

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**LIGIA ELEODORA FRANCOVIG RACHID**

**ANÁLISE DO CONSUMO DE MATERIAL ESTRUTURAL PELA  
ABORDAGEM DO PERFIL MODULAR**

Dissertação submetida ao Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Produção,  
para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Roberto de Oliveira, PhD.



UFSC-BU



**FLORIANÓPOLIS**  
1999

SC-00039912-5

AQUISIÇÃO POR DOAÇÃO  
DOADO POR \_\_\_\_\_

19 JUL. 1999

REGISTRO 0.303.513.7  
DATA DO REGISTRO 19.7.99

BU/DPT  
0.303.513-7

CETD  
UFSC  
PEPS  
0836  
SN. 2

RACHID, Ligia Eleodora Francovig. *Análise do consumo de material estrutural pela abordagem do perfil modular*. Florianópolis, 1999. 207p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.

Orientador: Roberto de Oliveira

Defesa: 02/99

O estudo do [perfil modular] propõe dimensões aliadas aos [índices de consumo] dos materiais estruturais que auxiliem os projetistas e orçamentistas uma maneira rápida e eficiente para estimar valores na fase de concepção dos projetos estruturais. A interface entre a estrutura e a construção é considerada relevante na [qualidade de projeto], auxiliando na sistematização dos procedimentos de produção e tomadas de decisões.

ces d



Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de “Mestre em Engenharia de Produção”, especialidade em Engenharia de Produção e aprovada em sua versão final pelo Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina.

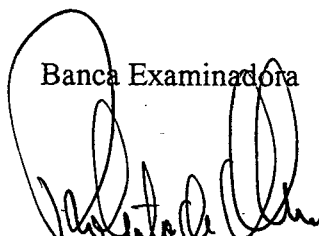


---

Prof. Ricardo Miranda Barcia

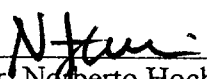
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

Banca Examinadora




---

Prof. Roberto de Oliveira, Ph D  
orientador



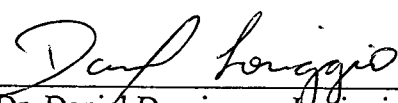
---

Prof. Dr. Norberto Hochheim



---

Prof. Dr. Antonio Cezar Bornia



---

Prof. Dr. Daniel Domingues Lofiggio

*Dedicado aos meus familiares e, em especial  
ao meu esposo Aziz e aos meus filhos Breno,  
Kalyl e Alex.*

“ A mudança é a única constante.”

Don Thomson

## AGRADECIMENTOS

Por DEUS dar às pessoas o que elas acreditam. Por DEUS ter-me permitido chegar até aqui!

Ao Prof. Roberto de Oliveira, pela amizade, dedicação, incentivo e orientação dispensada para este trabalho.

Aos meus pais, irmãos e cunhados pelo apoio e incentivos constantes.

À D.Haydée pelo carinho, dedicação, apoio e ajuda para relevar minhas ausências.

Um agradecimento em especial às amigas, Leila Cristina Meneghetti, Maria do Carmo Duarte de Freitas, Ana Verónica Paz y Miño que conviveram comigo as tensões, angústias e a valiosa contribuição na montagem desta pesquisa.

Aos amigos que sempre me incentivaram e estiveram presentes Arlene e Eduardo Muzzolon, Ingrid e Marcus Nunes e Marisa e Carlos Roberto Gonçalves.

Aos escritórios de cálculo estrutural e às empresas construtoras de Florianópolis, Cascavel e Curitiba por permitirem meu acesso aos seus trabalhos, com fornecimento de elementos para este estudo.

Aos amigos muito especiais Ana Maria e Ricardo Rocha de Oliveira pelas palavras de ânimo, apoio e contribuição para que eu percorresse este caminho.

Ao professor Luiz Fernando M. Heineck pelo incentivo e ajuda para que eu ingressasse no Programa de Pós-Graduação.

Ao amigo Eng. Paulo Afrânio Graffunder pelo apoio e contribuição na coleta e análise do material que foi alvo deste estudo.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	i
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	iii
<b>LISTA DE ABREVIATURAS</b> .....	iv
<b>RESUMO</b> .....	v
<b>ABSTRACT</b> .....	vi

## CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

<b><u>1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS</u></b> .....	<b>1</b>
<b><u>1.2. OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS</u></b> .....	<b>2</b>
1.2.1. OBJETIVO GERAL	2
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
<b><u>1.3. PROBLEMA DA PESQUISA</u></b> .....	<b>3</b>
<b><u>1.4. HIPÓTESES</u></b> .....	<b>3</b>
1.4.1. HIPÓTESE GERAL	3
1.4.2. HIPÓTESE DE TRABALHO	3
<b><u>1.5. LIMITAÇÕES DO TRABALHO</u></b> .....	<b>4</b>
<b><u>1.6. ESTRUTURA DO TRABALHO</u></b> .....	<b>5</b>

## CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

<b><u>2.1. INTRODUÇÃO</u></b> .....	<b>6</b>
<b><u>2.2. IMPORTÂNCIA DO PROJETO</u></b> .....	<b>6</b>
<b><u>2.3. SISTEMA DE INFORMAÇÃO – PAPEL FUNDAMENTAL NA QUALIDADE DE PROJETO</u></b> .....	<b>11</b>
<b><u>2.4. A PARTICIPAÇÃO DA ENGENHARIA SIMULTÂNEA PARA EVOLUÇÃO DOS DADOS COLETADOS</u></b> .....	<b>16</b>

<b>2.5. RELAÇÃO ENTRE A ARQUITETURA E A ESTRUTURA .....</b>	<b>23</b>
<b>2.6. INFORMAÇÕES PARA VIABILIZAR EMPREENDIMENTOS.....</b>	<b>28</b>
<b>2.7. SUMARIZAÇÃO .....</b>	<b>35</b>

### **CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA PROPOSTA**

<b>3.1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>37</b>
<b>3.2. CARACTERÍSTICAS DO MODELO PROPOSTO.....</b>	<b>39</b>
3.2.1. LEVANTAMENTO DE DADOS	40
<b>3.3. CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA.....</b>	<b>43</b>
3.3.1. FORMAÇÃO DOS QUADRILÁTEROS ESTRUTURAIS	44
3.3.2. FORMAÇÃO E EXEMPLOS DOS QUADROS	47
3.3.2.1. COM 4 PILARES	48
3.3.2.2. COM 4 PILARES E VIGA EM BALANÇO	49
3.3.2.3. COM FORMA GEOMÉTRICA IRREGULAR	50
3.3.2.4. COM COMPENSAÇÃO DE ÁREA	52
<b>3.4. LEVANTAMENTO DAS MEDIDAS DOS QUADRILÁTEROS ESTRUTURAIS ..</b>	<b>53</b>
<b>3.5. CÁLCULO DOS ÍNDICES PARA ESTIMATIVA DE CUSTOS .....</b>	<b>55</b>
<b>3.6. SUMARIZAÇÃO .....</b>	<b>56</b>

### **CAPÍTULO 4 – ANÁLISE DOS DADOS**

<b>4.1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>57</b>
<b>4.2. NECESSIDADE DA ANÁLISE.....</b>	<b>57</b>
<b>4.3. PERFIL MODULAR DOS EDIFÍCIOS.....</b>	<b>58</b>
4.3.1. ANÁLISE DE ACORDO COM OS NÚMEROS DE PAVIMENTOS.....	61
<b>4.4. ÍNDICES PARA CONSUMO DE CONCRETO E AÇO .....</b>	<b>65</b>
<b>4.5. CORRELAÇÃO ENTRE OS ÍNDICES <math>I_2</math> (kg/m<sup>3</sup>) E <math>I_4</math> (m<sup>2</sup>/un).....</b>	<b>68</b>
<b>4.6. ANÁLISE PARA OS ÍNDICES <math>I_2</math> (kg/m<sup>2</sup>) E <math>I_3</math> (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>).....</b>	<b>71</b>
<b>4.7. RELAÇÃO ENTRE AS ÁREAS E A MODULAÇÃO MÉDIA DOS PAVIMENTOS TIPO .....</b>	<b>74</b>
<b>4.8. RELAÇÃO ENTRE OS ÍNDICES E AS ÁREAS DOS QUADRILÁTEROS ESTRUTURAIS .....</b>	<b>85</b>

<b>4.9. RELACÃO ENTRE OS ÍNDICES <math>I_2</math> (kg/m<sup>3</sup>) E <math>I_4</math> (m<sup>2</sup>/un) DE TODOS OS EDIFÍCIOS DA AMOSTRA .....</b>	<b>87</b>
---	-----------

<b>4.10. ANÁLISE DOS ÍNDICES POR TIPOS DE MATERIAL PARA LAJE .....</b>	<b>88</b>
--	-----------

## **CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS**

<b>5.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS.....</b>	<b>93</b>
---------------------------------------	-----------

<b>HIPÓTESE GERAL .....</b>	<b>94</b>
-----------------------------	-----------

<b>HIPÓTESES DETRABALHO.....</b>	<b>94</b>
----------------------------------	-----------

<b>5.2. APLICABILIDADE DA METODOLOGIA PROPOSTA.....</b>	<b>96</b>
---	-----------

<b>5.3. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>97</b>
--	-----------

<b>5.3.1. FORMA DO EDIFÍCIO</b>	<b>97</b>
---------------------------------	-----------

<b>5.3.2. CONSUMO DE MATERIAIS</b>	<b>97</b>
------------------------------------	-----------

<b>5.3.3. DA PROPOSTA DESTE TRABALHO</b>	<b>98</b>
--	-----------

<b>5.4. RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS.....</b>	<b>99</b>
---	-----------

<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>100</b>
---------------------------------------	------------

<b>ANEXO 1.....</b>	<b>108</b>
---------------------	------------

<b>ANEXO 2.....</b>	<b>180</b>
---------------------	------------



## LISTA DE FIGURAS

---

### CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

<i>Figura 2.1 - Capacidade de influenciar custos ao longo do tempo (Fonte: Severth Jr. apud De Oliveira, 1994).....</i>	<i>7</i>
<i>Figura 2.2 - Capacidade de influenciar os custos ao longo do ciclo de vida do projeto (Fonte: Bureau of Engineering Research apud De Oliveira, 1994) .....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 2.3 Ciclo de vida de um produto (Fonte: Van der Mooren apud De Oliveira, 1994) .....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 2.4 Relacionamentos entre projetistas e usuários (Fonte: Cooper-Marcus apud De Oliveira 1994).....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 2.5 Medidas do sucesso da integração do sistema de informação (Fonte: Stylianou et al, 1996).....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 2.6 Relação do projeto com outras fases - modelo convencional e modelo simultâneo (Garza et all apud De Oliveira, 1997).....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 2.7 Modelo baseado na engenharia concorrente (Fonte: Stoll apud De Oliveira, 1994) .....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 2.8 Operacionalização da engenharia concorrente ou simultânea (Fonte: De Oliveira, 1997) .....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 2.9 Cadeia evolutiva de Gardner (Fonte: Gardner, 1997).....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 2.10 Eixos de equilíbrio para o projeto arquitetônico (Fonte: Santiago, 1997).....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 2.11 Modulação estrutural. (Fonte: Glasser, 1979) .....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 2.12 Esquema da formação do custo total de uma obra da construção civil (Fonte: Cabral, 1988) .....</i>	<i>29</i>

### CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA PROPOSTA

<i>Figura 3.1 - Etapas de desenvolvimento da metodologia.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 3.2 - Interesse dos projetistas pela pesquisa .....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 3.3 - Modulação do Edifício 2FM1.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 3.4 - Modulação do Edifício 10BM1.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 3.5 - Modulação do Edifício 4AP1 .....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 3.6 - Modulação do Edifício 2AP2 .....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 3.7 - Modulação do Edifício 18EM1.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 3.8 - Modulação do Edifício 28FM1.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 3.9 - Modulação do Edifício 12FM1.....</i>	<i>53</i>

### CAPÍTULO 4 – ANÁLISE DOS DADOS

<i>Figura 4.1 - Perfil modular dos Edifícios com 2 pavimentos .....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 4.2 - Perfil modular dos Edifícios com 3 pavimentos .....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 4.3 - Perfil modular dos Edifícios com 4 e 5 pavimentos.....</i>	<i>62</i>

<i>Figura 4.4 - Perfil modular dos Edifícios com 6 e 7 pavimentos.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 4.5 - Perfil modular dos Edifícios com 8 e 9 pavimentos.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 4.6 - Perfil modular dos Edifícios com 10 a 15 pavimentos.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 4.7 - Perfil modular dos Edifícios com mais de 15 pavimentos.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 4.8 - Relação entre os índices <math>I_2</math> e <math>I_4</math> - edifícios de 2 pavimentos tipo.....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 4.9 - Relação entre os índices <math>I_2</math> e <math>I_4</math> - edifícios de 3 pavimentos tipo.....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 4.10 - Relação entre os índices <math>I_2</math> e <math>I_4</math> - edifícios de 4 e 5 pavimentos.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 4.11 - Relação entre os índices <math>I_2</math> e <math>I_4</math> - edifícios de 6 e 7 pavimentos.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 4.12 - Relação entre os índices <math>I_2</math> e <math>I_4</math> - edifícios de 8 e 9 pavimentos.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 4.13 - Relação entre os índices <math>I_2</math> e <math>I_4</math> - os edifícios de 10 a 15 pavimentos.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 4.14 - Relação entre os índices <math>I_2</math> e <math>I_4</math> - edifícios com mais de 15 pavimentos.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 4.15 - Relação entre as áreas e a modulação média - edifícios com área de 130 a 200m<sup>2</sup> - 1º grupo.....</i>	<i>77</i>
<i>Figura 4.16 - Relação entre <math>I_2</math> e <math>I_4</math> - edifícios com área de 130 a 200m<sup>2</sup> - 1º grupo.....</i>	<i>78</i>
<i>Figura 4.17 - Relação entre as áreas e a modulação média - edifícios com área de 210 a 260m<sup>2</sup> - 2º grupo.....</i>	<i>78</i>
<i>Figura 4.18 - Relação entre <math>I_2</math> e <math>I_4</math> - edifícios com área de 210 a 260m<sup>2</sup> - 2º grupo.....</i>	<i>79</i>
<i>Figura 4.19 - Relação entre as áreas e a modulação média - edifícios com área de 270 a 300m<sup>2</sup> - 3º grupo.....</i>	<i>79</i>
<i>Figura 4.20 - Relação entre <math>I_2</math> e <math>I_4</math> - edifícios com área de 270 a 300m<sup>2</sup> - 3º grupo.....</i>	<i>80</i>
<i>Figura 4.21 - Relação entre as áreas e a modulação média - edifícios com área de 300 a 350m<sup>2</sup> - 4º grupo.....</i>	<i>80</i>
<i>Figura 4.22 - Relação entre <math>I_2</math> e <math>I_4</math> - edifícios com área de 300 a 350m<sup>2</sup> - 4º grupo.....</i>	<i>81</i>
<i>Figura 4.23 - Relação entre as áreas e a modulação média - edifícios com área de 355 a 400m<sup>2</sup> - 5º grupo.....</i>	<i>81</i>
<i>Figura 4.24 - Relação entre <math>I_2</math> e <math>I_4</math> - edifícios com área de 355 a 400m<sup>2</sup> - 5º grupo.....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 4.25 - Relação entre as áreas e a modulação média - edifícios com área de 400 a 450m<sup>2</sup> - 6º grupo.....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 4.26 - Relação entre <math>I_2</math> e <math>I_4</math> - edifícios com área de 400 a 450m<sup>2</sup> - 6º grupo.....</i>	<i>83</i>
<i>Figura 4.27 - Relação entre as áreas e a modulação média - edifícios com área de 450 a 620m<sup>2</sup> - 7º grupo.....</i>	<i>83</i>
<i>Figura 4.28 - Relação entre <math>I_2</math> e <math>I_4</math> - edifícios com área de 450 a 620m<sup>2</sup> - 7º grupo.....</i>	<i>84</i>
<i>Figura 4.29 - Relação entre a <math>M_{mp}</math> e o índice <math>I_1</math>.....</i>	<i>86</i>
<i>Figura 4.30 - Relação entre <math>M_{mp}</math> e o índice <math>I_3</math>.....</i>	<i>86</i>
<i>Figura 4.31 - Relação entre <math>I_2</math> e <math>I_4</math> por números de pavimentos tipo.....</i>	<i>87</i>
<i>Figura 4.32 - Relação entre os índices <math>I_2</math> e <math>I_4</math> - edifícios com laje pré-moldada.....</i>	<i>89</i>
<i>Figura 4.33 - Relação entre os índices <math>I_2</math> e <math>I_4</math> - edifícios com laje nervurada.....</i>	<i>90</i>
<i>Figura 4.34 - Relação para os índices <math>I_2</math> e <math>I_4</math> - edifícios com laje maciça.....</i>	<i>92</i>

## LISTA DE TABELAS

---

### CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

<i>Tabela 2.1 - Consumo dos principais materiais com as respectivas lajes. (Fonte: Nappi, 1994).....</i>	<i>34</i>
--	-----------

### CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA PROPOSTA

<i>Tabela 3.1 - Origens dos projetos estruturais da amostra .....</i>	<i>41</i>
<i>Tabela 3.2 - Classificação dos grupos por número de pavimentos.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabela 3.3 - Levantamento das medidas dos quadriláteros estruturais .....</i>	<i>54</i>
<i>Tabela 3.4 - Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 12FM1.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabela 3.5 - Índices técnicos para consumo de concreto e aço .....</i>	<i>56</i>

### CAPÍTULO 4 – ANÁLISE DOS DADOS

<i>Tabela 4.1 - Perfil modular dos edifícios .....</i>	<i>59</i>
<i>Tabela 4.2 - Índices de consumo de concreto e aço.....</i>	<i>67</i>
<i>Tabela 4.3 - Variação dos índices <math>I_2</math> e <math>I_3</math> de acordo com os números de pavimentos.....</i>	<i>72</i>
<i>Tabela 4.4 - Variação dos índices <math>I_2</math> e <math>I_3</math> por faixa de área crescente.....</i>	<i>76</i>
<i>Tabela 4.5 - Índices de consumo de concreto e aço - edifícios com laje pré-moldada.....</i>	<i>88</i>
<i>Tabela 4.6 - Índices de consumo de concreto e aço - edifícios com laje nervurada .....</i>	<i>90</i>
<i>Tabela 4.7 - Índices de consumo de concreto e aço - edifícios com laje maciça .....</i>	<i>91</i>

## LISTA DE ABREVIATURAS

---

Curva ABC	Classificação dos insumos de orçamentação
ABC	Activity-Based Costing
$a_m$	Menor medida do quadrilátero estrutural
$b_m$	Maior medida do quadrilátero estrutural
$A_m$	Área de influência média
$A_{pt}$	Área do pavimento tipo
$nP$	Número de pilares
$i$	Quantidade das medidas dos quadriláteros estruturais
$M_{mp}$	Modulação média dos quadriláteros estruturais
$C$	Concreto
$A$	Aço
$I_1$	Índice 1, relação entre a quantidade de aço e a área dos quadriláteros
$I_2$	Índice 2, relação entre quantidade de aço e o volume de concreto
$I_3$	Índice 3, relação entre o volume de concreto e a área dos quadriláteros
$I_4$	Índice 4, relação entre área dos quadriláteros e o número de pilares.

## RESUMO

As empresas de construção civil e os profissionais que atuam neste setor têm em seu poder uma variedade de conhecimentos que podem contribuir para estimativa de consumo de materiais, de forma relevante na fase da concepção de projetos. Contudo, é preciso que estas pessoas envolvidas percebam a importância dos projetos já que estes influenciam nos custos ao longo do ciclo de vida do empreendimento.

A variabilidade dos custos estruturais influencia no custo total dos edifícios sem considerar as diversas interfaces oriundas da qualidade de projeto. Atualmente para minimizar estas variações questionam-se os processos construtivos, materiais utilizados, mão-de-obra disponível, a tipologia dos edifícios para se obter parâmetros visando melhor relação custo-benefício.

Estabelecer indicativos de consumo de concreto e aço baseado no perfil modular é a metodologia proposta neste trabalho, pela identificação e confrontação de projetos estruturais. Perfil modular exprime a frequência com que os diversos painéis estruturais, expressos como quadriláteros estruturais, aparecem em um pavimento. Através do perfil modular pode-se observar as diferenças e a variação dos módulos que os quadriláteros estruturais propiciam, aliando a isto o consumo de materiais estruturais. Entende-se por quadrilátero estrutural uma figura geométrica composta de quatro lados.

As análises das áreas das modulações e os índices são utilizados para as comparações dos projetos atuais e podem dar suporte para estimativas de custos e na tomada de decisão na fase de concepção de novos projetos.

Como resultado deste trabalho, as hipóteses de que a modulação próxima de um quadrado é a que apresenta menor custo e que os índices são explicados pela forma geométrica dos edifícios não foram confirmadas, porém pode-se afirmar que a quantidade de pilares independe da área estruturada e os índices de consumo de materiais não são diretamente proporcionais à altura dos edifícios.

Finalmente, os resultados apresentados evidenciam que se há muita informação, porém estão mal organizadas, o processamento destas será difícil.

