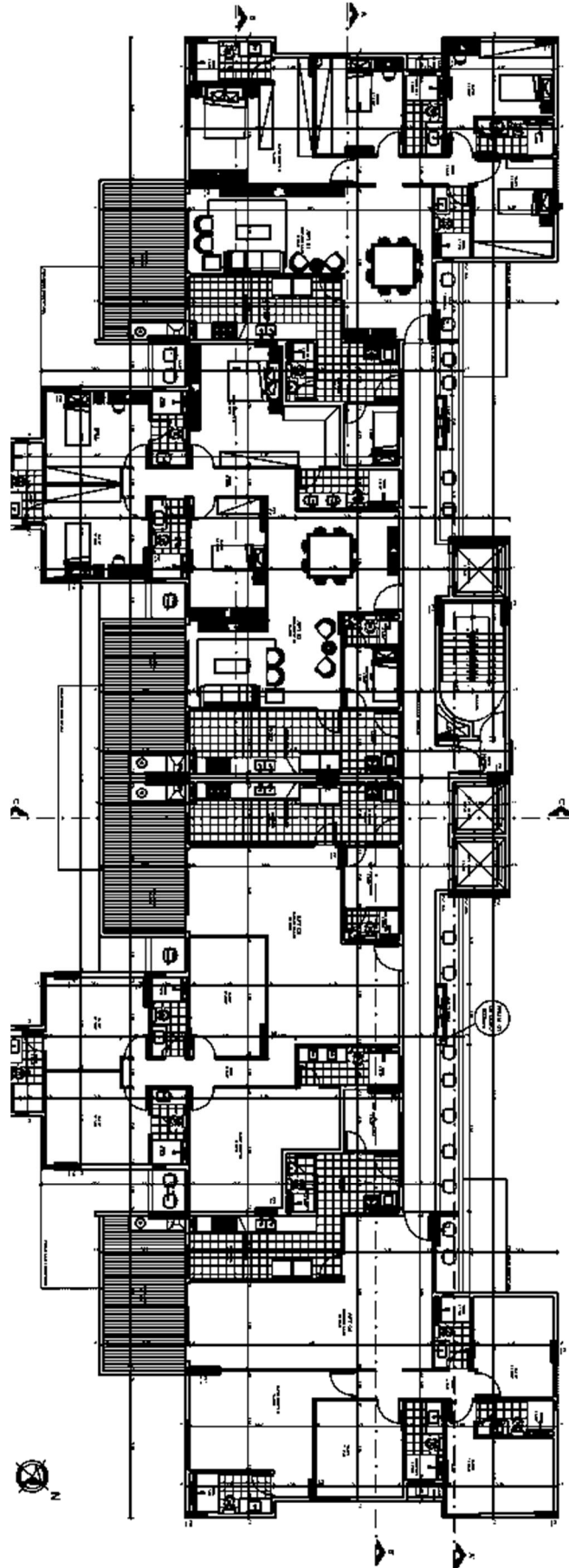




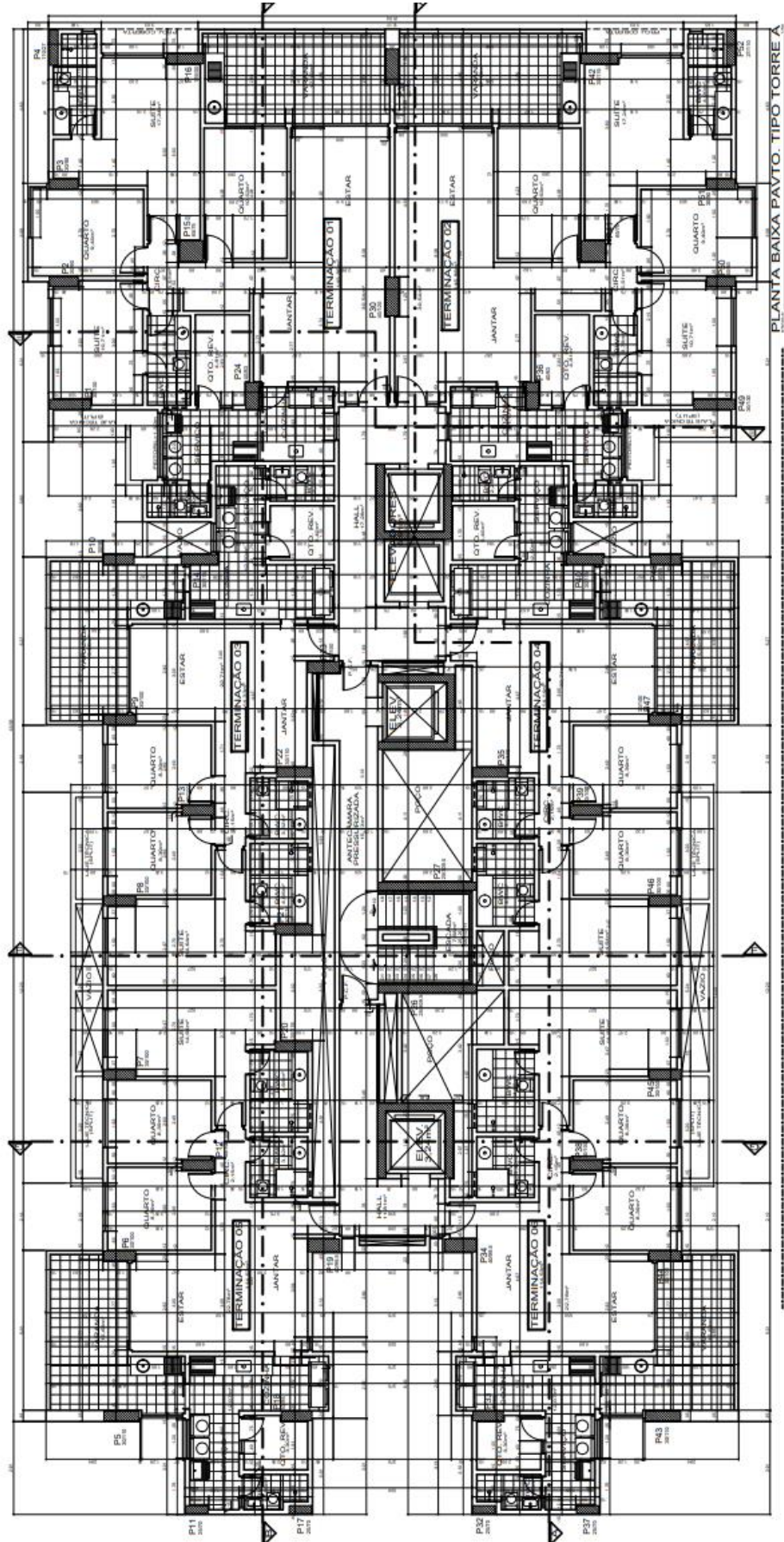
Anexo 3 . Planta do Pavimento Tipo do Empreendimento A3