## ABSTRACT

Construction firms and their professionals have a variety of knowledge that may contribute to consumption materials estimate at the project's conception phase. However, persons involved need to perceive the importance of design's cost influence in relation to project's life cycle.

Structural costs variability influences building final cost without considering several interfaces that come from design quality. Nowadays, to minimize those deviations it is questioned constructive processes, construction materials, available skills, building types to achieve parameters aiming at better cost-benefit ratio.

This work proposes to establish relationships between concrete and steel based on modular profile by characterizing and matching structural designs. Modular profile sets forth the frequency in which structural bays, defined as structural quadrilaterals, appear in a pavement. By using modular profile, one can observe modular differences and variations that those structural quadrilaterals fetch by linking it to structural material consumption. Structural quadrilateral is understood as a geometric figure with four sides.

Modulation areas and indexes analysis are used to compare blueprints and may support to cost estimate and decision make at conceptual phase of new designs.

As a result, hypothesis such as (a) modulation near a square means lower structural costs and (b) indexes can be explained by building geometric form were not confirmed but it was also discovered that (c) the amount of columns is dependent of structural area and (d) the material consumption indexes are not directly proportional to building height.

Finally, the results also show there is too much information, however it is badly organized, therefore very difficult to processed it.

# **CAPÍTULO 1**

## **INTRODUÇÃO**

### **1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

As condições no ambiente da construção civil têm mudado constantemente e com elas a maneira das empresas para atender as necessidades e desejos das pessoas e da sociedade. A construção civil é um setor tradicionalmente sensível ao ritmo da economia onde a necessidade de atender com rapidez e adquirir uma vantagem competitiva são vitais para as empresas. Na medida que a velocidade de mudanças se acentua é necessário buscar novas adaptações aos novos desafios e oportunidades.

Para se consolidar neste ambiente competitivo as empresas buscam e tentam estratégias ou abordagens gerenciais para enfrentar estes novos tempos. Uma das áreas que oferecem subsídios para esta busca é a do projeto; segundo a literatura específica abrange desde a formulação dos empreendimentos até a assistência ao usuário na pós-entrega.

A etapa de projeto tem sido apontada por pesquisadores como responsável principal pelo desempenho da edificação. No entanto, percebe-se a existência de dificuldades que condicionam e restringem o próprio processo de projeto. Uma das dificuldades está localizada na etapa da superestrutura do edifício pela falta de informação precisa por parte dos projetistas estruturais e, por conseguinte, os orçamentistas fazem considerações errôneas ou incompletas.

O custo mínimo possível de produção de uma peça ou um produto é estabelecido originalmente pelo projetista porque é ele quem determina as características do produto na fase de projeto. O mais hábil dos engenheiros na fase de execução não pode mudar esta situação, como, por exemplo a de tornar mínimo o custo de produção. Qualquer informação básica que se tenha para a fase de concepção dos projetos será de grande utilidade, por exemplo, para os projetos estruturais quando se conhece qual a melhor modulação estrutural relacionada com os índices de consumo de aço e concreto. Atentando para esta informação determina-se quais os tamanhos de painéis que serão viáveis para o empreendimento.

A superestrutura por si só é um dos itens mais caros na construção de um edifício e existe pouca explicação técnica para a formação destes custos mesmo dentro do próprio setor de cálculo estrutural. Desta forma propõe-se uma metodologia que avalie as soluções adotadas na concepção do projeto, associando os tamanhos dos painéis estruturais aos índices consumos de aço e concreto. Assim estabelecer um tamanho para painéis com seus respectivos consumos que sirva de parâmetro aos projetistas e orçamentistas na fase de viabilidade técnica dos empreendimentos.

## **1.2. OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS**

### **1.2.1. OBJETIVO GERAL**

Desenvolver uma metodologia baseada na modulação estrutural que forneça aos projetistas estruturais e aos orçamentistas um índice para quantidade de concreto e aço na fase de concepção do projeto.

### **1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Iniciar bibliografia técnica no assunto como interface entre estrutura e construção.
- Estabelecer indicativos de consumo de concreto e aço baseado na modulação estrutural;
- Identificar projetos estruturais para levantamento na prática do consumo de concreto e aço;



- Propor uma metodologia baseada na modulação do quadrilátero estrutural associada aos índices de consumo de concreto e aço;
- Confrontar a metodologia proposta com o consumo de concreto e aço.

### **1.3. PROBLEMA DA PESQUISA**

Qual o custo estrutural no estágio de projeto que mais se aproxima do custo real em relação a modulação estrutural?

### **1.4. HIPÓTESES**

#### **1.4.1. HIPÓTESE GERAL**

A modulação estrutural próxima de um quadrado é a que tem menor custo.

#### **1.4.2. HIPÓTESES DE TRABALHO**

- Estruturas de edifícios com muitas vigas em balanço tem custo maior;
- As variações dos índices para o concreto e aço podem ser explicados pelas características geométricas do edifício;
- A quantidade de pilares do pavimento tipo independe da área estruturada;
- Os índices não são diretamente proporcionais à altura dos edifícios, exceto pelos pilares.

## 1.5. LIMITAÇÕES DO TRABALHO

Este trabalho foi executado a partir de projetos estruturais de uma amostra de 53 edifícios residenciais, de 2 a 28 pavimentos tipo e área estruturada de 60 m<sup>2</sup> a 620m<sup>2</sup>. As áreas totais variaram de 190 a 13.900 m<sup>2</sup>. Os projetos da amostra são de autoria de diversos projetistas estruturais. Para coletar as amostras entrou-se em contato com os calculistas mais conhecidos e organizados, visto que se tem conhecimento que esta área é muito pressionada pelas empresas, que solicitam os cálculos das edificações em curto espaço de tempo para iniciar as obras. Por conseguinte os arquivos dos projetos finalizados, destes profissionais, nem sempre estão organizados, sendo de difícil acesso a coleta de dados para os estudos.

O estudo está limitado na superestrutura do pavimento tipo do edifício; portanto as fundações estão fora do escopo porque as variações são muitas e decorrem da variabilidade do terreno. Os pavimentos do subsolo, térreo, ático, dúplex, cobertura caixa d'água e cisterna não estão sendo considerados para esta análise.

O estudo dos elementos do pavimento tipo considerados são as lajes, pilares e vigas, embora, a laje, isoladamente, tenha sido, tema de outros trabalhos. Somente os materiais estruturais tais como concreto e aço são considerados; a fôrma e a mão-de-obra estão excluídas deste trabalho.

Quando da classificação dos projetos, não serão considerados as soluções e os critérios de carregamento estruturais adotados. O que se pretende é o custo da estrutura ( no caso o aço e o concreto) e não o custo de fazer ou projetar a estrutura. Não se consideraram quais hipóteses de cálculo, modo de calcular (manual ou informatizado), tipo de software, efeito do vento, tipo de terreno.

## 1.6. ESTRUTURA DO TRABALHO

O desenvolvimento deste trabalho está dividido em cinco capítulos.

O primeiro capítulo introduz o assunto, as suas generalidades e limitações enfocando os elementos que possibilitam uma melhor compreensão do assunto, baseado em bibliografia específica e em experiência pessoal. É abordado inicialmente os problemas que detém a atenção das empresas, principalmente as de construção civil. Salientando que para manter a vantagem competitiva estas empresas devem ter como uma das estratégias a informação para tomada de decisão num curto espaço de tempo. Em seguida são apresentados os objetivos da pesquisa, hipótese de trabalho e as limitações do tema.

O segundo capítulo aborda o impacto do projeto nas fases subsequentes da obra, os conceitos de sistema de informação, filosofias do empreendimento, a participação de cada serviço no custo total da obra com a utilização da curva ABC, de forma que estabeleça e forneça indicativos para o embasamento da metodologia proposta e as análises de dados.

No terceiro capítulo está proposta a metodologia com um detalhamento do que é considerado, as dificuldades para coleta das amostras, do que é composta a amostra, os dados que foram levantados e de que forma serão utilizados.

A análise dos dados é feita no quarto capítulo através de programa estatístico e está dividido em :

- Análise do perfil modular dos edifícios;
- Índices para consumo de concreto e aço;
- Correlação entre os índices  $I_2$  e  $I_4$ ; sendo  $I_2$  a relação a quantidade de aço e o volume de concreto e  $I_4$  é a relação entre a área estruturada e a quantidade de pilares de um pavimento tipo;
- Relação entre as áreas e a modulação média dos pavimentos tipo;
- Relação entre os índices e as áreas dos quadriláteros estruturais;
- Relação entre os índices  $I_2$  e  $I_4$  de todos os edifícios da amostra.

As conclusões finais e sugestões para trabalhos futuros estão apresentadas no quinto e último capítulo.

## **CAPÍTULO 2**

### **REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **2.1. INTRODUÇÃO**

Este capítulo trata inicialmente da importância do projeto como uma maneira das empresas obterem vantagens competitivas, depois trata de sistema de informação para as empresas de construção civil manterem o registro de seus sistemas construtivos e técnicos, bem como soluções adotadas para seus empreendimentos buscando assim uma caracterização de suas obras. Depois se examina engenharia simultânea como interação entre os participantes do processo e integração entre os projetos. Os conceitos de modulação sob ponto de vista arquitetônico e industrial.

Finalmente, orçamentação como previsão de custos das atividades futuras e participação dos insumos da estrutura na curva ABC.

#### **2.2. IMPORTÂNCIA DO PROJETO**

Os profissionais precisam perceber a importância da sistemática do processo de projeto. A importância deste reconhecimento serve para visualizar o mesmo evento sob diferentes perspectivas e com isso atribuir diferentes significados para este evento. KIRBY (1996) descreve a concepção, a vida e finalmente olha-se a morte de um projeto de informação, destacando que o fracasso por parte da corporação e do gerenciamento do projeto no reconhecimento destas percepções, levam a morte um sistema. Pelo reconhecimento da existência desta perspectiva alternativa, os gerentes devem ser capazes de orientar o interesse das pessoas, antes que as expectativas aumentem em uma proporção que comprometa o sucesso do projeto.

O projeto é apontado por MELHADO (1994) como o principal responsável por inadequações tanto de ordem técnica, como econômica, enfatizando que o projeto é responsável pelo desenvolvimento, organização, registro e transmissão das características físicas e tecnológicas especificadas para uma obra a serem consideradas na fase de execução. MELHADO (1994) reforça que apesar da identificação do problema poucos são os casos de sistematização das normas, manuais, especificações técnicas para auxiliar no desenvolvimento dos projetos.

O projeto é o estágio do empreendimento que causa maior impacto em todo ciclo de vida de um produto ou na construção. Todas as decisões tomadas na fase de projeto têm um grande impacto na construção, pois significa que há maior comprometimento de custos e de satisfação dos usuários. A inserção do usuário na fase inicial do projeto habitacional promoverá uma estratégia a longo prazo, sendo que as suas constantes observações e comparações que permitirão, de certo modo, que sejam feitas projeções de suas tendências (DE OLIVEIRA, 1994). O comprometimento do projeto nas várias fases é ilustrado a seguir.

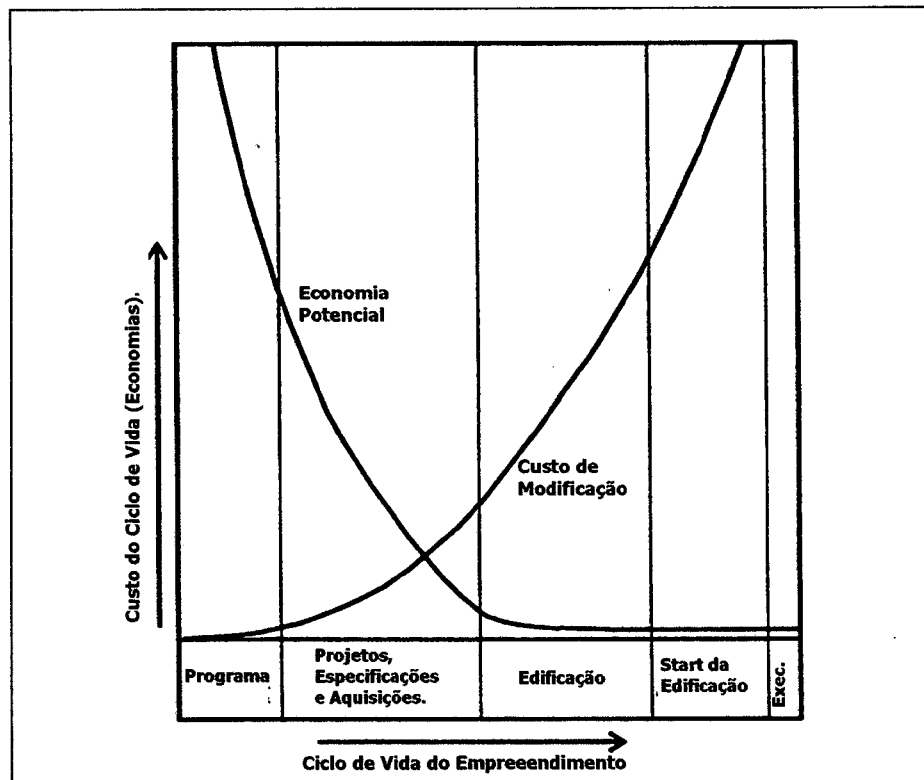


Figura 2.1 - Capacidade de influenciar custos ao longo do tempo (Fonte: Sieverth Jr. apud De Oliveira, 1994)

A Figura 2.1 apresenta a capacidade de influenciar custos ao longo do tempo, as economias potenciais na fase do programa são máximas, enquanto o custo para modificação é mínimo. O comportamento destas curvas modifica-se muito do início ao final do projeto. Ao se iniciar uma construção a economia potencial é desprezível, porém o custo para modificações passa a ser representativo (SIEVERT JR apud DE OLIVEIRA, 1994).

Uma interpretação similar pode ser observada na Figura 2.2, que mostra a capacidade de influenciar no custo durante o ciclo de vida de um empreendimento.

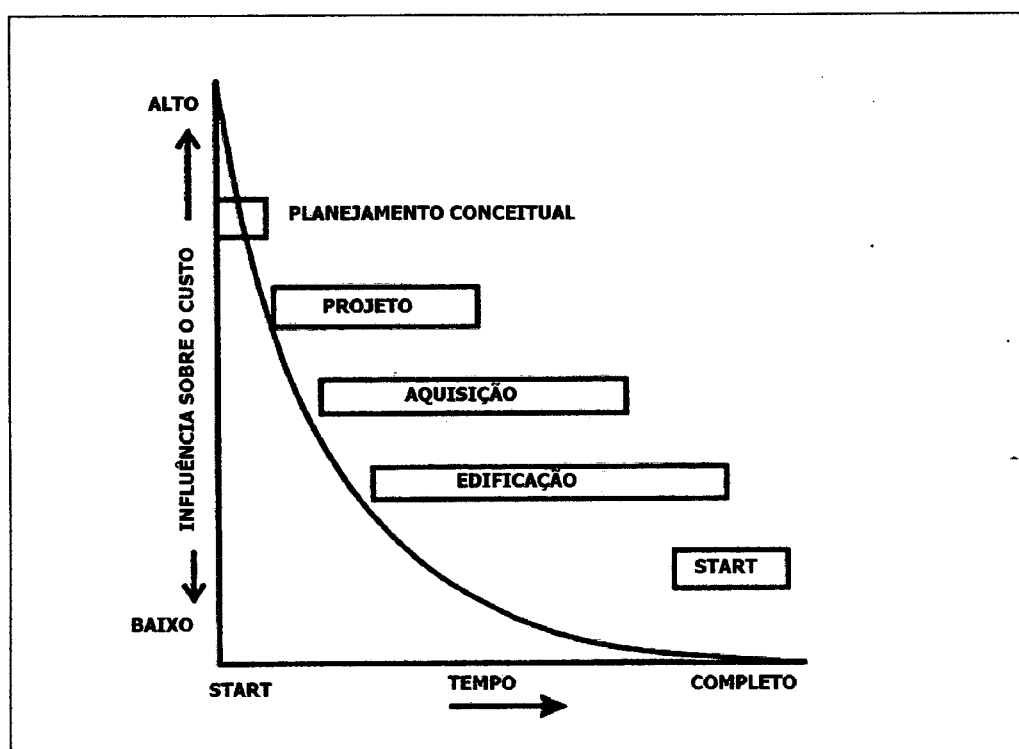


Figura 2.2 - Capacidade de influenciar os custos ao longo do ciclo de vida do projeto (Fonte: Bureau of Engineering Research apud De Oliveira, 1994)

A visão mais completa do ciclo de vida de um produto apresentado na Figura 2.3 mostra as diversas fases do processo e seus custos cumulativos. VAN DER MOOREN apud DE OLIVEIRA, 1994 considera que na fase conceitual estão efetivamente investidos 5% do valor global da construção com projetos, contudo os custos estão comprometidos em 60%.

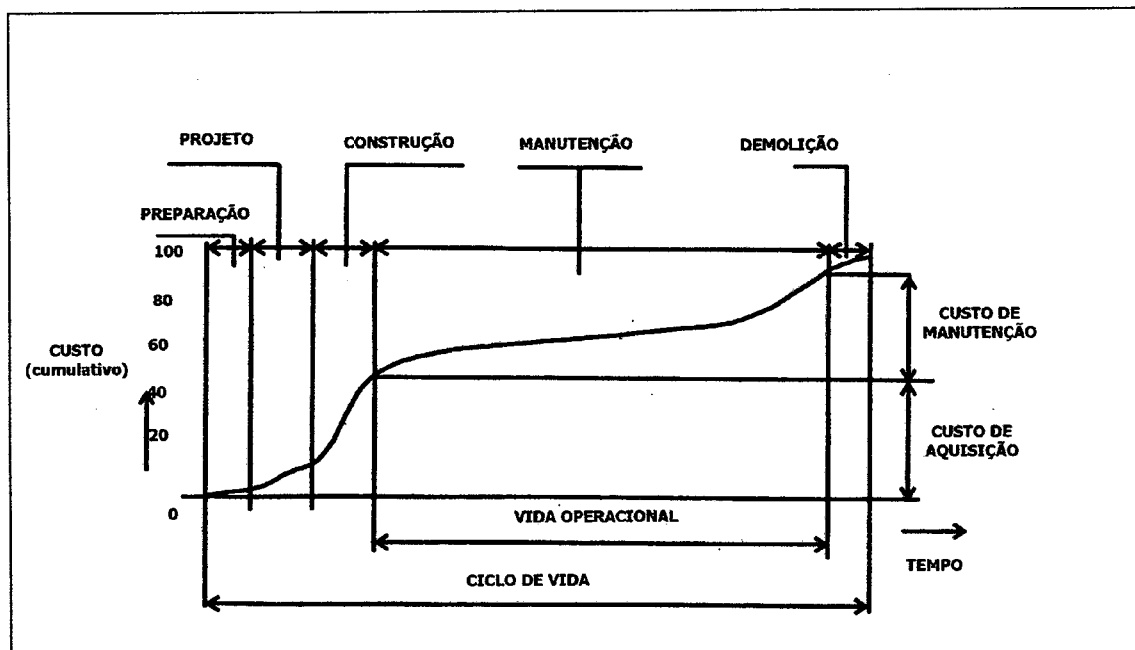


Figura 2.3 Ciclo de vida de um produto (Fonte: Van der Mooren apud De Oliveira, 1994)

NOVAES (1995) observa que as empresas sentem a necessidade de aprimorar os processos de elaboração dos documentos porém há uma preocupação sobre o que deve ser registrado e de que forma porque os níveis de entendimento são diferenciados.

SILVA (1995) menciona que na fase de desenvolvimento do produto devem ser identificadas as necessidades dos clientes, em função do desempenho dos mesmos, incluindo o desempenho econômico caracterizando desta forma uma qualidade de solução de projeto. Esta qualidade de solução refere-se ao conjunto de resultados de concepção espacial e funcional, desempenho técnico-econômico, às especificações técnicas e as relações econômicas entre os custos iniciais até custos ao longo da vida útil do projeto. A autora se baseia nos tópicos apresentados por PICCHI (1993) sobre metodologia de gestão da qualidade e desenvolve a metodologia proposta.

SOUZA et all (1997) destacam que o projeto é um meio importante para obtenção de bons serviços e edifícios. No entanto destaca a necessidade de se criarem equipes de projetos que estejam integradas e coordenadas com nível de informação adequado para elaboração de projetos.

PORTER (1989) observa que algumas empresas, na busca de vantagem competitiva, apresentam ao longo dos anos resultados uma melhores do que outras; esta vantagem competitiva decorre da implementação de ações que a empresa executa no projeto, execução e comercialização.

Desta forma, é importante para existência de projetos adequadamente elaborados a inserção de certas medidas como estimativa rápida de custos e soluções otimizadas para os projetos, ocasionando desta maneira maior rentabilidade. Assim, segundo autores acima, isto significa investir mais no processo de projeto.

BARROS (1998) comenta que o processo de projeto não é o ideal nas empresas de construção civil porque na maioria dos casos quem define o produto é o departamento comercial que raramente possui os procedimentos para a fase de concepção do projeto. As diretrizes são repassadas aos projetistas que através de sua experiência analisam as definições do produto, porém sem uma sistematização para desenvolvimento do projeto.

Segundo NOVAES (1995), as empresas de construção civil estão muito preocupadas em elevar seus índices de produção como forma de se manterem mais competitivas. Para se diferenciarem as empresas têm feito implantações de inovações nas técnicas e nos métodos construtivos. Porém, elas têm percebido a importância da fase de projetos para alcançar as metas estabelecidas.

SCHMITT (1998) menciona que no desenvolvimento dos projetos a falta de integração entre os dados e a dificuldade de comunicação entre os profissionais são aspectos importantes e que precisam ser considerados. Os conflitos entre os projetistas, arquitetos e engenheiros devem ser resolvidos.

O processo envolve muitos profissionais e suas especialidades são diferentes, assim ocorrem dificuldades de comunicação em saber o que interessa a cada pessoa com uma linguagem acessível. É preciso um sistema que administre esta quantidade de informação.



### **2.3. SISTEMA DE INFORMAÇÃO – PAPEL FUNDAMENTAL NA QUALIDADE DE PROJETO**

O sistema de informação está modificando a forma como as empresas desenvolvem seus produtos e os seus serviços para ter maior valor agregado para os clientes, diferenciação e baixo custo. Isto exige um esforço concentrado dos funcionários da empresa; e acompanhamento da coleta de dados sob pena de não se obter sucesso se um dos itens não for considerado (PORTER & MILLAR, 1985).

KEMENY (1980) investigou um acidente em uma estação nuclear e concluiu que as pessoas que ali trabalhavam não tinham nenhuma sistemática para aprender com a experiência. KETTL (1993) considera que para aprender, as pessoas precisam superar as dificuldades e assim resolver um problema rapidamente com um baixo custo. Como as pessoas, as organizações também podem aprender. Para isto é necessário uma comunicação efetiva. Aprender é um processo baseado na informação e isto implica em comunicar. No entanto, a comunicação em organizações é problemática, pois existem predisposições, distorções ou condensação que prejudicam o processo de comunicação.

Os limites de trabalho intelectual (técnico, científico e tecnológico) da organização são as situações cruciais para aprendizagem e esta depende do gerenciamento de informações. Informação precisa de áreas externas é vital para o processo de inovações da empresa a despeito de sua dificuldade em implementar (KETTL, 1993).

Uma organização precisa de um sistema de informação para lidar com o meio ambiente para auxiliar os executivos a compreender o que ocorre a sua volta. Até que se perceba o que está acontecendo, os julgamentos e as decisões serão imperfeitos, distorcidos, incompletos ou imprecisos. Já que uma organização é um sistema que recebe influências do meio ambiente, ela necessita de um sistema de informação abrangendo todos os envolvidos. Muitas vezes o sistema de informação básico da maioria das empresas é a contabilidade financeira. Ela lida com coisas mensuráveis e não com problemas e desafios das pessoas (COVEY, 1991).

A indústria da construção civil está passando por mudanças nos seus setores internos e também no relacionamento entre construtores e projetistas; antes era um relacionamento de adversários. Atualmente há uma tendência de busca de parceria, onde a preocupação com a qualidade de projetos, construção com segurança, prazo de entrega das obras, enfim como adquirir uma vantagem competitiva. O projeto se constitui na construção civil o concentrador de todas as informações para completar o produto habitação (MOURA e DE OLIVEIRA, 1998).

O trabalho de ROSSETTO (1998) mostra que a construção civil é uma indústria que recebe muita influência das políticas governamentais e seu processo construtivo é característica marcante deste setor. Com esta diferenciação das demais os diretores das empresas de construção civil estabelecem estratégias ocasionadas por imposições externas à empresa para continuarem existindo no mercado. E avalia que para as tomadas de decisões os empresários contam com sua experiência, o estilo empreendedor e a convicção da existência de um nicho no mercado. O campo organizacional é avaliado segundo sua crença, valores e ideologia, portanto, de modo marcadamente subjetivo.

COVEY (1991) comenta que as empresas para sobreviver precisam adquirir uma vantagem competitiva e isto ocorre a longo prazo. Através das informações obtidas a tendência é fazer uso dela e assim tem-se o poder de uma vontade coletiva para se conseguir atingir os objetivos de uma empresa que é o produto com qualidade e com lucro. O problema da informação é que precisa ser entendido entre as partes comunicantes.

O comportamento na maioria dos gerentes é um obstáculo ao bom fluxo de informação. Eles preferem agir baseado na intuição, impulso, experiência do que melhorar seus sistemas de informação. Através de uma pesquisa sobre medição efetuada por SINK e TUTTLE (1993), constataram que na construção civil este comportamento dos gerentes é muito forte se comparado com outros ramos da indústria.

Há um grande problema de disseminação das informações com as pessoas que tem o mesmo nível de estudo, falam a mesma língua e tem o mesmo nível de conhecimento, elas não conseguem se entender, parece que estão falando de diversos assuntos ao mesmo tempo (TAKAYANAGI, 1997).

O problema se agrava quando estas pessoas são especialistas em áreas de conhecimento diferentes como o são os diversos projetistas, no setor da construção. Têm-se o projetista arquitetônico, o estrutural, o hidrossanitário, o elétrico, o ar condicionado, o prevenção contra incêndio, por exemplo.

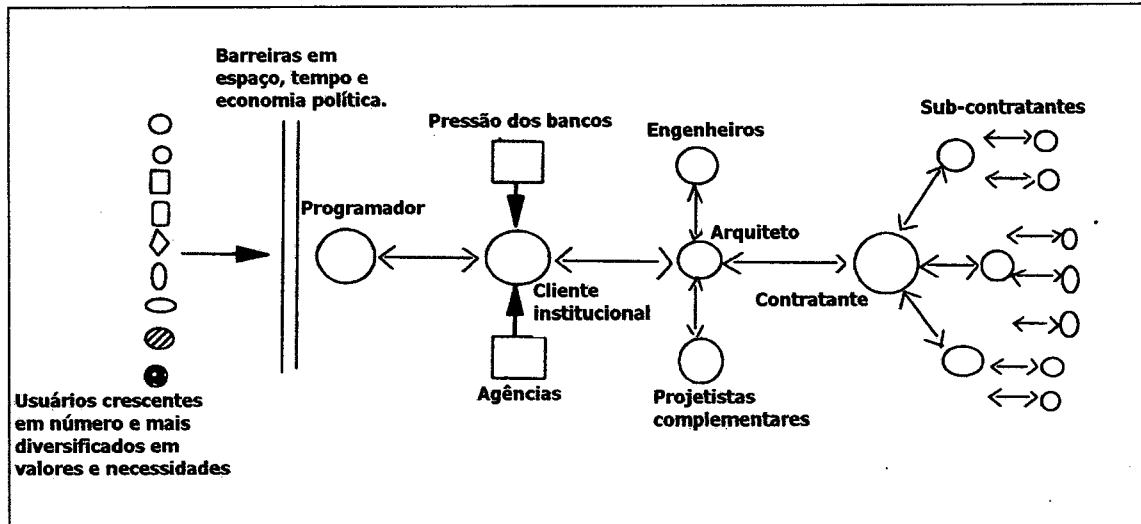


Figura 2.4 Relacionamentos entre projetistas e usuários (Fonte: Cooper-Marcus apud De Oliveira 1994)

DE OLIVEIRA (1994) menciona que a execução da habitação é complexa devido ao aparecimento de novos materiais e as necessidades crescentes e em constante mutação dos usuários. Atualmente o que se tem é um cliente mais exigente com necessidades complexas e que procura por produtos com qualidade e com menor custo. Ocorreu também a profissionalização entre o projeto e a construção, a nível de processo, causada pela revolução industrial do século passado. Há um afastamento entre o usuário e o arquiteto, muito maior do engenheiro e dos projetistas, conforme é apresentado na Figura 2.4.

Com isto a informação vinda do programador para o cliente é distorcida e submetida a vários condicionantes como prefeituras, instituições ambientais, pressão dos bancos até chegar ao projetista. Isto causa a impossibilidade da interação dos envolvidos no projeto e a satisfação das necessidades dos clientes podendo ocasionar falhas na fase de execução.

STYLIANOU et all (1996) propõem um modelo de avaliação empírica para avaliar o sucesso da integração de um sistema de informação na integração das organizações. Segundo os autores baseado em laudos na literatura corrente apresentado na Figura 2.5.

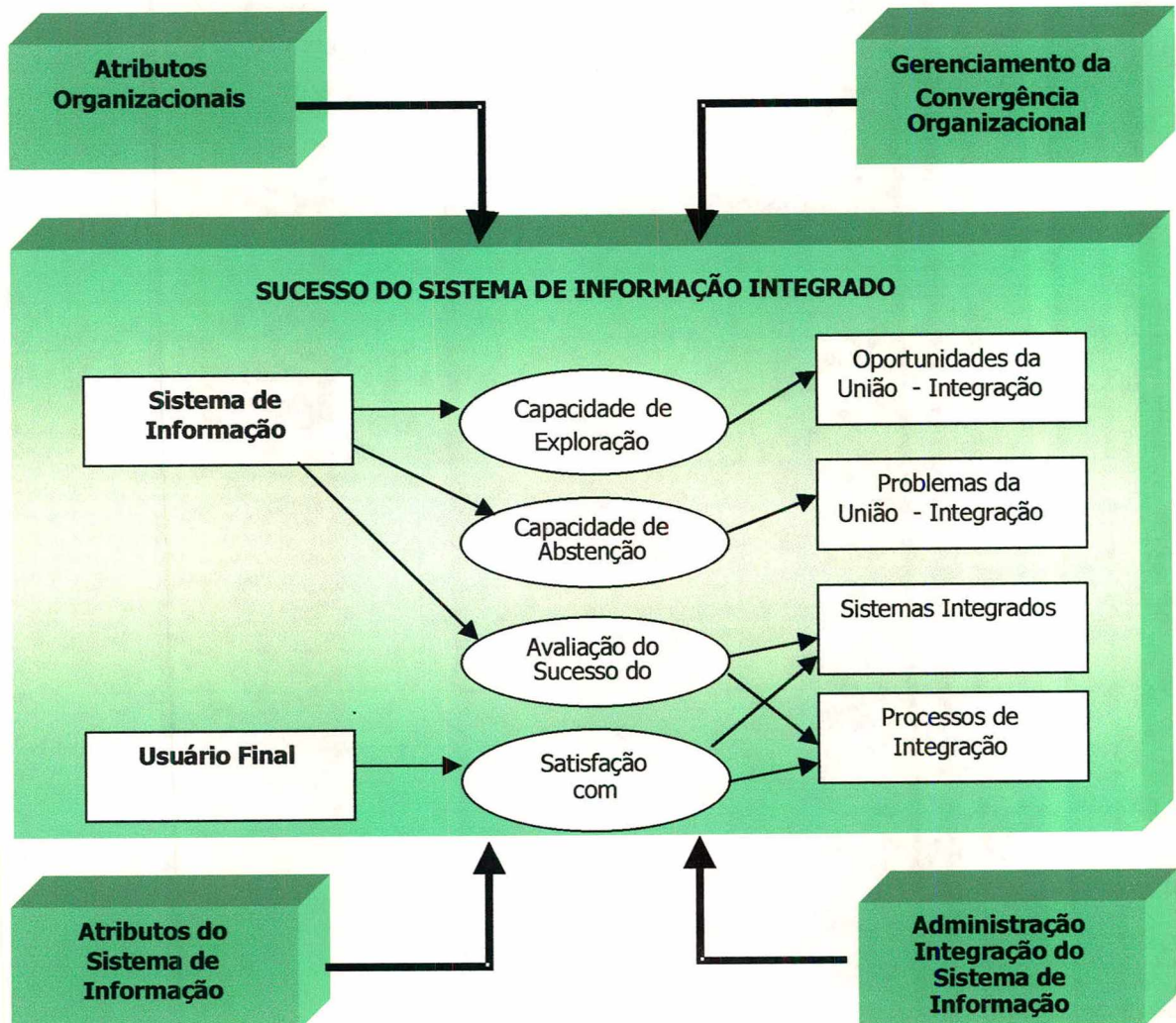


Figura 2.5 Medidas do sucesso da integração do sistema de informação (Fonte: Stylianou et al, 1996).

STYLIANOU et all (1996) mencionam que o sucesso é um atributo multidimensional que pode ser expresso através de várias medidas, tais como:

- Sistema de informação com a avaliação do sucesso do processo de integração e o sistema integrado;
- A capacidade de tirar proveito das oportunidades sugeridas com a integração;



- A capacidade para impedir problemas advindos da união;
- A satisfação do usuário final com a integração do processo e o sistema integrado.

Uma das informações fundamentais para o desenvolvimento da qualidade e produtividade em um setor econômico é a existência de indicadores que permitam a avaliação de seu desempenho e possam servir como parâmetro de comparação entre as diversas empresas que atuam no setor. Porém, a escassez de dados no setor não permite que a empresa avalie seu nível de competitividade, uma vez que não existem valores de referência para comparação de seus indicadores com os de outras empresas (LANTELME, 1994).

Outro aspecto apresentado por LANTELME (1994) é que a empresa precisa ter claro seus objetivos para saber qual a informação necessária para tomada de decisão. As empresas apontam que é complexa a coleta de dados, demonstrando a necessidade de treinamento e envolvimento das pessoas para esta tarefa. Esta dificuldade também é constatada no processamento e avaliação dos dados. Concluindo que para maior eficiência do processo é preciso que as pessoas sejam especialistas e tenham conhecimento da utilização da coleta de dados.

DAVENPORT (1994) salienta que a informação é importante para os vários papéis de sustentação e com isso tornar os processos mais eficientes e eficazes, podendo levar à melhoria de desempenho.

Através da comunicação as pessoas têm acesso mais rápido às informações. Fica mais fácil a princípio interagir em todos os meios. No entanto, esta facilidade de informação torna o consumidor mais exigente e o mercado mais complexo. Necessita-se de produtos comercializáveis. Assim, deve haver rapidez para atualizar dados e produtos para satisfazer os clientes como, por exemplo, melhoria dos sistemas de informação dos subsistemas estruturais. As indústrias que estiverem com suas informações atualizadas têm um poder de liderança diferenciado das demais concorrentes (SOARES, 1993).

CINTRA e AMORIM (1998) apontam que a informação tem papel fundamental para suprir os níveis hierárquicos da empresa para as tomadas de decisões com dados compatíveis para a melhoria de qualidade de gerenciamento e naturalmente de seus produtos.

O sistema de informação aponta os caminhos para reduzir a interação por meio físico, maximizar os benefícios e minimiza os contatos, reduzindo as incertezas e assim delinea a engenharia simultânea. Sistema de informação é o cerne da engenharia simultânea e o fator determinante da eficácia de empreendimentos (SCHEER, 1997).

#### **2.4. A PARTICIPAÇÃO DA ENGENHARIA SIMULTÂNEA PARA EVOLUÇÃO DOS DADOS COLETADOS**

O uso do sistema de informação tem permitido uma maior interação entre as empresas e os consumidores, oferecendo aos clientes possibilidade de fazer suas compras através de um banco de dados eletrônico; além do uso de sistemas que possibilitam uma rápida modificação de projetos visando incorporar novas características, o que auxilia na prática de customização de produtos com custos mais baixos (PORTER & MILLAR, 1985).

SCOTT & KAGIRI (1992) apresentam um método para análise de custos e da duração de métodos alternativos de construção como uma maneira possível para solucionar alguns problemas da indústria da construção civil. Especialmente em países em desenvolvimento. O método envolve a utilização de programas comerciais de banco de dados para computador. São mostrados os tipos de dados requeridos, as fontes possíveis e os efeitos de variação dos dados. Os problemas e as dificuldades da construção dos países em desenvolvimento têm recebido grande atenção nos últimos anos das mais variadas organizações e das pessoas. Desta forma, há necessidade de investigar o tempo e os custos associados com vários métodos alternativos. O desenvolvimento de um simples e conveniente método que possa ser usado para determinar os métodos construtivos mais adequados serão de grande valor para engenheiros, contratantes e outros interessados em um boa utilização dos recursos escassos.



Nessa mesma linha de considerações, NOVAES (1995) e LANTELME (1994) salientam que para a melhoria da eficiência da execução das edificações os projetistas e os construtores precisam atender a adequação dos produtos às características sócio-econômicas e culturais da parcela do mercado para qual os empreendimentos são dirigidos.

DE OLIVEIRA (1994) enfatiza que os participantes do empreendimento de construção desenvolvem centenas de atividades durante o ciclo de vida do empreendimento que envolvem um grande número de informação. O fluxo de informação é difícil entre os projetistas, proprietários, subcontratantes, pois todos são muito ocupados. No entanto percebe-se que está se formando uma conscientização da importância da informação nas empresas construtoras.

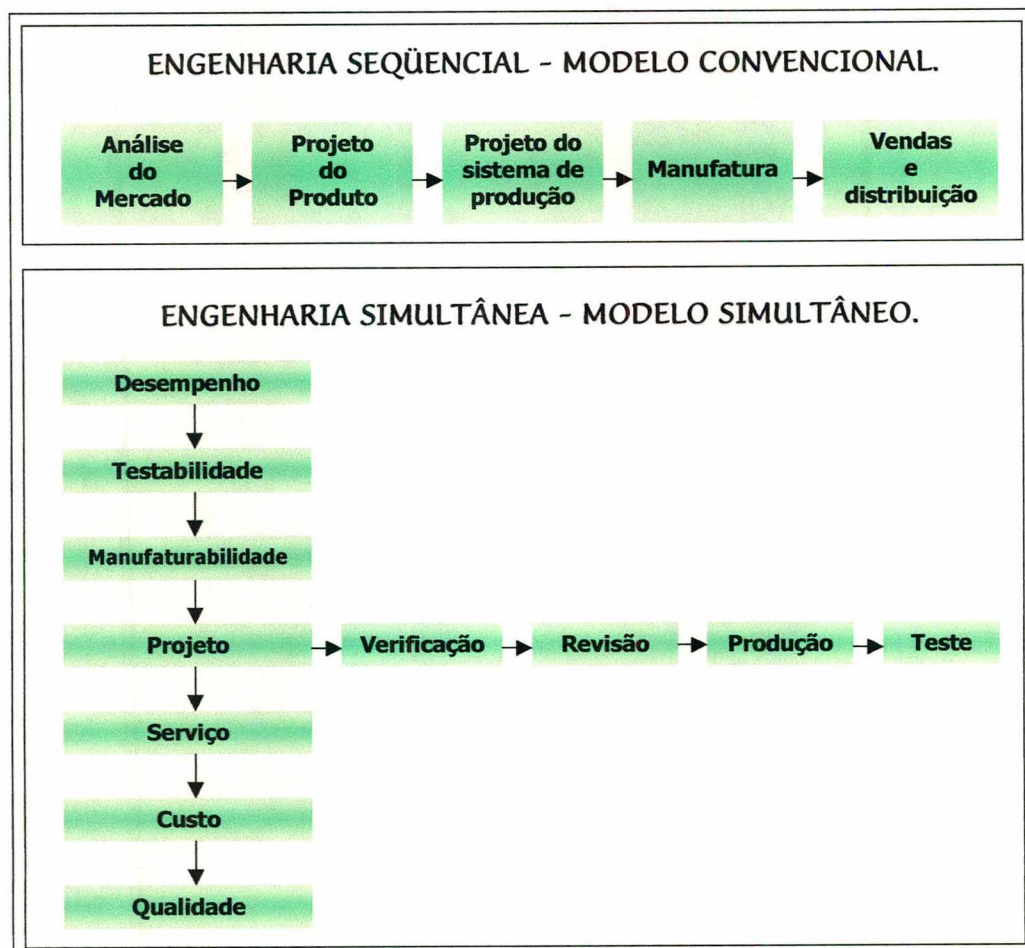


Figura 2.6 Relação do projeto com outras fases - modelo convencional e modelo simultâneo (Garza et all apud De Oliveira, 1997)

O projeto apresentado da forma convencional é um ciclo aberto, isto, é por ser linear não há possibilidade de boa retroalimentação. Todavia o modelo da engenharia simultânea permite que todas as fases se comuniquem e interajam no processo de projeto, sendo um modelo simultâneo e atualmente é chamado de engenharia concorrente ou simultânea, apresentado na Figura 2.6 (DE OLIVEIRA, 1997).

PLONSKI & FARINHA (1992) propõem a aplicação de um modelo onde as unidades responsáveis pela engenharia do produto e de manufatura passam a interagir no início. Evitando desta forma problemas do procedimento seqüencial tradicional, sendo que as falhas são detectadas em estágio mais avançado do projeto. Porém este método apresenta uma complexidade adicional devido a multiplicidade dos envolvidos.

A troca de informação técnica e gerencial é por via eletrônica entre esses atores, como mostra a Figura 2.7.