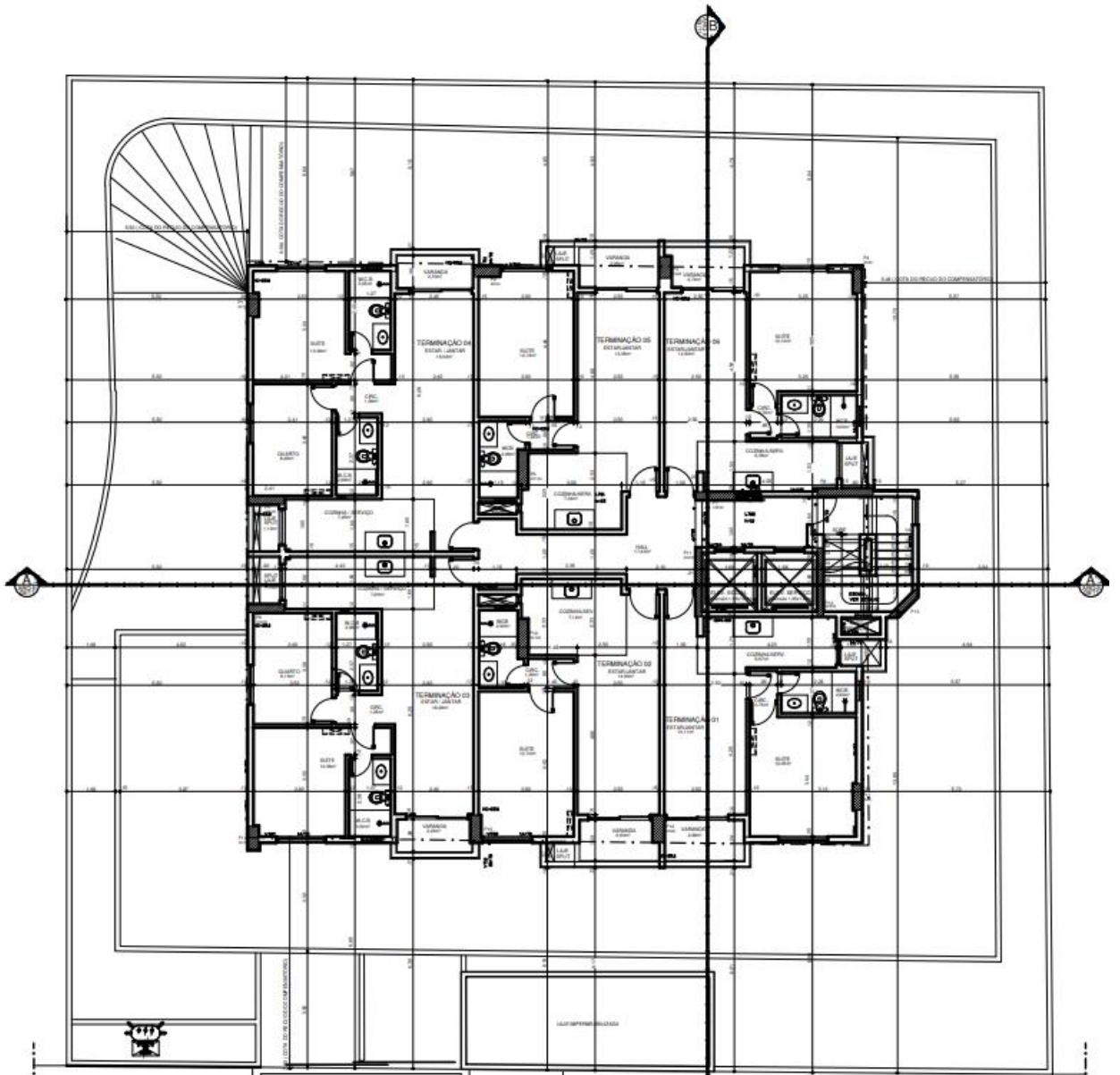
Anexo 4 . Planta do Pavimento Tipo do Empreendimento A4 . Torre A



Anexo 5. Planta do Pavimento Tipo do Empreendimento A4 . Torre B



Anexo 6 . Planta do Pavimento Tipo do Empreendimento A5



Anexo 7 . Planta do Pavimento Tipo do Empreendimento A6