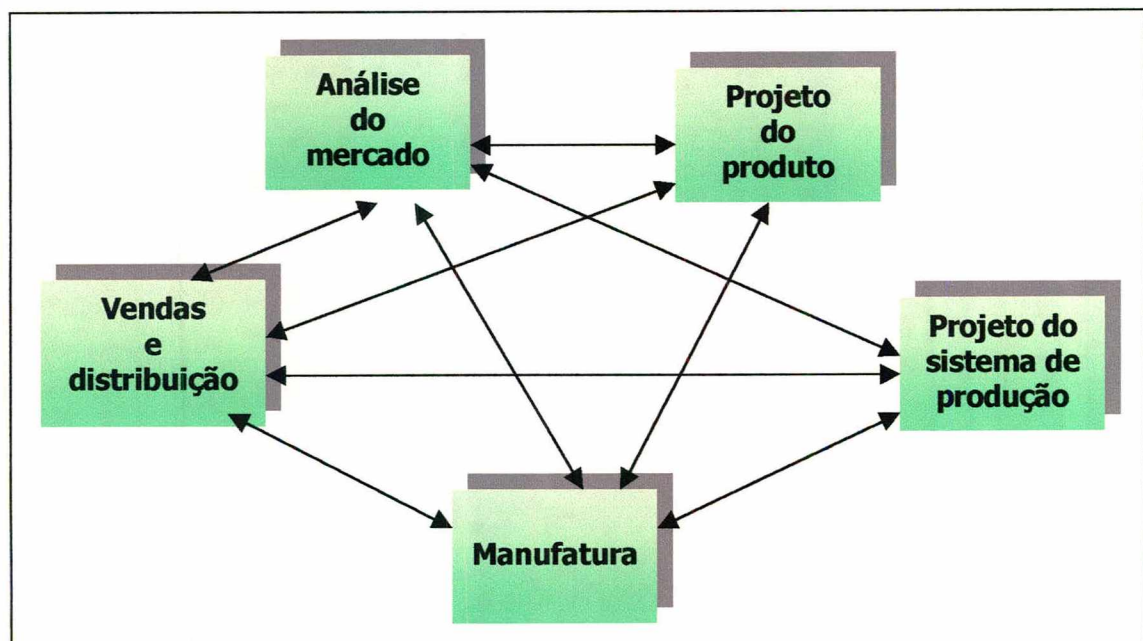
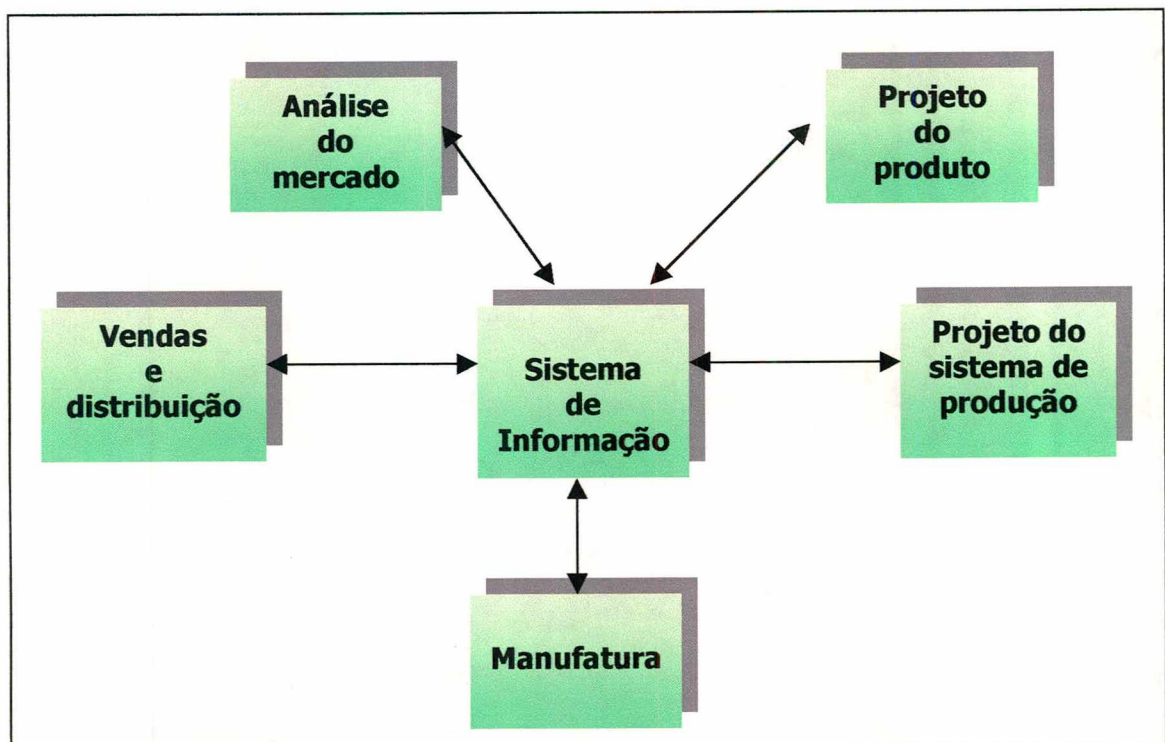


Figura 2.7 Modelo baseado na engenharia concorrente (Fonte: Stoll apud De Oliveira, 1994)



O trabalho de DE OLIVEIRA (1997) analisa principalmente esta multiplicidade e propõe fazer um processo para troca de informação. A Figura 2.8 mostra como ele pode ser operado. Um sistema de informação centralizado faz a conexão entre todas as fases do projeto devido às diferenças entre os especialistas e o problema de administração de dados. Por outro lado a central de informação monitora as informações, filtra o que interessa para cada um dos envolvidos e transforma em uma linguagem acessível para cada nível.



**Figura 2.8 Operacionalização da engenharia concorrente ou simultânea (Fonte: De Oliveira, 1997)**

Esta filosofia admite uma cooperação entre as equipes multidisciplinares e desta forma se pode antever os benefícios que um produto alcançará. O sistema de informação processa e repassa o que interessa a cada usuário.

ROSSETTO (1998) enfatiza que existe um isolamento de profissionais fora das empresas de construção civil. Este isolamento é caracterizado pelas pessoas envolvidas nos projetos: os desenhistas, os projetistas, subcontratantes, fornecedores e órgãos fiscalizadores. Onde cada um trabalha só, sem um sistema de informação e sem interligação entre os participantes do processo de edificação. CHASE (1993) também comenta que quando se estabelece uma parceria entre todos os envolvidos há uma melhoria na comunicação, passam a trabalhar como uma equipe com uma meta mútua.

Segundo PICORAL e SOLANO (1996) uma coordenação de projetos eficiente minimiza os problemas a serem definidos em obra, ocasionando um aumento na qualidade, redução de custos, otimização para solução de projetos e detalhamento adequado das soluções propostas. No entanto, é importante que a coordenação seja exercida por um responsável principal. Esta coordenação existe, mas os profissionais envolvidos não têm bem definido os limites de suas atribuições havendo sobreposição das informações, muitas vezes insuficientes ou pouco claras.

Outro aspecto levantado por GARZA et all (1994) é a participação do técnico no projeto desde a fase de concepção, de execução, de operação, de manutenção, porém isto só acontecerá se todas as fases estiverem interligadas. Para tornar factível esta participação, os princípios da engenharia simultânea são os ideais. Na concepção do projeto a engenharia simultânea consegue controlar todas as fases gerenciando os conhecimentos e informações recebidas. Com isto há uma antecipação de como será o produto final, reduzindo os riscos na construtibilidade, operacionalidade e manutibilidade.

GARZA et all (1994) também consideram que para se tornar este processo exeqüível necessita-se de uma equipe multidisciplinar, reorganização a nível macro e computadores ligados em rede. A engenharia simultânea pode transformar a construção civil de uma indústria muito fragmentada com muita especialização de todas as pessoas envolvidas, para uma organização mais homogênea, competente, com mais eficiência e eficácia.

Os gerentes estão a procura de um manual que explique o que deve ser feito para a perfeição. Entretanto, isto depende inicialmente de uma mudança na cultura administrativa da empresa e refino nos seus objetivos e métodos utilizados (DE OLIVEIRA, 1995).

Embora, a comunicação da informação entre os vários setores de um empreendimento ainda seja realizado através de documentos escritos ou verbalmente. Ultimamente a indústria da construção tem reconhecido as vantagens do uso dos recursos eletrônicos. Estes são apropriados pela tecnologia da informação para armazenar, processar e transmitir informação ( CHEETHAM et all, 1991).

BERNARDES (1996) afirma que a coleta de informação ocorre, mas estas não influenciam na tomada de decisão das gerências. A informação coletada não é utilizada como referência para tomada de decisão devido ao desconhecimento dos funcionários e também porque alguns setores trabalham isolados e usam o indispensável para o desenvolvimento de sua tarefa. Isto causa dificuldades quando se necessita obter dados para empreendimentos similares ou para estudos, não há uma organização dos dados.

FURLAN (1994) menciona que quando há muitas informações o gerente fica impossibilitado de processá-las a tempo e também muitos dados comprometem a credibilidade e o nível da informação.

SCHMITT (1998) questiona sobre o uso de computadores e recursos computacionais, em algumas empresas de edificação onde as planilhas eletrônicas e sistemas são desenvolvidos para suas necessidades. Nos sistemas analisados existe falta de integração das informações para desenvolver vários documentos técnicos de uso operacional. O uso do computador e dos sistemas computacionais precisam ser aprimorados para haver melhor integração e interligação entre eles, e implementados para dar maior apoio ao setor de planejamento, porque as falhas ocasionam dificuldades de acesso aos dados, problema na coleta e armazenagem de características dos projetos.

Para formar um sistema de informação útil é preciso de tempo, autodisciplina e interação entre os membros do processo como também identificar os objetivos que tenham significado para as pessoas envolvidas. Sistema de informação útil é aquele que permite a evolução dentro da cadeia evolutiva de GARDNER (DE OLIVEIRA, 1997).

**Informação ≠ Conhecimento ≠ Compreensão ≠ Julgamento ≠ Sabedoria**

**Figura 2.9** Cadeia evolutiva de Gardner (Fonte: Gardner, 1997)

A cadeia evolutiva de GARDNER (1997), mostrada na Figura 2.9, sugere que o fato de se estar informado não quer dizer que haja conhecimento sobre o assunto; então poucas informações são insuficientes para formar um conhecimento. É preciso que se colete muitas informações sob diversas perspectivas para se formar um conhecimento sobre um assunto. Porém o conhecimento não implica necessariamente na compreensão de um assunto. É necessário muito aprofundamento no conhecimento para entender seus fenômenos inerentes. Após a compreensão destes fenômenos pode-se pensar em julgar e avaliá-los. Mas a compreensão deverá ser profunda para emissão de um julgamento. Muito acima da capacidade de julgamento está a sabedoria.

SOUZA (1998) considera que utilizar a engenharia simultânea para elaborar projetos é um trabalho de equipe que reduz o tempo de produção, custos, aumenta a qualidade prevendo todas as dificuldades na fase de concepção do edifício. As soluções boas ou más devem ser documentadas para compreender os impactos das decisões que foram tomadas na fase de projeto, isto servirá como banco de dados para a elaboração de projetos futuros e transformando-se em uma ferramenta para aumentar a vantagem competitiva.

A engenharia simultânea leva em consideração quanto mais tarde ocorrerem as mudanças no projeto, mais onerosas elas se tornarão. Quando várias etapas são executadas ao mesmo tempo o projeto é finalizado em um tempo menor do que quando é feito seqüencialmente. A facilidade para inovar o próximo produto fica evidente; o registro das dificuldades do que aconteceu, decisões que o tornem mais econômico estimula a uma melhoria constante (CASTELLS, 1993).

SCHMITT (1998) menciona que as empresas de construção civil precisam estar abertas às mudanças e atualizar seus métodos de trabalho. O uso de recursos computacionais precisam ser incentivados para ganho de velocidade, precisão e qualidade de apresentação, desta forma as pessoas visualizam o mesmo objetivo e podem propor soluções que contribuem para a evolução da empresa.

## 2.5. RELAÇÃO ENTRE A ARQUITETURA E A ESTRUTURA

As diversas exigências dos consumidores conduzem a uma ampla variedade de produtos que cumprem diferentes funções, assim como no desenvolvimento dos mesmos são providas uma quantidade de variantes necessárias para alcançar a função total do sistema (produto) a ser desenvolvido.

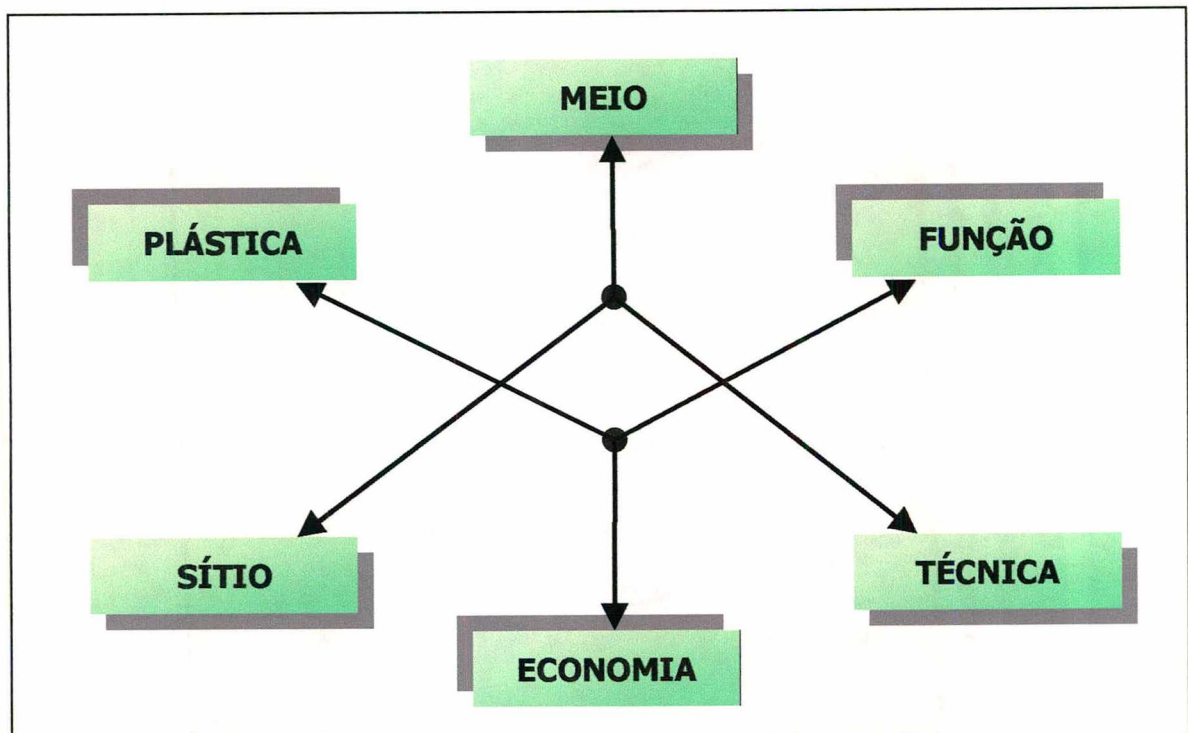
Na construção civil o produto a ser desenvolvido é o edifício que segundo MASCARÓ (1985) é composto de agrupamento de planos horizontais e verticais que compõem os espaços projetados. Cada decisão tomada pelo arquiteto mostra as opções para solucionar um ou vários aspectos do edifício a ser construído.

A estrutura é vista como um fator dominante no processo de projeto e como tal provê o caráter estético básico dos edifícios. Ao mesmo tempo, há edifícios cuja forma determinante primária pode ser metafórica, escultural, espiritual ou simbólica onde a estrutura funciona como fator secundário do projeto (GLASSER, 1979). Neste caso se reportam várias dimensões e atributos a serem atendidos por uma edificação como a tipologia, funcionalidade, estética e economia.

Segundo GLASSER (1979) o assunto que todo arquiteto deveria considerar não é somente como incorporar a estrutura aos edifícios, mas também como se embasar para selecionar materiais e métodos apropriados em relação ao projeto de um edifício.

A estrutura em relação à arquitetura é um dos assuntos que mais forçam a atenção dos arquitetos na intenção de elaborar um projeto. GLASSER (1979) considera que uma interpretação mais clara da estrutura poderia certamente ser que os meios de apoio e métodos construtivos são vistos como fatores intrínsecos e forma determinante no processo de projeto de edifício. Os vãos e características dos edifícios impostos por estas limitações de materiais não existem mais.

Segundo SANTIAGO (1997) para atender aos princípios da arquitetura deve haver um equilíbrio baseado na intenção do que será construído; este equilíbrio pode ser obtido pela distribuição equitativa e apropriada entre as condições ambientais (meio, técnica e sítio) e intrínsecas (plástica, função e economia). A Figura 2.10 mostra os eixos sobre os quais se baseiam um projeto arquitetônico. A função a ser atendida pelo bem construído é regida pela prefeitura através dos códigos de postura. Em casos extremos pode haver distorções. Por exemplo, quando uma obra tem muita funcionalidade pode ocorrer redução na plástica e afetar a economia. Quando se impõe economia, perde-se a plástica e a funcionalidade. Quando é excessivamente voltada à plástica, perde-se a funcionalidade, podendo afetar os custos, como no caso de monumentos.



**Figura 2.10 Eixos de equilíbrio para o projeto arquitetônico (Fonte: Santiago, 1997)**

Segundo GLASSER (1979) uma das primeiras decisões do processo de um projeto de uma edificação é estabelecer o tamanho dos painéis estruturais. Esta determinação é feita em relação à utilização do espaço projetado e flexibilidade do edifício, que viabiliza a antecipação de futuras mudanças.

Para PIZZATO (1998) os sistemas modulares possuem elementos funcionais ou construtivos (módulos) planejados para que combinações distintas dos mesmos possam atender uma gama de variantes da função global.

O projeto modular envolve assuntos técnicos e para ULRICH (1991) é caracterizado pela independência dos componentes o que permite a padronização e a intercambialidade, o autor faz um apanhado das formas que o termo modularidade é usado, assim no projeto de sistemas complexos de engenharia refere-se ao uso de unidades independentes, na arquitetura refere-se a construção de edifícios usando componentes padronizados.

ULRICH (1991) considera que a modularidade depende da similaridade entre a arquitetura física e funcional do projeto, sendo que a funcionalidade de um produto pode ser descrito como conjunto de elementos funcionais interligados por trocas de informação, troca de energia e material, o grau de contribuição que esta descrição funcional caracteriza um produto modular.

Segundo GU et al (1997) os efeitos da modularização em funções podem ser representados através de interações funcionais entre os componentes em termos de troca de materiais, energias e sinais, ou em relação ao espaço e geometria. Estas relações de espaço e geometria incluem, por exemplo, contatos físicos e articulações.

PAHL & BEITZ (1993) consideram que os módulos podem ser diferenciados por critérios de classificação:

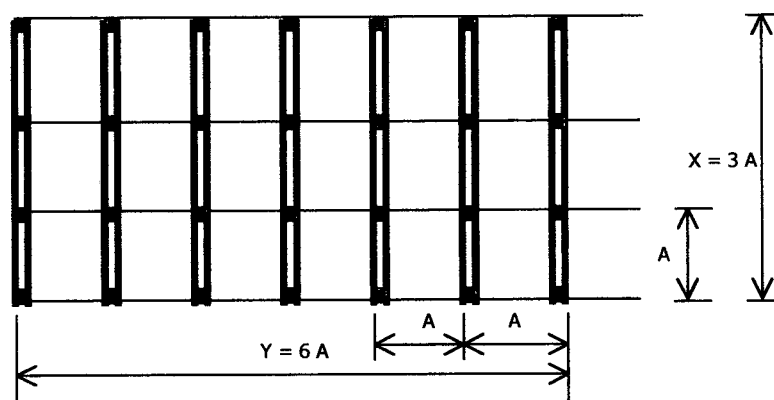
Módulos de função: ajudam a implementar funções técnicas de forma independente ou em combinação com outras, distribuição do espaço para as atividades planejadas;

Módulos de construção: são projetados independentemente da sua função e estão baseados em considerações de produção. Por exemplo kit hidráulico, paredes pré-fabricadas.



GLASSER (1979) ilustra a modulação estrutural de um edifício comercial, apresentado na Figura 2.11, e a fórmula para a modulação estrutural desta figura é

$$\frac{X}{3} * \frac{Y}{6}$$



**Figura 2.11 Modulação estrutural. (Fonte: Glasser, 1979)**

A modulação estrutural, questão primordial da localização dos pilares, não só determina os tamanhos de todos os elementos estruturais como também dos seus componentes e dos seus subsistemas. Por exemplo, na Figura 2.11 um edifício que consiste de  $X$  como número de módulos na largura e  $Y$  como número de módulo no comprimento poderia consistir de um número de componentes, cada um com uma proporção específica da dimensão da modulação básica.

A forma e a escala da maioria dos edifícios, principalmente dos comerciais, tem sido decidida quase que exclusivamente na consideração dos vãos entre pilares, eficiência dos elementos estruturais, velocidade do vento e envergadura dos elementos.

É importante fazer a observação que com o aumento no tamanho dos edifícios, o assunto da estrutura como principal forma determinante fica incrivelmente intrigante. Isto será reconhecido que para uma escala de residência individual é possível e em muitos casos é necessário subordinar a questão estrutural.

GLASSER (1979) apresenta também uma lista de critérios que precisam ser considerados em uma edificação, salientando que eles não estão organizados em ordem de importância, porém se apresentam como questões a serem respondidas:

- Segurança estrutural: os componentes são dimensionados para suportar as cargas?



- Segurança ao fogo: a que ponto a estrutura resiste ao fogo? ( este fator se refere às estruturas metálicas)
- Conforto da construção: os métodos e as técnicas construtivas são simples, racionais e minuciosas e trazem benefícios inerentes ao sistema proposto?
- Durabilidade: a estrutura resiste às intempéries? O material será atraente no futuro?
- Disponibilidade: estão os materiais disponíveis na redondeza?
- Escala: há harmonia entre a estrutura e os ocupantes humanos? A estrutura é adequada nas dimensões e ao caráter arquitetônico?
- Integração: todo o sistema está relacionado e interligado com as distribuições das instalações?
- Rigidez: a estrutura resiste à ação do vento, terremotos e às deformações verticais?
- Economia: o custo da estrutura é adequado aos benefícios que serão obtidos? O custo da estrutura está em equilíbrio com edifício total?
- Visual: a estrutura completa serve para aumentar e ampliar o conceito estrutural do edifício?

O relacionamento para cada parte da estrutura fornece satisfação e unificação do caráter arquitetônico como também um mecanismo de distribuição lógica das forças. Assim a primeira determinação de um sistema estrutural racional e lógico pode embasar para trabalhar com mais eficiência e com alcance máximo das prioridades do projeto (GLASSER, 1979).

MASCARÓ (1985) considera que dois terços dos custos totais dos planos horizontais dos edifícios são formados pelas estruturas de concreto e que há poucas possibilidades para substituição destes custos. A diminuição da área de uma edificação não acarreta redução de custos na mesma proporção e sim a forma como são desenhadas as superfícies, este é um item que deve ser considerado e analisado.

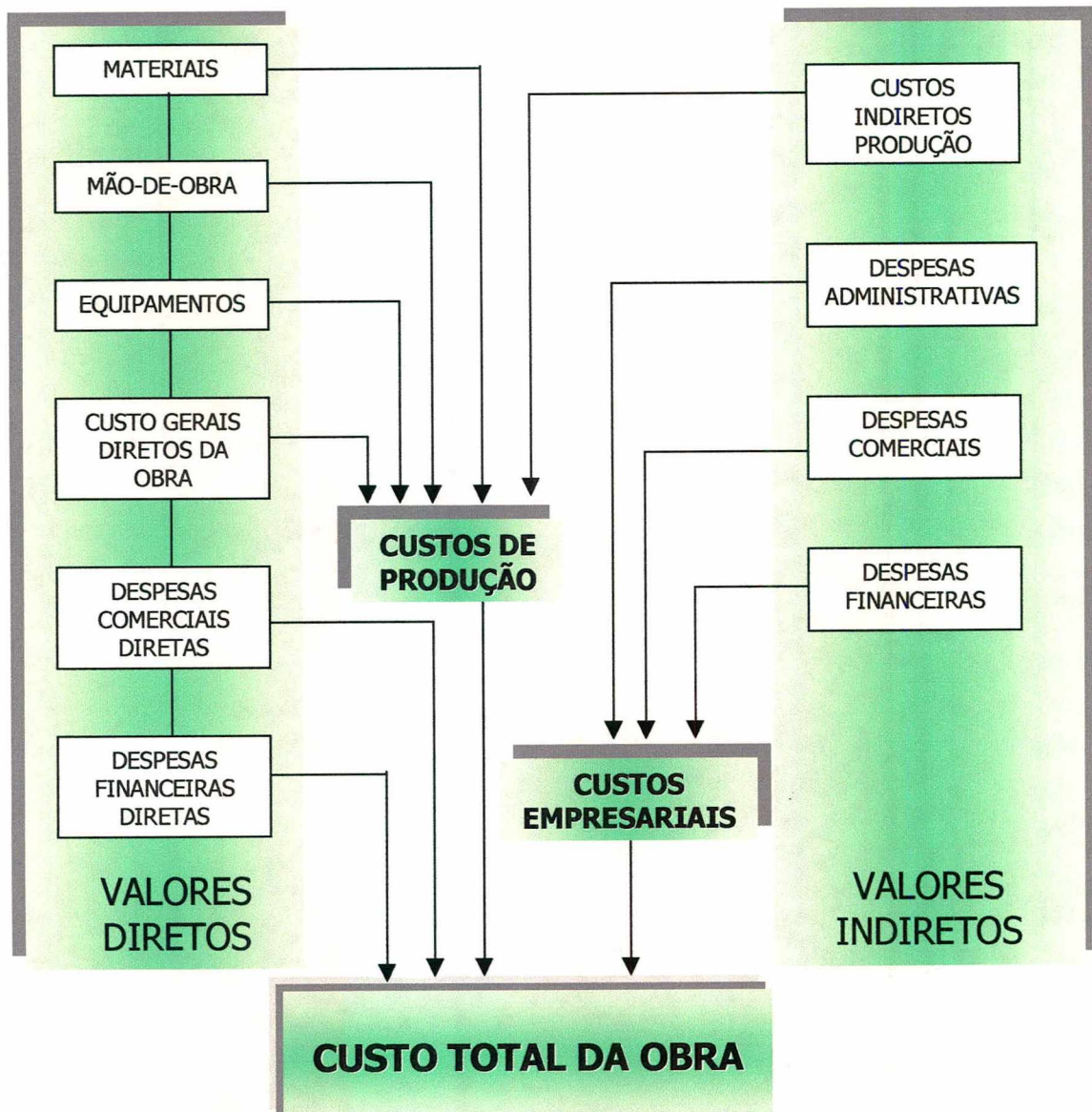
## 2.6. INFORMAÇÕES PARA VIABILIZAR EMPREENDIMENTOS

Na concepção de um produto é preciso pesquisas, levantamentos para atender o meio ao qual se destina. As pesquisas subsidiam a definição de novas soluções ou para selecionar novos materiais (ROSSO, 1990). Custo de um produto é a soma das despesas para conceber, realizar e utilizar o produto. Orçamentação significa quanto será gasto para realizar um projeto.

As empresas de construção civil atuam em dois sistemas administrativos: central e de produção. No sistema de administração central, os custos são chamados de custos empresariais e no sistema de produção, os custos são os custos de produção. Os custos empresariais são constituídos pelas despesas administrativas, comerciais e financeiras. Os custos de produção são formados pelos materiais, mão-de-obra, equipamentos, custos diretos da obra e custos indiretos de produção (CABRAL 1988, ASSED, 1986, LIMMER, 1997).

Custos diretos de obra são consumos de água, energia elétrica, telefone, alimentação, materiais de limpeza, material de escritório, custos inerentes à administração da obra. Custos indiretos de produção são custos do departamento de produção como engenheiro de produção, engenheiro fiscal da obra, mestre de obra (CABRAL, 1988).

A Figura 2.12 esquematiza todo o processo para formar o custo total de obras da construção civil.



**Figura 2.12** Esquema da formação do custo total de uma obra da construção civil (Fonte: Cabral, 1988)

A Figura 2.12 mostra uma visão fotográfica e não leva em consideração os custos operacionais e de uso que incorrem para o usuário final, isto acontece no sistema de Custeio Baseado na Atividade (ABC – Activity-Based Costing).

A precisão de uma estimativa de custo está relacionada à qualidade das informações recebidas, (ANDRADE 1996). Segundo HEINECK (1996), custo de construção pode ser expresso de forma global ou por metro quadrado de edificação. O custo de construção é informação de extrema utilidade podendo ser decomposto em vários serviços através de tabelas de participação percentual dos itens da obra.

HEINECK e PANZETER (1989) mencionam que a estimativa de custo na construção civil avançou pouco ao longo do tempo. Na década de 50, com a técnica de redes, a programação de obras recebeu impulsos e assim foi desenvolvido sistemas gerenciais aplicados ao processo construtivo. A orçamentação e a programação são baseadas nas constantes unitárias de consumo de materiais e mão-de-obra, equipamentos, combustíveis, capacidade gerencial e outros.

Na década passada, muitas empresas adotaram o Custeio Baseado na Atividade quando os processos de produção eram mais complexos e os lotes que tinham tamanhos variados. O sistema ABC geralmente gera dados de custos mais precisos que o tradicional sistema de custos baseado em volume. O sistema ABC focaliza mais na atividade ou no processo do que nos produtos ou nos departamentos. Por exemplo, custos associados com mudanças de projetos. Poderiam ser acumulados e atribuídos aos produtos, baseado no número de ordens de mudança de engenharia para cada produto, quando uma equipe de engenharia ou de trabalho extraordinário de fabricação executasse uma das ordens de mudança (KRUMWIEDE & ROTH, 1997).

Outro aspecto levantado por KRUMWIEDE & ROTH, (1997) além do custeio de produto, o ABC pode gerar informação útil para medida de desempenho, controle de custos e decisões estratégicas. A medida de desempenho pode ser usada para apoiar a redução de custos e esforços de reengenharia através da análise do processo de negócio. O ABC tem trazido benefícios que incluem a simplificação de projetos de produtos e a eliminação de atividades redundantes e improdutivas.

A idéia básica do ABC, segundo BORNIA (1997), é analisar os custos das várias atividades e entender seu comportamento e assim encontrar bases que representem as relações entre os produtos e estas atividades, possibilitando melhor visualização dos impactos causados por decisões e melhor controle dos custos fixos.

Na construção civil os custos e as despesas indiretas fixas estão incluídas nos custos dos produtos vendidos e o sistema adotado para obter o valor do produto é por absorção ou custeio total (MARTINS, 1990).

Segundo ASSED (1986) o orçamento é a previsão de custos da construção, para tanto é necessário uma visão sistêmica de todos os custos envolvidos. Losso (1995) menciona que de acordo com as definições de orçamento de uma obra, o orçamentista deve entrar em todos os detalhes possíveis que implicarão em custos durante a obra.

LOSSO (1995), enfatiza que em casos de viabilidade de um empreendimento necessita-se de uma previsão de custo para implantação; isto não implica na elaboração de um orçamento detalhado assim surge a importância das estimativas de custos.

Os sistemas de orçamentação quantificam os insumos, permitem a estimativa de custo global e também mostram a participação de cada insumo utilizado, qual a sua importância e a avaliação econômica dos insumos nos custos dos empreendimentos, (BORGES, 1989).

A curva ABC representa os diversos serviços em ordem decrescente de custos sendo os itens ordenados por sua relativa importância. A técnica é baseada no princípio de Pareto, no qual afirma que um pequeno número de serviços é responsável por grande parcela do custo de um empreendimento (LOSSO, 1995).

A ordenação hierárquica dos insumos em relação à sua participação no custo total da obra gera a curva ABC. Curva ABC significa as classes às quais pertencem os insumos. Em um trabalho desenvolvido por OLIVEIRA (1989), para edifícios residenciais, encontrou-se a seguinte classificação para os insumos:

- Classificação A são os insumos que têm participação no custo total da obra de cerca de 70 %;
- Classificação B são insumos da faixa intermediária, representando cerca de 20 % do custo total da obra;
- Classificação C são os insumos com menor percentual de participação no custo total da obra, em torno de 10 %.

LOPES (1992) afirma que para a seleção preliminar de alternativas de projetos em construção civil o conceito de curva ABC é importante, pois considera que esta auxilia a empresa na estimativa de custo de um empreendimento e mostra a contribuição dos insumos na formação do produto final.

A autora ressalta, , também a participação bastante elevada dos insumos que se referem a estrutura tais como: concreto pré-misturado, aço e cimento portland que consomem cerca de 20% na média das obras, ocupando os primeiros lugares no ranking de importância de edifícios residenciais.

SOLANO (1996), mostra que em uma análise, de 10 empreendimentos na cidade de Porto Alegre, da curva ABC, a parte inicial A que é responsável por 20 dos 633 insumos e representa 50 % do valor global da obra; o concreto usinado e o aço aparecem em destaque ocupando o primeiro e o terceiro lugar.

LOSSO (1995), em estudo realizado em 20 edifícios residenciais destaca que os insumos de maior peso são facilmente identificados na curva ABC, pois existe uma constância nos itens de maior influência nos orçamentos analisados, isto é, a estrutura representa cerca de 17 % da distribuição percentual das etapas dos projetos estudados.

TRAJANO (1989), analisa as distribuições percentuais de edifícios habitacionais que é referência por parte de um grande número de autores e comenta que a variação da distribuição percentual é grande, porém a estrutura não é um item que participa deste desequilíbrio das percentagens. A distribuição das percentagens dos custos da estrutura para edifício com mais de 8 pavimentos varia de 19 % a 34 % para uma amostra de 20 trabalhos de diversos autores.

MASCARÓ (1985), considera que as variações no custo de um edifício que aumentam com o número de pavimentos é a estrutura resistente, os elevadores, fachadas, instalações em geral, duração da obra e a mão-de-obra. Para analisar a variação do item estrutura o autor divide em duas partes: parte horizontal composta por lajes e vigas e é invariável com o número de andares; parte vertical composta pelos pilares, paredes portantes e contraventamentos, sendo que estes elementos variam com a altura do edifício. A localização dos pilares e das vigas estão condicionados ao projeto arquitetônico.

0.303.513-7

LANTELME et all (1995) consideram que as empresas devem ter valores de referência setorial que permitam as mesmas comparar o seu desempenho com outras empresas do setor e estabelecer metas de melhoria contínua. Os autores argumentam que a estrutura é responsável em média por 21% do custo da construção e propõem um indicador que detecte o super-dimensionamento das lajes, vigas e pilares quanto ao volume de concreto e quantidade de aço. Estes indicadores foram encontrados através de um estudo realizado para edifícios comerciais, residenciais e mistos, no qual obtiveram os seguintes valores da relação entre o peso do aço e a área construída:

- Relação entre o peso do aço e o volume de concreto: 92,77 kg/m<sup>3</sup>;
- Relação entre o peso de aço e a área construída: 11,10 kg/m<sup>2</sup>;
- Relação entre o volume de concreto e a área construída: 0,13 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.

Esta amostra é composta de 65% de edifícios residenciais e 35% de edifícios comerciais e mistos.

ANDRADE (1996) em seu estudo de caso encontrou a relação entre o peso do aço pela área construída o valor de 8,68 kg/m<sup>2</sup>. NAPPI (1994), também realizou uma análise comparativa de edificações com 2 pavimentos e estrutura de concreto revestida e verificou o consumo dos principais materiais para a estrutura total e para lajes e vigas. As edificações estudadas eram com lajes com vigotes pré-moldados, maciça e nervurada e foram obtidos os valores apresentados na Tabela 2.1.

**Tabela 2.1 Consumo dos principais materiais com as respectivas lajes (Fonte: Nappi, 1994)**

	Laje-pré moldada		Laje maciça		Laje nervurada	
	Aço (kg)	Concreto (m <sup>3</sup> )	Aço (kg)	Concreto (m <sup>3</sup> )	Aço (kg)	Concreto (m <sup>3</sup> )
Pela área projeto arquitetônico	3,20	0,060	4,46	0,096	6,50	0,091
Vigas – em relação volume concreto	86,00	-	86,00	-	95,00	-
Lajes - em relação volume concreto	20,00	-	29,00	-	54,00	-
Vigas e Lajes em conjunto - em relação volume concreto	54,00	-	47,00	-	72,00	-

Os valores das relações encontradas pelos autores permite indicar o consumo de material e sua representatividade quando da realização de um orçamento de obra que seja similar aos analisados. Segundo LOSSO (1995), o estimador de custos deve seguir um critério, isto é, usar dados da própria empresa, todavia na ausência destes, deve utilizar de dados genéricos.

A norma brasileira fixa um mínimo de cimento por m<sup>3</sup> de concreto, item 8.3.2 a, mas não cita a quantidade mínima de aço por m<sup>3</sup> de concreto a não ser que o concreto armado tenha densidade de 2.500 kg/m<sup>3</sup> e o concreto 2.400 kg/m<sup>3</sup>. Com estes dados entende-se que a norma técnica brasileira adota 100 kg/m<sup>3</sup> de aço por m<sup>3</sup> de concreto.



## 2.7. SUMARIZAÇÃO

O projeto é a fase relevante na elaboração de um empreendimento, sendo que seus profissionais já identificaram que deve haver uma sistemática para auxiliar no seu desenvolvimento. O projeto é o gerador de informação e registro de decisões e mudanças, podendo ser considerado como redutor de incertezas e custos. É responsável por cerca de 60% dos custos, sendo que na fase de projeto estão investidos efetivamente 5%.

O desempenho econômico caracteriza uma qualidade de solução do projeto, devendo ser incluída também as necessidades dos clientes em função do desempenho dos produtos. As soluções adotadas nesta fase geram um sistema de informação que contribuem nas tomadas de decisões; porém o sistema de informação básico das empresas é a contabilidade financeira, o que ocasiona nos gerentes um obstáculo no bom fluxo da informação, pois agem baseados na intuição, impulso e na experiência.

O sistema de informação tem a peculiaridade de diminuir ou eliminar as incertezas entre as partes envolvidas, pela filtragem das informações, conforme o nível de interesse de cada setor. Este sistema de informação deve ser o centralizador de toda informação, pois sua função é a de processar dados, transformando-os em uma linguagem acessível a todos e enviar para os envolvidos somente a parte que cabe e interessa a cada um.

O sistema de informação é o cerne da engenharia simultânea e o fator determinante da eficácia de empreendimentos. Na concepção do projeto a engenharia simultânea consegue controlar todas as fases gerenciando os conhecimentos e informações recebidas. A engenharia simultânea apoia a interação e a conexão entre os atores envolvidos em todo processo, fazendo com que as decisões sejam tomadas o mais cedo possível quando o impacto é máximo e o custo despendido é mínimo.

As decisões que tornam um produto mais econômico estimulam a sua melhoria constante, contudo as empresas precisam estar abertas a estas mudanças e atualizar seus métodos de trabalho, inclusive incentivando com utilização dos recursos computacionais e propor soluções que atendam às exigências e as necessidades dos clientes.

As exigências dos clientes ocasionam uma variedade de produtos que geram uma quantidade de variantes para alcançar a função que se almeja no produto final. Por conseguinte cada decisão tomada leva a várias opções do bem a ser construído. Segundo autores mencionados neste capítulo, um dos pontos que precisa ser considerado pelo arquiteto é a estrutura. Não é somente na tipologia, plástica, funcionalidade e estética, mas também na economia. Isto precisa ser embasado na seleção de materiais e métodos apropriados. É uma das primeiras decisões do processo de um projeto de uma edificação é estabelecer o tamanho dos painéis estruturais.

A estrutura não agrega valor à construção como acontece nos acabamentos, onde qualquer modificação altera consideravelmente o custo e também aumenta o valor de venda. Assim, quando se tem informações sobre a estrutura, as decisões podem ser tomadas na fase inicial do empreendimento, isto é, na fase de concepção do projeto, estabelecendo um custo razoável.

O relacionamento entre as decisões e o custo de um edifício existem e devem ser considerados e verificados de que maneira afetam um empreendimento. Autores mencionam que a estimativa de custo avançou pouco ao longo dos tempos, desta forma a previsão do custo global de uma obra a partir de uma determinada área construída, não é confiável.

A estrutura é indicada na literatura como um item que figura entre os primeiros colocados na classificação da curva ABC, assim uma avaliação da sua participação real dentro dos custos ocasiona uma maior confiabilidade na estimativa de custos, permite uma maior viabilidade do produto no mercado. Apesar disto, constatou-se poucos trabalhos neste sentido na literatura técnica.

Através da variedade dos conhecimentos atuais da participação da estrutura no custo total dos edifícios a modulação estrutural e os índices de consumo de concreto e aço auxilia na fase de concepção do projeto e na orçamentação.

## **CAPÍTULO 3**

### **METODOLOGIA PROPOSTA**

#### **3.1. INTRODUÇÃO**

O presente capítulo tem por objetivo propor uma metodologia para encontrar a modulação estrutural dos edifícios residenciais das cidades de Florianópolis, Curitiba, Londrina e Cascavel, no período de 1995 a 1998, a fim de determinar condicionantes do uso do concreto e aço. A amostra estudada foi de projetos estruturais em concreto armado de 53 edifícios residenciais, com área estruturada variando de 190 m<sup>2</sup> a 13.900m<sup>2</sup>.

As empresas que contribuíram para o presente trabalho atuam no mercado há cerca de 15 anos. Os nomes dos edifícios bem como os autores foram eliminados; sendo que no primeiro caso houve a substituição por números e letras e no segundo por letras.

O estudo está limitado na superestrutura do pavimento tipo dos edifícios, não sendo consideradas fundações, solos, pavimento térreo, ático, dúplex, cobertura, caixa d'água, cisterna e cobertura. Tais itens decorrem da variabilidade do terreno que estão fora do escopo deste trabalho.

Como apresentado no capítulo 2, a modulação estrutural foi a maneira encontrada pelo projetista arquitetônico para gerar as informações capazes de servir de elo entre as diversas etapas do projeto. Esta modulação é feita para dar subsídios aos profissionais da área de estruturas, no sentido de viabilizar qual a melhor modulação com o menor custo que pode auxiliar nas estimativas dos orçamentos das obras. A modulação consiste em dividir o pavimento em quadriláteros estruturais e assim encontrar uma modulação estrutural ideal.

Optou-se por fixar o estudo somente para os pavimentos tipos afim de facilitar a análise de dados para se obter informações mais seguras, porque há grande heterogeneidade dos outros pavimentos das edificações. Segundo autores específicos, este critério é justificado pelo fato da área construída do pavimento tipo ser a dimensão que melhor define o corpo da edificação.

Na superestrutura do pavimento tipo foram considerados o concreto e o aço das vigas, escadas, pilares e lajes. Para as lajes pré-moldadas o aço e o concreto não constam da relação do projeto estrutural, sendo fornecidas por empresas especializadas e seu custo varia conforme os vãos a serem vencidos.

A estrutura não agrega valor à construção, porém na curva ABC aparece entre as primeiras colocações demonstrando assim a sua importância no custo direto das obras. Segundo a literatura a superestrutura representa cerca de 19% a 27% do valor total da obra. Este trabalho vai procurar determinar as causas desta variação, entre outros objetivos.

Os projetos analisados foram tomados aleatoriamente em quantidade, porque na bibliografia não consta qual o número ideal para analisar e desenvolver uma análise estatística. Assim as tipologias sugeridas neste método são as seguintes:

- grupos de projetos por altura, 2 pavimentos tipo, 3 pavimentos tipo, 4/5 pavimentos tipo, 6/7 pavimentos tipo, 8/9 pavimentos tipo, 10 a 15 pavimentos e com mais de 15 pavimentos;
- finalidade de uso: residencial.

Outras características na obtenção das amostras:

- facilidade na obtenção dos projetos estruturais;
- idade dos projetos: executados nos últimos cinco anos, devido a utilização de meios computacionais pelos projetistas de cálculo estrutural.

A abordagem junto aos projetistas de cálculo estrutural foi importante pela abertura que este trabalho provocou, gerando interesse por parte dos profissionais da área.

### **3.2. CARACTERÍSTICAS DO MODELO PROPOSTO**

O trabalho se desenvolve em cinco etapas. A primeira etapa foi entrar em contato com engenheiros projetistas de cálculos estruturais para a coleta de dados. A segunda etapa consistiu em extrair dos projetos estruturais de cada obra as quantidades de concreto, aço e área estruturada do pavimento tipo, para possibilitar as análises e as comparações entre as tipologias.

Na terceira etapa traçaram-se os quadros estruturais levando-se em consideração a área de influência dos pilares e levantamento das medidas dos lados dos quadriláteros. Estes quadriláteros estruturais determinam os vãos das lajes e o das vigas, com alguns artifícios para compensação de áreas.

Na quarta etapa coletou-se as quantidades de concreto e aço para calcular índices técnicos, os quais servem de auxílio aos projetistas e orçamentistas nas estimativas de custo. Todas as etapas estão esquematizadas na Figura 3.1, a seguir.

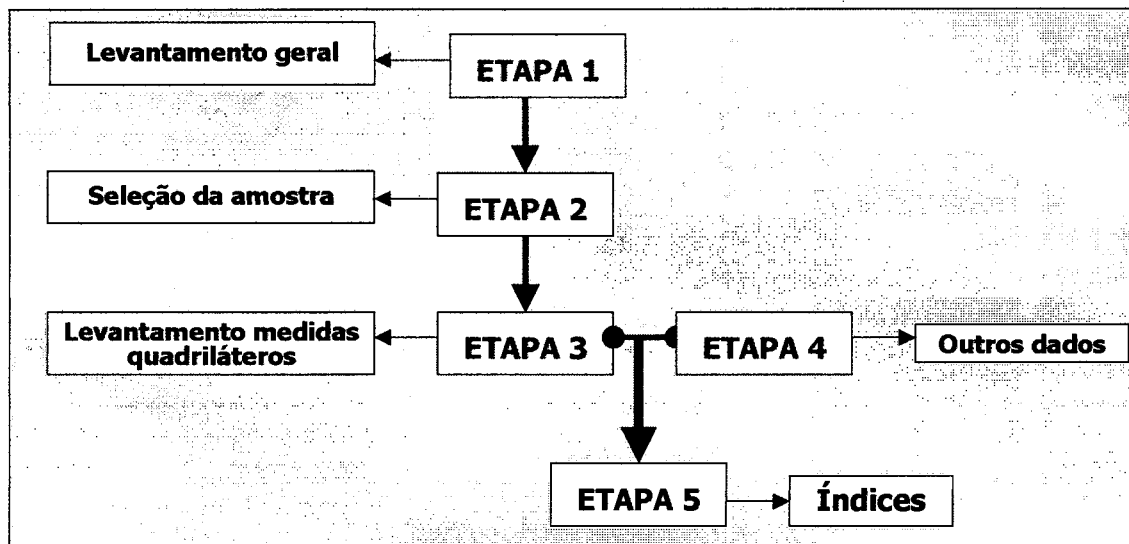


Figura 3.1 - Etapas de desenvolvimento da metodologia

### 3.2.1. LEVANTAMENTO DE DADOS

A primeira tipologia escolhida foi edifícios com 4 pavimentos, porém nas entrevistas com os profissionais constatou-se que os projetos mais acessíveis eram os com mais de 10 pavimentos. Esta facilidade dos projetos acontece porque atualmente este é o tipo mais oferecido pelas construtoras para os clientes.

Entre os projetos que foram obtidos têm-se empreendimentos de padrões baixo, normal e alto (classificação de acordo com a NB – 12.721). Estas características não trazem prejuízo para o objetivo deste trabalho, visto que a superestrutura independe do padrão de acabamento dos edifícios, embora nas edificações de alto padrão, a tendência é valorizar mais vãos livres e priorizar espaços para garagens, por exemplo.

As origens da amostra são apresentadas na Tabela 3.1. Os projetistas de cálculos estruturais A, B e C são de Florianópolis, D é de Londrina, E de Cascavel e F de Curitiba.

**Tabela 3.1 - Origens dos projetos estruturais da amostra**

ORIGEM DOS PROJETOS		QUANTIDADE
PROJETISTA DE CÁLCULO ESTRUTURAL	A	9
	B	6
	C	11
	D	1
	E	11
	F	15
<b>TOTAL</b>		<b>53</b>

Para proceder a avaliação e comparação, a amostra, foi dividida em grupos de acordo com o número de pavimentos, conforme está apresentado na Tabela 3.2 e também de acordo com o tipo de laje, maciça, pré-moldada, nervurada com tijolos, nervurada com blocos autoclavados.

**Tabela 3.2 - Classificação dos grupos por número de pavimentos**

GRUPOS	NÚMERO DE PAVIMENTOS TIPO	QUANTIDADE DE PROJETOS
2	2	7
3	3	4
4/5	4 e 5	6
6/7	6 e 7	6
8/9	8 e 9	7
10/15	10 a 15	14
MAIS de 15	16 a 28	9
<b>TOTAL</b>		<b>53</b>

Segundo autores a altura das edificações modifica as quantidades e os custos, pois é necessário incorporar ao edifício alguns elementos, por exemplo, para suportar a pressão do vento, bem como aumentar as dimensões dos pilares.

Na entrevista com os projetistas de cálculo verificou-se que havia interesse pela pesquisa (Figura 3.2), porque mesmo sendo do ramo eles não têm critérios definitivos para avaliar os custos estruturais em relação a modulação, e sim impressões. Foi levantada uma hipótese de que edifícios com forma geométrica quadrada são as que teriam menor custo.

		Empresa					
		A	B	C	D	E	F
Interesse	Muito						
	Médio						
	Pouco						
	Nenhum						

**Figura 3.2 - Interesse dos projetistas pela pesquisa**

Na opinião de um dos projetistas de cálculo que utiliza programas computacionais para cálculo estrutural, aceita-se como correta a solução proposta pelos softwares. Com isto pode acarretar falta de visão crítica dos engenheiros que ingressam nesta área, assim diminuindo o interesse pela busca de soluções mais viáveis economicamente.

Muitas dificuldades foram encontradas com relação à recuperação das memórias de cálculo e relação de materiais. Cada projetista de cálculo tem uma forma personalizada para arquivar os projetos tendo sido necessário designar uma pessoa da equipe para separar os projetos para a pesquisa.

Outro problema foi a forma de obtenção da informação específica, cada um tem diferentes níveis de detalhamento dos projetos e das relações de quantidades dos materiais, foi preciso empreender novos contatos demandando mais tempo também por parte das pessoas da empresa de cálculo estrutural.



Houve também por parte de alguns dos projetistas de cálculo consultados, no primeiro momento, aquilo que parecia ser falta de interesse ou má vontade em auxiliar na pesquisa. Depois percebeu-se que eles estavam geralmente muito atarefados, chegando a desligar seu telefone, ou deixando de atendê-lo em determinados momentos pois precisam estar concentrados nos cálculos estruturais, ou paravam com seu trabalho, em outros momentos, para atender clientes que procuravam por soluções urgentes.

Outros, receosos quanto a utilização dos projetos, desta maneira manifestando preocupação em serem usados para compará-los com os outros, ou que os edifícios e as construtoras fossem expostas e comparadas; isto pode ser constatado com o fornecimento de alguns projetos, onde foi suprimido o nome da obra e da construtora, mesmo sendo avisado e combinado que as empresas de construção civil e os projetos não seriam mencionados e sim tratados por letras e números.

Optou-se inicialmente em considerar as quantidades de concreto, aço e fôrma, conseguindo-se assim taxas de relacionamento entre os materiais. Em um segundo momento percebeu-se que considerar o item de fôrma seria pouco significativo, porque este dado depende do tempo de obra, número de aproveitamento, acabamento final que se deseja, sistema construtivo, tais como sistema de escoramento e sistema de fôrma industrializado ou não.

Além do mais a curva ABC determinou a importância do concreto e do aço; o cimento não será considerado neste estudo, pois o que se pretende é o custo da estrutura e não o custo de fazer a estrutura.

### **3.3. CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA**

Com os projetos coletados, foram separados os que eram edifícios residenciais com suas respectivas relações das quantidades de concreto e aço. Fez-se um levantamento das quantidades totais de aço, concreto e forma para cada edifício.

Todos os projetistas de cálculo forneceram a planta do pavimento tipo e a relação de materiais. Os projetistas D e E enviaram as relações de materiais, concreto, fôrma e aço, detalhadas por elementos estruturais e por pavimento, caixa d'água, cisterna e escadas.

A etapa seguinte foi separar os projetos em grupos por número de pavimentos. Foi observado que os pavimentos subsolo, térreo, duplex, cisterna, caixa d'água variavam bastante de um projeto para outro, por exemplo, nos detalhes como platibandas, floreiras, piscinas, guaritas, muros de fechamento e existência ou não de área de lazer.

O critério para classificar a tipificação das edificações está de acordo com o número de dormitórios, segundo autores, porém neste trabalho adotou-se unicamente como tipologia a estrutura, ou o esqueleto do edifício.

As obras da amostra estavam no mesmo nível de detalhamento para iniciar as análises e comparações, isto é, a relação das quantidades de concreto e aço e os projetos de fôrma dos pavimentos tipos. Os projetos foram separados de acordo com o número de pavimentos tipo e a partir disto foram delimitados os quadriláteros estruturais de cada edifício para elaboração das planilhas que constam no Anexo 1A.

### 3.3.1.FORMAÇÃO DOS QUADRILÁTEROS ESTRUTURAIS

Define-se por quadrilátero estrutural a figura geométrica composta de 4 lados formando, em geral, ângulos retos entre si. Esta figura geométrica é demarcada por pilares e, nem sempre com vigas em 90 graus. Com o conhecimento da área total do pavimento tipo, encontrou-se o número de quadriláteros estruturais necessários à modulação estrutural deste.

O quadrilátero estrutural é formado por dois lados  $a$  e  $b$ , sendo que os valores destas medidas são diferentes, assim adotou-se para  $a$  o menor valor e para  $b$  o maior valor.

Para o traçado dos quadriláteros estruturais foram definidas as áreas de influência dos pilares. A área de influência dos pilares foi determinada pela área total do pavimento tipo dividido pelo número total de pilares.

$$A_m = \frac{A_{pt}}{nP}$$

Onde se tem:

$A_m$  → Área de influência média;

$A_{pt}$  → Área total do pavimento tipo;

$nP$  → Número total de pilares.

A área total do pavimento tipo é dado pelo somatório das áreas dos quadriláteros estruturais:

$$A_{pt} = \sum_{i=1}^n (a_i * b_i)$$

Quando se substitui estes dados na fórmula anterior têm-se:

$$A_m = \sum_{i=1}^n (a_i * b_i) / nP$$

De onde se obtém a modulação de cada quadrilátero como mostrado pelas fórmulas abaixo:

$$M_m = \sum_{i=1}^n (a_i * b_i) / nP$$

$M_m$  → Modulação média;

$a_i$  → Menor medida do quadrilátero estrutural;

$b_j$  → Maior medida do quadrilátero estrutural;

$i$  → Número de vezes que aparecem as medidas ,  $i=1, \dots, n$ ;

$nP$  → Número total de pilares.

Obs.:  $A_m$  poderá eventualmente ser igual a  $A_{pt}$ , mas não como regra, pois

$\sum_{i=1}^n (a_i * b_i)$  é diferente de  $A_{pt}$  devido a diferenças entre os valores de  $a$  e  $b$ , ou seja

quando a forma do quadrilátero estrutural é regular quadrada ou retangular, e não há compensação de área como no caso de balanços ou balcões, em geral,  $a_i = a$ ,  $b_i = b$ , no entanto quando a forma não é regular então as igualdades não se verificam, isto é,  $a_i \neq a$  e  $b_i \neq b$ .

Com os dados de todos os quadriláteros do pavimento tipo obtém-se a modulação média do pavimento tipo dos edificios em estudo dado por:

$$M_m = a_m * b_m$$

O significado de  $M_m$  é tentar aproximar o tanto quanto possível o quadrilátero estrutural de um quadrado. De posse destes dados foram traçados os perfis modulares para cada edificio. O perfil modular proporciona a característica estrutural do pavimento.

Para se obter os valores das medidas  $a_m$  e  $b_m$  procedeu-se da seguinte maneira:

1.  $a' = b' = \sqrt{A_{pt}/nQ}$  neste caso supondo que as medidas sejam iguais;
2.  $\frac{\sum a_i}{nQ} = a''$  e  $\frac{\sum b_i}{nQ} = b''$ , obtendo-se desta forma o valor médio de todas as medidas encontradas para  $a$  e  $b$ .
3. com os valores encontrados comparou-se:
  - $a'$  e  $a''$  e adotou-se o maior valor –  $a_m$
  - $b'$  e  $b''$  e adotou-se o maior valor -  $b_m$

### 3.3.2.FORMAÇÃO E EXEMPLOS DOS QUADROS

Quando as plantas possuíam projetos regulares, isto é, retangulares, ou quadrados, foi relativamente fácil fazer a modulação. Mas na amostra também havia projetos com formas irregulares, o que dificultou o traçado dos quadriláteros estruturais. Nestes projetos foi necessária uma compensação de áreas entre os quadriláteros dos projetos. Apareceram também em alguns projetos, quadros com vigas em balanço, tendo-se optado por considerar estes quadriláteros até o fim.

Os exemplos a seguir mostram as diversas situações encontradas nos projetos e quais foram os procedimentos para a modulação e assim obter o valor de *a* e *b*. A numeração dos quadriláteros estruturais foi feita de forma crescente da esquerda para direita e da parte superior para a inferior das fôrmas. As medidas para *a* e *b* são referenciadas aos eixos dos pilares.

### 3.3.2.1. Com 4 pilares

A Figura 3.3 apresenta o módulo mais simples, o qual é limitado pelos pilares nos 4 cantos e vigas no perímetro. O lado menor é o  $a$  e o maior é o  $b$ .

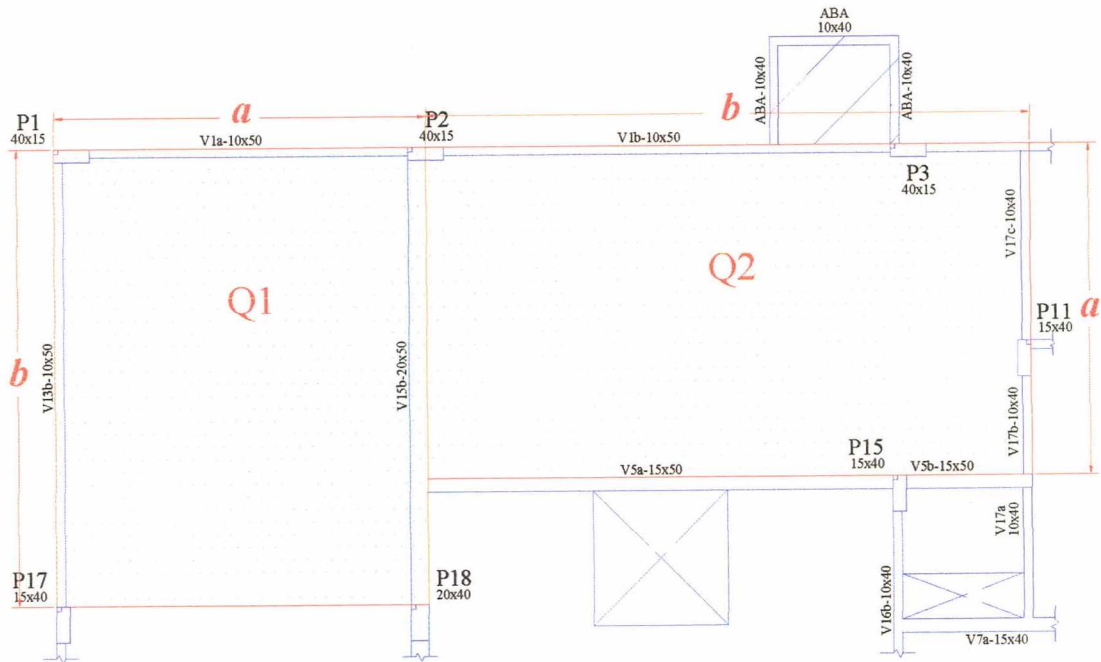


Figura 3.3 - Modulação do Edifício 2FM1

### 3.3.2.2. Com 4 pilares e viga em balanço

Na Figura 3.4 e Figura 3.5 estão ilustradas vigas em balanço, desta forma os módulos foram considerados até o final.

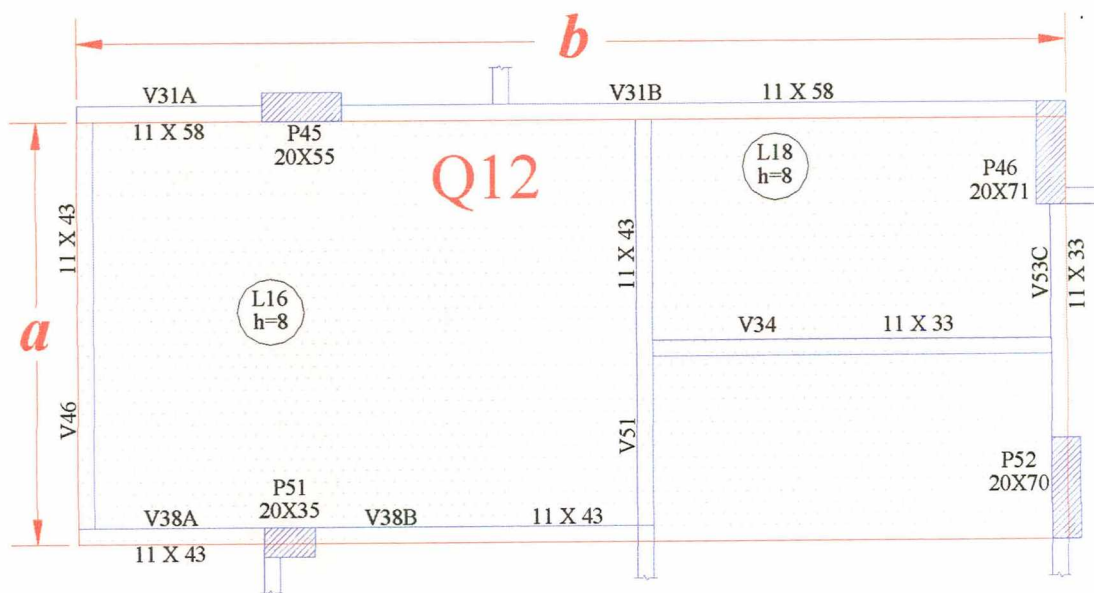


Figura 3.4 - Modulação do Edifício 10BM1

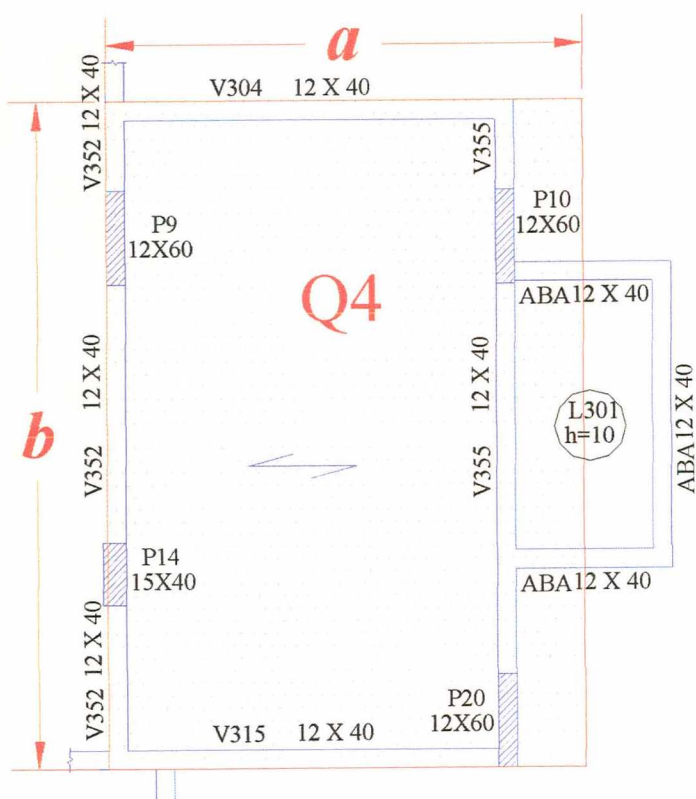


Figura 3.5 - Modulação do Edifício 4AP1

3.3.2.3. Com forma geométrica irregular

As Figuras 3.6 e 3.7 apresentam como se procedeu para adequar os projetos que eram irregulares, atentando para que as áreas reais e as medidas dos lados *a* e *b* que não fossem alteradas.

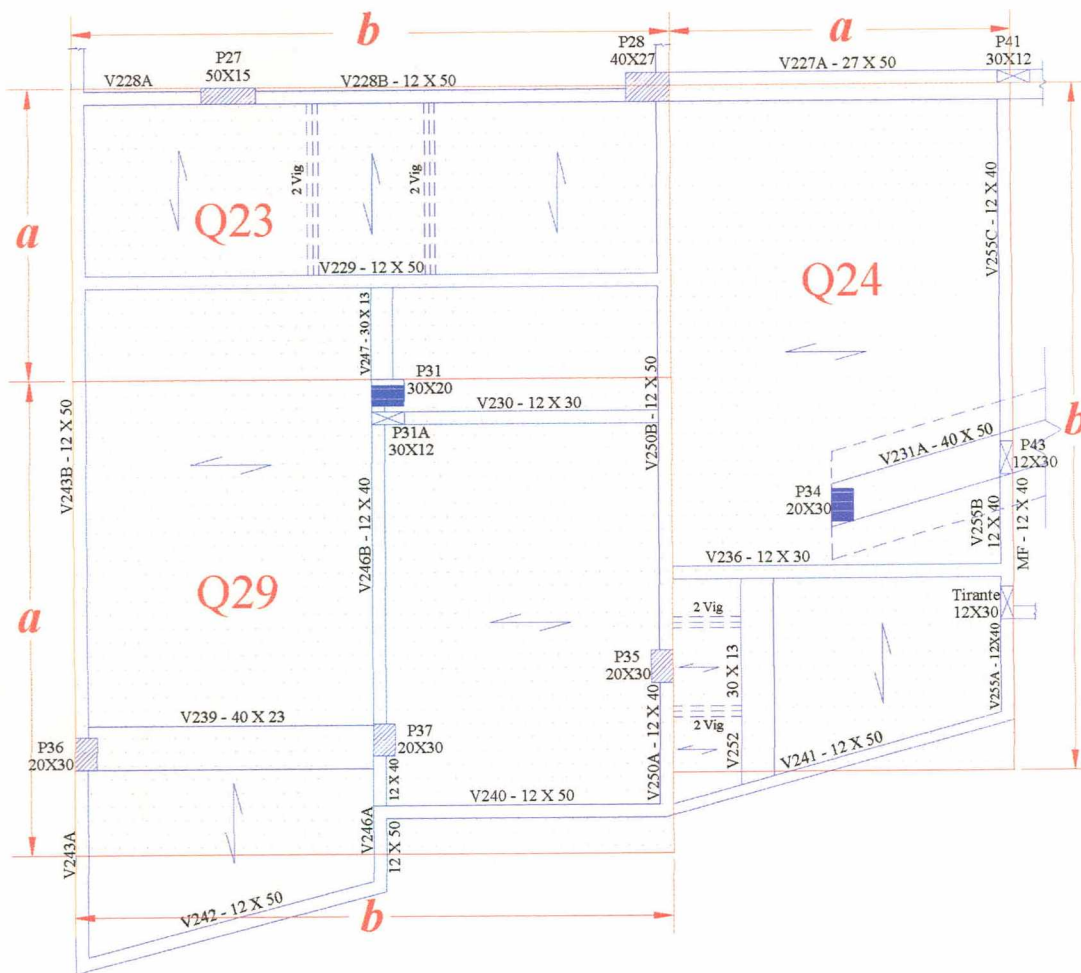


Figura 3.6 - Modulação do Edifício 2AP2



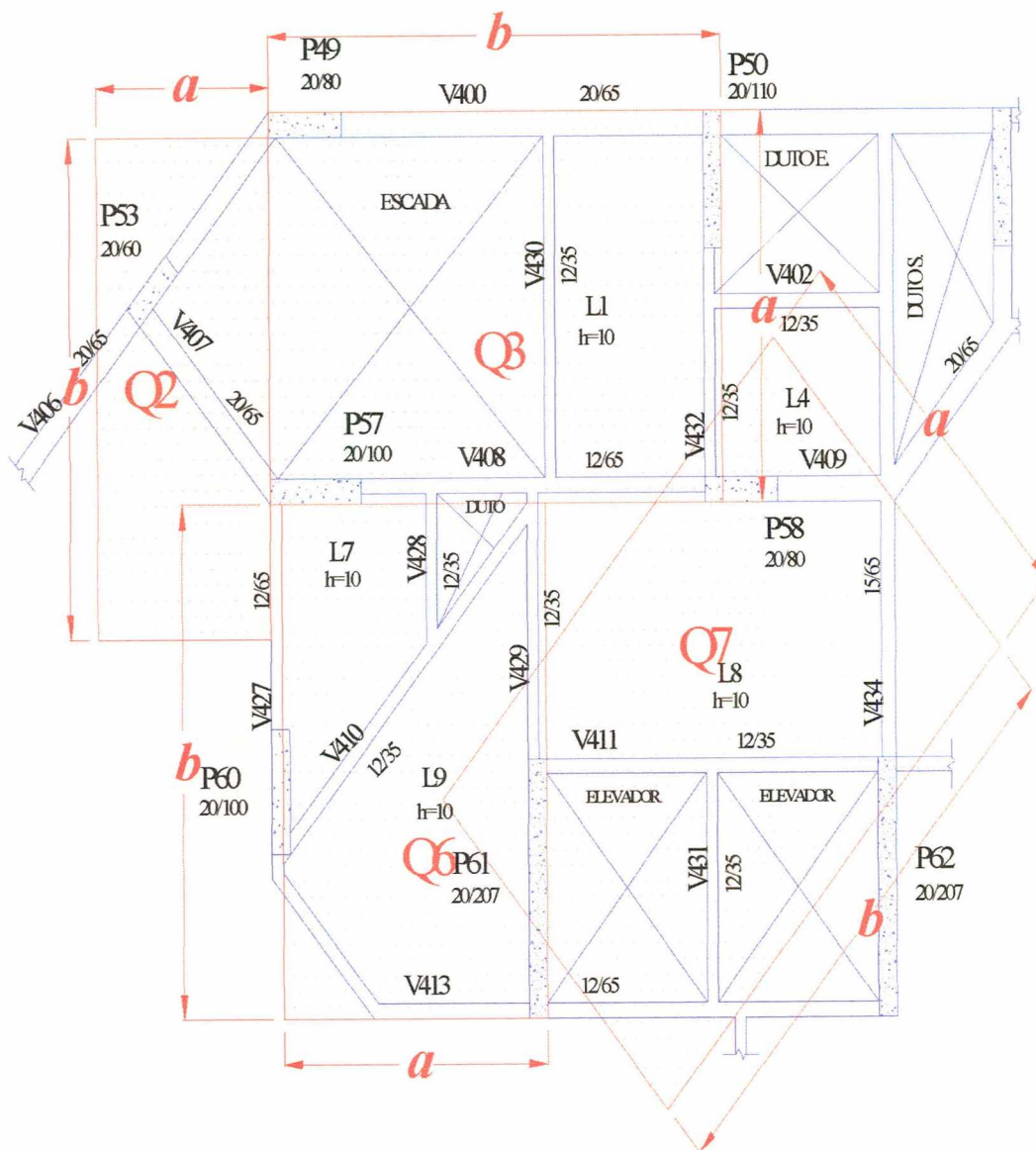


Figura 3.7 - Modulação do Edifício 18EM1

### 3.3.2.4. Com compensação de área

Na Figura 3.8 observa-se a planta do edifício 28FM1 com forma irregular, onde foi necessário a compensação de áreas. A área demarcada mostra a superposição de área nos quadros dos módulos, que foi computada duas vezes. Esta duplicidade compensa a área que não foi considerada. Os valores *a* e *b* são os lados menor e maior do módulo, conforme já explanado.

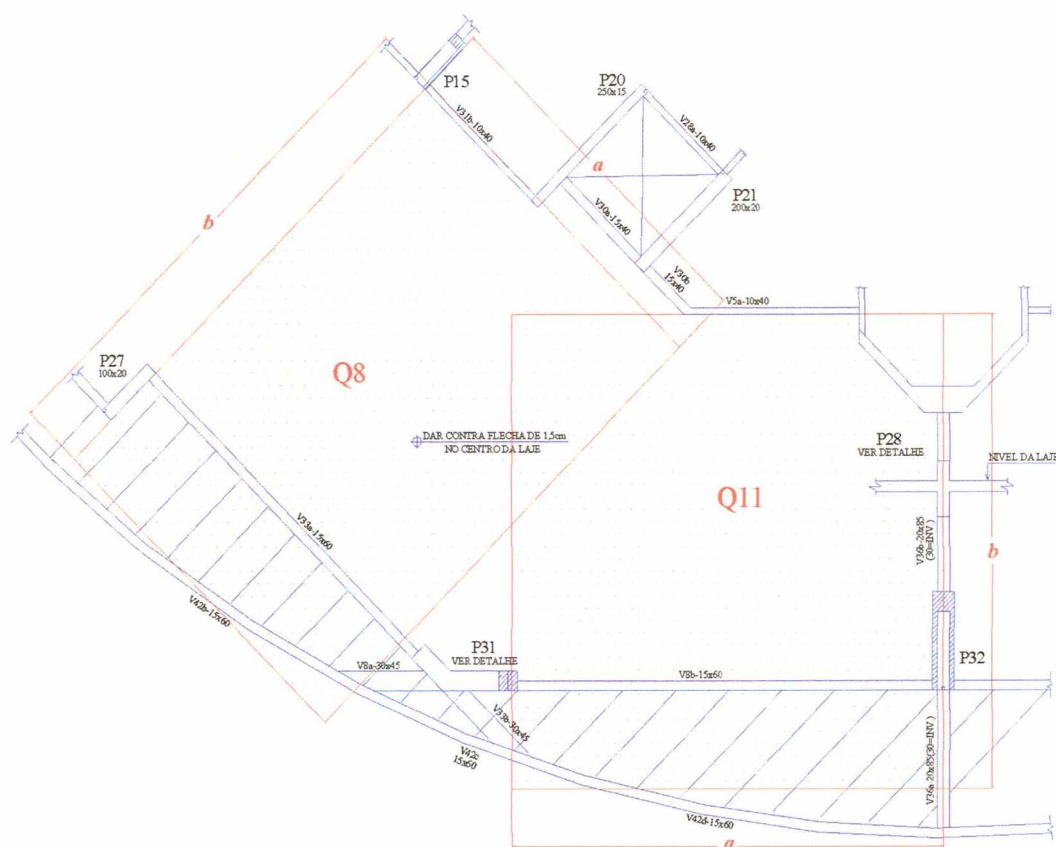


Figura 3.8 - Modulação do Edifício 28FM1

### 3.4. LEVANTAMENTO DAS MEDIDAS DOS QUADRILÁTEROS ESTRUTURAIS

O edifício 12FM1 apresentado na Figura 3.9 ilustra a forma de tratamento dos dados da amostra para a modulação estrutural.

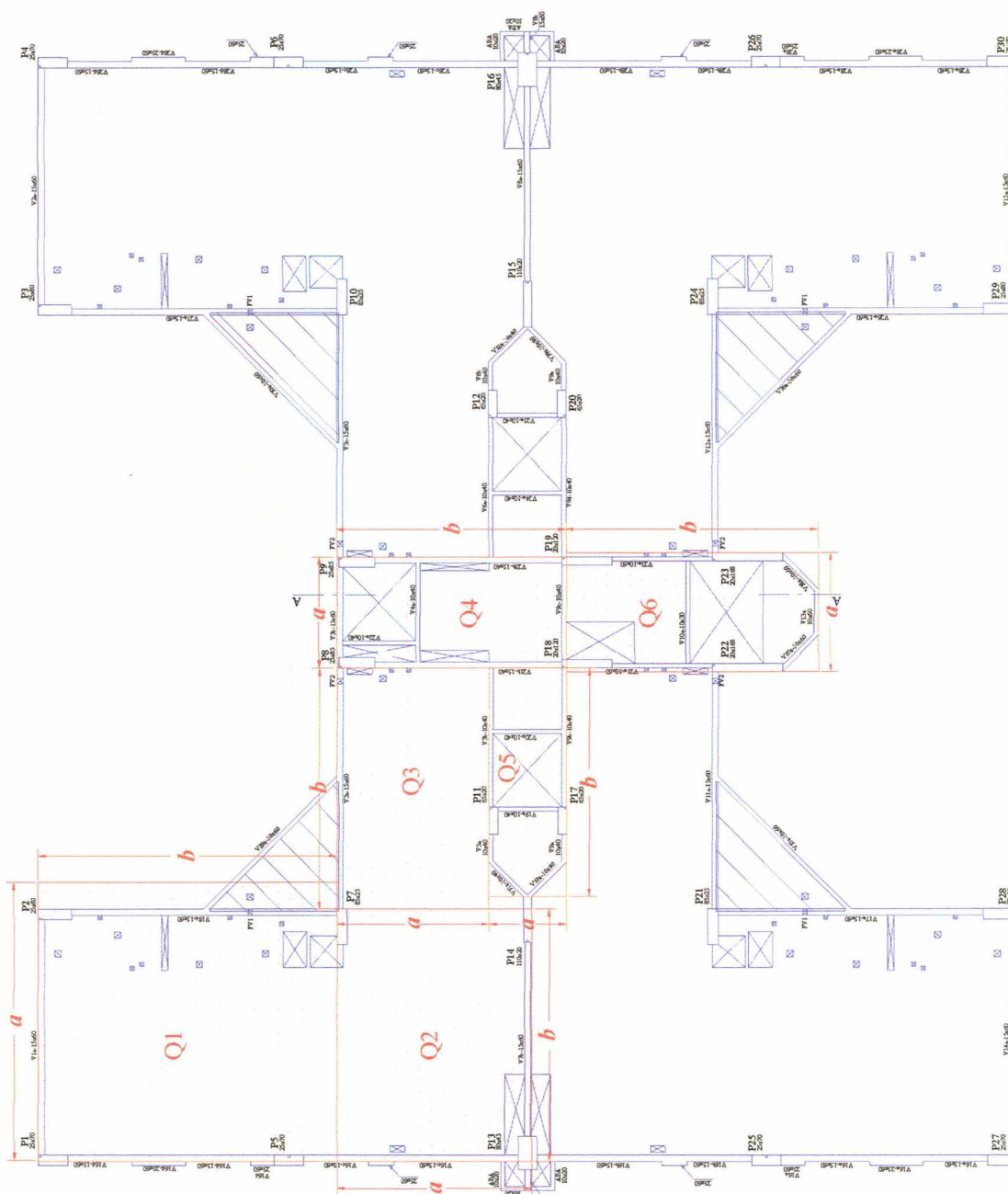


Figura 3.9 - Modulação do Edifício 12FM1

A Tabela 3.3 apresentada a seguir é ilustrativa e mostra como foram traçados e coletados os dados dos quadriláteros estruturais que geraram as medidas de  $a$  e  $b$ , para cada edifício da amostra.

**Tabela 3.3 - Levantamento das medidas dos quadriláteros estruturais**

Edifício: 12FM1			P.T.= 12	
Quadros	$a$ (m)	$b$ (m)	$nQ$ (un)	área (m <sup>2</sup> )
1	6,49	7,15	4	185,61
2	4,65	6,05	4	112,53
3	3,50	5,63	4	78,82
4	2,85	5,50	1	15,68
5	1,85	5,63	2	20,83
6	2,85	6,05	1	17,24
	<b>67,96</b>	<b>98,13</b>	<b>16</b>	<b>430,71</b>
área total P.T.		<b>5.168,55</b>		

Para se encontrar os valores médios para  $a$  e  $b$  procedeu-se da seguinte forma:

- Valor dos lados para  $a$  e  $b$  menor e o maior, respectivamente, para cada quadro;
- Número de vezes em que os quadriláteros idênticos se repetem;
- Cálculo da área para cada quadrilátero estrutural;
- Somatório dos valores de  $a$ ,  $b$ , número de quadriláteros e das áreas dos quadriláteros estruturais.

Com os dados da Tabela 3.3 foram calculados os valores para  $a$  e  $b$ .

$$a = b = \sqrt{A_{pt}} / nQ \quad \therefore a = b = 5,19\text{m};$$

O segundo valor para  $a$  e  $b$  é determinado pela média dos valores, isto é,

$$\Sigma a / nQ \quad \therefore a = 4,25\text{m};$$

$$\Sigma b / nQ \quad \therefore b = 6,13\text{m}.$$

Assim têm-se dois valores para  $a$  e  $b$ . Para este trabalho foram adotados:

Dos dois valores disponíveis para  $a$  o adota-se o valor maior;



E para  $b$ , também foi adotada a mesma regra, o maior valor dos dois.

Desta mesma forma foram executados os cálculos dos outros edifícios, conforme está apresentado nas Tabela 3.4, que servirão de subsídios para as análises.

**Tabela 3.4 - Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 12FM1**

Edifício: 12FM1		P.T.= 12				
Área quadriláteros $A_{pt}$ m <sup>2</sup>	nº de quadros $nQ$ un	$\sum a$ m	$\sum b$ m	$\sqrt{\frac{A_{pt}}{nQ}}$ $a = b$	$\sum a/nQ$ $a$	$\sum b/nQ$ $b$
430,71	16,00	67,96	98,13	5,19	4,25	6,13
Valor adotado para $a_m$	5,19					
Valor adotado para $b_m$	6,13					
Mmp ( $a_m \times b_m$ )	31,82					

### 3.5. CÁLCULO DOS ÍNDICES PARA ESTIMATIVAS DE CUSTOS

Da relação de materiais foram retiradas as quantidades de concreto e aço para identificar alguns índices técnicos. Com o cálculo destes índices poderão ser feitas considerações para auxiliar nas estimativas de materiais e custo dos edifícios.

A Tabela 3.5 apresenta as quantidades de concreto e aço e os valores são lançados separadamente para cada amostra. Esses dados são utilizados para determinação de índices. Os índices se referem à quantidade total de pavimentos tipo da amostra: A área dos quadriláteros é extraída da Tabela 3.3

$I_1$  é a relação entre a quantidade de aço e a área dos quadriláteros;

$I_2$  é relação entre o volume de concreto e a quantidade de aço;

$I_3$  é a relação entre o volume de concreto e a área dos quadriláteros.

Tabela 3.5 - Índices técnicos para consumo de concreto e aço

Edifício: 12FM1			P.T.= 12			
Elementos estruturais	Concreto (C)	Aço (A)	Área quadrilátero (A <sub>pt</sub> )	Índice I <sub>1</sub> A/A <sub>pt</sub>	Índice I <sub>2</sub> A/C	Índice I <sub>3</sub> C/A <sub>pt</sub>
unidade	m <sup>3</sup>	kg	m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
P+V+L	1.034,00	91.920,00	5.168,55	17,78	88,90	0,20

P+V+L significa o somatório de quantidades de concreto e aço para pilares, vigas e lajes

A determinação destes índices possibilitará posteriormente a confrontação e comparação dos outros edifícios da amostra.

### 3.6. SUMARIZAÇÃO

A metodologia apresentada resume-se em:

- Selecionar a planta de forma do pavimento tipo;
- Determinar os quadriláteros estruturais;
- Achar os valores de *a* e *b*, portanto  $M_{mp}$ ;
- Achar a frequência das áreas dos quadriláteros estruturais e montar o histograma;
- Relacionar os consumos de concreto e aço, para obtenção dos índices de  $A / A_{pt}$  (I<sub>1</sub>),  $C / A$  (I<sub>2</sub>) e  $C / A_{pt}$  (I<sub>3</sub>).

## **CAPÍTULO 4**

### **ANÁLISE DOS DADOS**

#### **4.1. INTRODUÇÃO**

Os dados obtidos com os edifícios da amostra são analisados neste capítulo. Inicialmente, tecem-se comentários sobre as necessidades de se levantarem índices de consumo de material estrutural. Depois aborda-se o perfil modular, analisando qual a frequência de número de painéis para cada tipo de edifício, classificando-os por número de pavimentos tipo.

Com as quantidades de concreto e aço coletadas são calculados os índices de consumos de materiais para cada um dos edifícios. Com os dados obtidos fazem-se as correlações entre os índices por número de pavimentos tipo, por faixas de áreas dos pavimentos tipo e por tipo lajes, maciça, pré-moldada e nervurada.

Também se correlacionam os índices de consumo com as áreas do pavimento tipo e com a modulação média. As análises são efetuadas considerando o número de pavimentos tipo e os grupos por faixas de áreas dos edifícios.

#### **4.2. NECESSIDADE DA ANÁLISE**

Como foi abordado no capítulo 2, os profissionais envolvidos na construção civil tem conhecimento que é necessário uma sistemática no desenvolvimento dos projetos. No entanto é preciso encontrar uma maneira de se avaliar o que está sendo adotado para cumprir a função de obter um produto de qualidade com o menor custo e que satisfaça o cliente.

Isto pode ser condicionado a uma das partes da edificação que possui um peso representativo no valor global da obra, a superestrutura. Os consumos destes insumos poderão estar diretamente ligado às características do edifício. Visando estimular a melhoria constante e a abertura às mudanças, um sistema de informação que cumpra de forma eficiente o seu papel será de grande valia para as empresas quando das tomadas de decisões para seus futuros empreendimentos.

Vai-se procurar constatar que a modulação estrutural e os índices de consumo de concreto e aço podem proporcionar um caminho na fase de concepção do projeto e na estimativa de custo. Isto será possibilitado pelas comparações entre os índices de consumo de insumos conforme a característica de cada projeto.

Os projetos em estudo estão divididos em dois tipos de dados. Um com a modulação estrutural e o outro com os índices de consumo de concreto e aço de acordo com o número de pavimentos tipo, por faixa de área do pavimento tipo e por tipo de lajes, com suas respectivas quantidades.

### **4.3. PERFIL MODULAR DOS EDIFÍCIOS**

O objetivo deste item é estabelecer qual o tamanho razoável de cada painel ou quadrilátero estrutural e assim detectar qual é o perfil modular para cada tipo de edifício.

A Tabela 4.1 apresenta os projetos estudados, com os números de pavimentos, números de pilares distribuídos no pavimento tipo, área do pavimento tipo, a modulação média e seus respectivos desvios padrões. A modulação dos quadriláteros estruturais e o valor adotado para *a* e *b* é encontrada como consta no item 3.3.1 do capítulo 3 da metodologia de pesquisa e os valores para cada edifício estão mostrados no Anexo 1 (Tabela A1.1 à Tabela A1.159).



Tabela 4.1 - Perfil modular dos edifícios

Edifício	PT	NP	$A_{pt}$	$a$	$b$	$M_{mp}$	$\sigma$
	un	un	(m <sup>2</sup> )	(m)	(m)	(m <sup>2</sup> )	
2AP4	2	22	154,90	3,21	3,74	12,01	3,55
2AP5	2	18	201,95	3,26	4,24	13,84	8,23
2AP3	2	19	246,77	4,74	5,39	25,52	8,11
2EM1	2	28	269,82	4,11	4,96	20,38	6,29
2AP1	2	65	382,80	3,57	4,06	14,49	6,15
2AP2	2	46	408,87	3,89	5,35	20,83	5,07
2FM1	2	38	412,01	4,54	5,33	24,21	5,57
3CP1	3	24	63,41	3,25	4,18	13,60	1,29
3FM1	3	17	133,82	4,72	5,24	24,75	12,32
3AP1	3	27	210,98	3,63	4,35	15,80	4,47
3CNT1	3	48	611,06	3,43	3,96	13,57	2,75
4AP1	4	40	243,70	3,33	3,90	12,99	2,01
4EM2	4	53	285,95	2,94	3,42	10,07	1,72
4EM1	4	40	290,77	4,14	4,87	20,15	6,60
4EM2	4	28	307,24	4,02	4,42	17,78	7,15
5FM1	5	26	199,23	4,07	4,83	19,66	10,26
5CNT1	5	30	210,51	4,19	4,67	19,55	4,52
6BP1	6	32	324,46	4,03	4,81	19,35	8,78
6FM1	6	28	366,81	5,53	6,45	35,64	12,07
6CNT1	6	25	441,81	5,62	5,66	31,77	13,73
6FM2	6	54	542,85	3,68	4,69	17,26	5,29
7CNT1	7	24	196,53	3,62	4,19	15,18	4,97
7FNT1	7	44	410,27	3,70	4,25	15,72	8,03
8CNT1	8	18	231,97	5,38	6,30	33,90	21,43
8CNT2	8	18	256,42	5,06	5,59	28,31	11,23
8BNB1	8	27	307,28	4,38	4,93	21,62	9,86
9CNT1	9	17	241,34	4,68	5,63	26,37	15,36
9ANB1	9	30	251,13	4,57	5,27	24,11	6,04
9BNB1	9	20	257,34	4,45	4,94	21,96	14,07
9FM1	9	60	467,92	4,02	4,67	18,77	7,93
10FM1	10	22	192,28	3,47	4,05	14,03	4,34
10BNT1	10	24	234,88	4,25	4,75	20,19	6,95
10BNB1	10	21	282,26	4,20	4,71	19,80	8,15
10BM1	10	58	397,49	3,19	3,97	12,69	5,34
10CNT1	10	32	408,31	4,41	5,28	23,26	5,64
12CNT2	12	30	385,36	4,91	5,44	26,69	8,48
12FM1	12	30	430,71	5,19	6,13	31,82	12,90
12AM1	12	42	433,59	4,66	5,33	24,83	13,67
12CNT1	12	24	469,89	4,96	5,43	26,93	12,56
14DM1	14	23	258,25	4,85	5,30	25,68	11,22
14FM1	14	42	295,29	3,09	3,35	10,33	3,38
15FNT1	15	17	184,94	4,53	5,18	23,50	14,35
15FM1	15	26	239,56	4,47	4,98	22,25	13,58
15EM1	15	42	482,15	4,68	5,12	23,98	8,04
16ENT1	16	31	345,64	4,06	4,69	19,04	8,89
16EM2	16	37	392,32	4,22	5,44	22,96	8,60
16EM1	16	37	419,67	4,10	4,79	19,62	10,04
17ENT1	17	24	244,65	4,72	5,53	26,09	15,25
17EM1	17	35	422,90	4,85	5,74	27,80	10,11
18FNT1	18	30	286,26	4,88	5,49	26,80	16,01
18EM1	18	28	338,34	4,22	5,04	21,28	6,56
20FM1	20	20	221,97	5,27	6,18	32,53	12,49
28FM1	28	33	495,54	4,86	5,72	27,80	14,82

Os projetos estão agrupados conforme os números de pavimentos na 1ª coluna onde 2AP4 significa, 2 é relativo aos números de pavimentos, A é o projetista executor do cálculo estrutural, P é o tipo de material utilizado para a laje, neste caso pré-moldada e 4 é a classificação do projeto executado pelo mesmo projetista para este tipo de laje. Na 2ª coluna PT significa pavimento tipo, na seqüência tem-se NP que é número de pilares e  $A_{pt}$  que é área do pavimento tipo. A área dos quadriláteros estruturais é nomeada de  $M_{mp}$  (Modulação média do pavimento) que é obtida pela multiplicação de  $a$  por  $b$ . A modulação não tem um valor constante ou crescente conforme variação das áreas dos pavimentos tipos, embora tenha o mesmo número de pavimentos tipo. Na Tabela 4.1 são apresentadas as áreas conforme o número de pavimentos tipo.

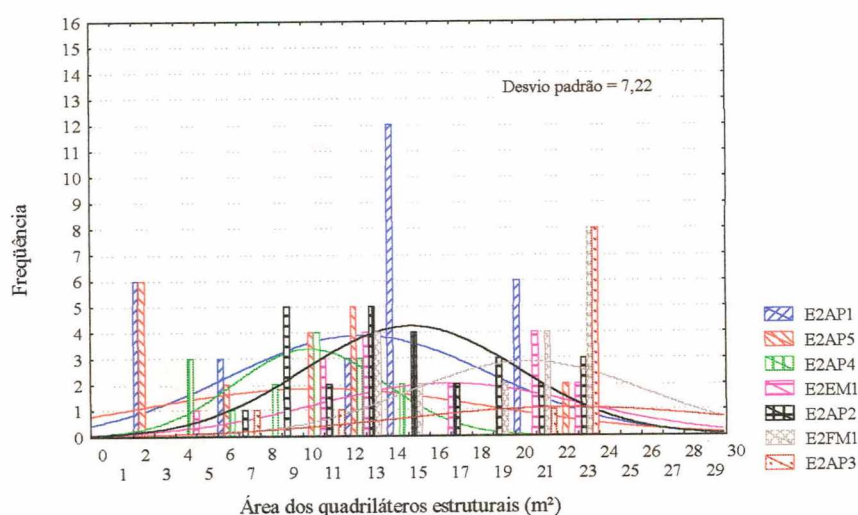
A variação das áreas dos edifícios de 2 pavimentos é de 154,90m<sup>2</sup> a 412,01m<sup>2</sup>. Os edifícios de 3 pavimentos tem uma variação das áreas do pavimento tipo muito grande se for considerado a quantidade de amostras, de 63,41m<sup>2</sup> a 611,06m<sup>2</sup>. Para os de 4 pavimentos a área é de 243,70m<sup>2</sup> a 307,24m<sup>2</sup>, na mesma classificação têm-se os de 5 pavimentos com as áreas de 199,23m<sup>2</sup> a 210,51m<sup>2</sup>.

Os edifícios do próximo grupo que é o de 6 e 7 pavimentos as áreas estão compreendidas entre 324,46m<sup>2</sup> a 542,85m<sup>2</sup> e 196,53m<sup>2</sup> a 410,27m<sup>2</sup>, respectivamente. As áreas de 231,97 a 307,28m<sup>2</sup> são relativas aos de 8 pavimentos e as áreas de 241,34m<sup>2</sup> a 467,92m<sup>2</sup> para os edifícios de 9 pavimentos. O penúltimo grupo que abrange os edifícios de 10 a 15 pavimentos as variações das áreas estão distribuídas em 192,28m<sup>2</sup> a 408,31m<sup>2</sup> para 10 pavimentos; 385,36m<sup>2</sup> a 469,89m<sup>2</sup> para 12 pavimentos; 258,25m<sup>2</sup> a 295,29m<sup>2</sup> para 14 pavimentos e 184,94m<sup>2</sup> a 482,15m<sup>2</sup> para os edifícios com 15 pavimentos tipo.

Para os edifícios do último grupo com 16 pavimentos tipo, as áreas variam de 345,64m<sup>2</sup> a 419,67m<sup>2</sup>; 17 pavimentos as áreas são de 244,65m<sup>2</sup> e 422,90m<sup>2</sup> para cada edifício. Os edifícios com 20 e 28 pavimentos a amostra é de 1 edifício para cada número de pavimentos e as áreas são 221,97m<sup>2</sup> e 495,54m<sup>2</sup>, respectivamente.

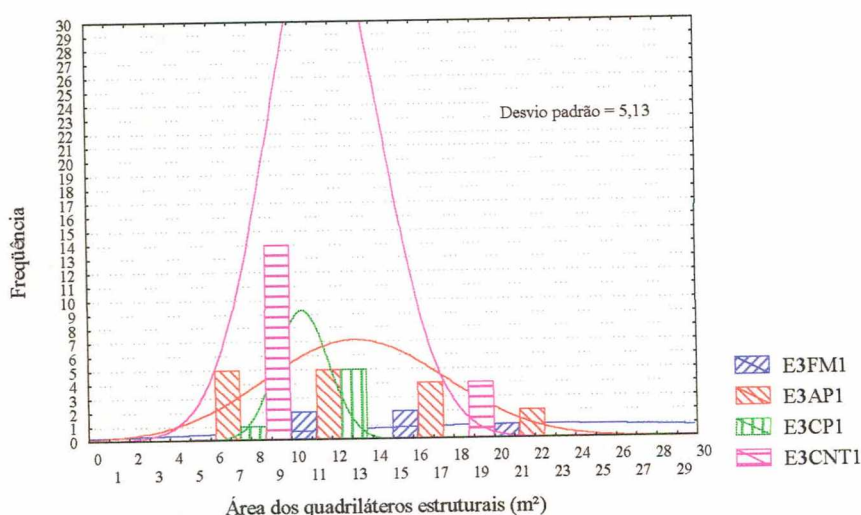
### 4.3.1. ANÁLISE DE ACORDO COM OS NÚMEROS DE PAVIMENTOS

Com as tabelas dos quadros estruturais com as medidas de *a* e *b* traçou-se os gráficos que constam no Anexo 1 (Figura A1.1 a Figura A1.60), desta forma pode-se perceber a frequência que aparecem os quadros de mesmo tamanho em cada edifício da amostra. Assim agrupou-se por pavimentos os edifícios e traçou-se o perfil modular com a frequência para cada grupo, mostrado a seguir.



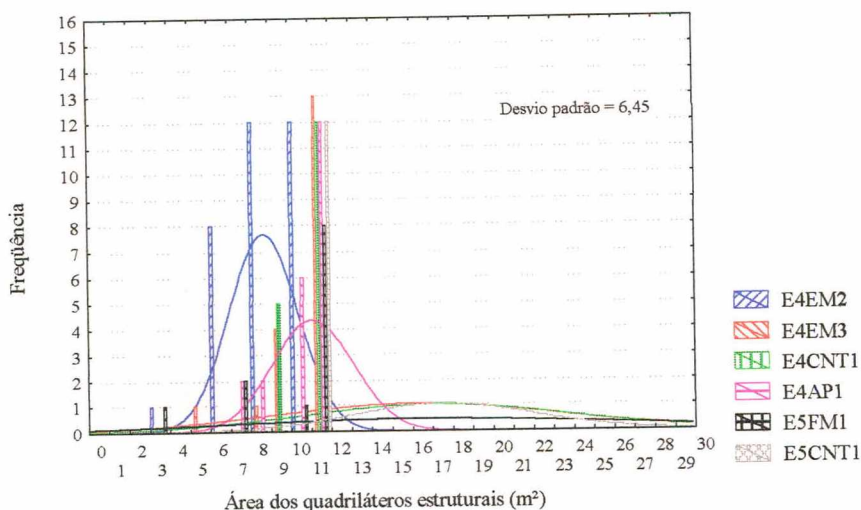
**Figura 4.1 - Perfil modular dos Edifícios com 2 pavimentos**

Na Figura 4.1 observa-se as áreas de modulação estão em torno de 10 a 23m<sup>2</sup> com a frequência destes módulos girando em torno de 4 vezes. O desvio padrão entre as áreas os módulos do quadriláteros é de 7,22 o que mostra a grande variação nas amostras. Fica bem caracterizado a dispersão de valores obtidos pelo conceito de quadrilátero estrutural.



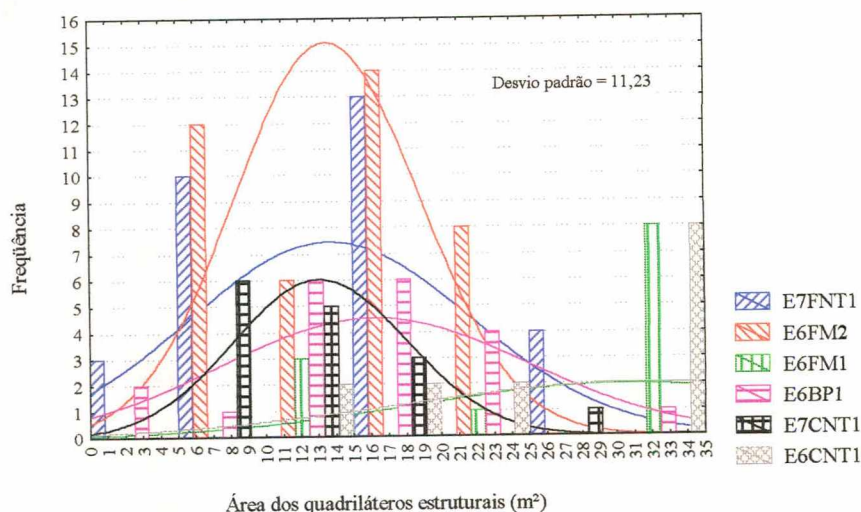
**Figura 4.2 - Perfil modular dos Edifícios com 3 pavimentos**

Na Figura 4.2 as áreas variam em um intervalo de 6m<sup>2</sup> a 22 m<sup>2</sup> com a frequência de 5 a 2 vezes. O desvio padrão é 5,13 entre as áreas dos quadriláteros, bem como se evidencia a falta de regularidade de distribuição dos quadriláteros estruturais, porém existe uma frequência maior entre as áreas de 7m<sup>2</sup> e 12m<sup>2</sup>.



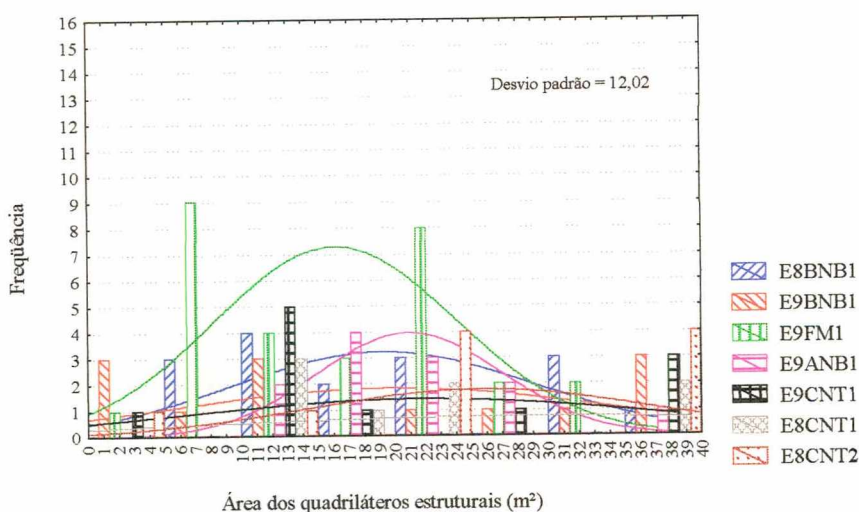
**Figura 4.3 - Perfil modular dos Edifícios com 4 e 5 pavimentos**

A variação da área apresentado na Figura 4.3 é de 7m<sup>2</sup> a 11m<sup>2</sup>, com a frequência de 8 a 12 vezes e o desvio padrão entre as áreas é de 6,45, fica evidente a falta de regularidade de distribuição dos quadriláteros estruturais. Contudo há uma frequência maior entre 5m<sup>2</sup> e 11m<sup>2</sup>.



**Figura 4.4 - Perfil modular dos Edifícios com 6 e 7 pavimentos**

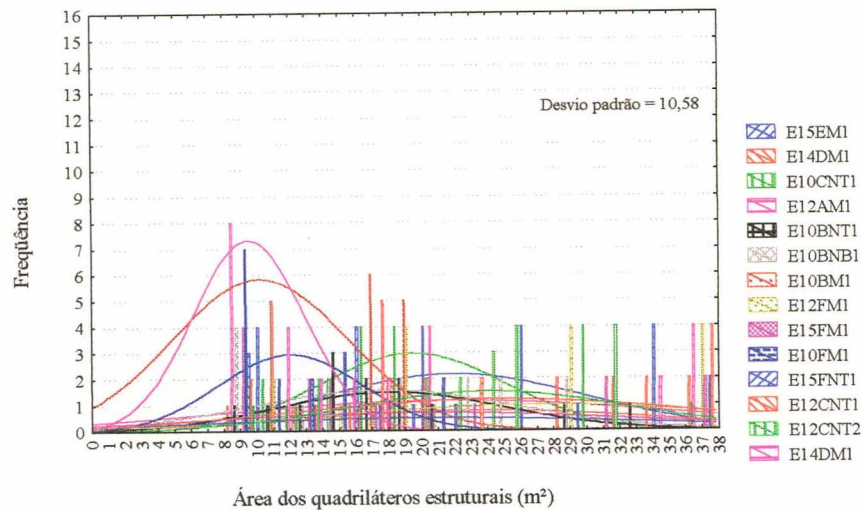
Para a Figura 4.4 a variação das áreas é grande conforme visualiza-se ficando entre 11m<sup>2</sup> e 25m<sup>2</sup>, o que é comprovado pelo valor do desvio padrão que é 11,23, mostrando também a irregularidade de distribuição dos quadriláteros estruturais, constatando-se a mesma irregularidade para as frequências. Em um caso, a curva normal não se assemelha com sua forma tradicional, como o 6BP1.



**Figura 4.5 - Perfil modular dos Edifícios com 8 e 9 pavimentos**

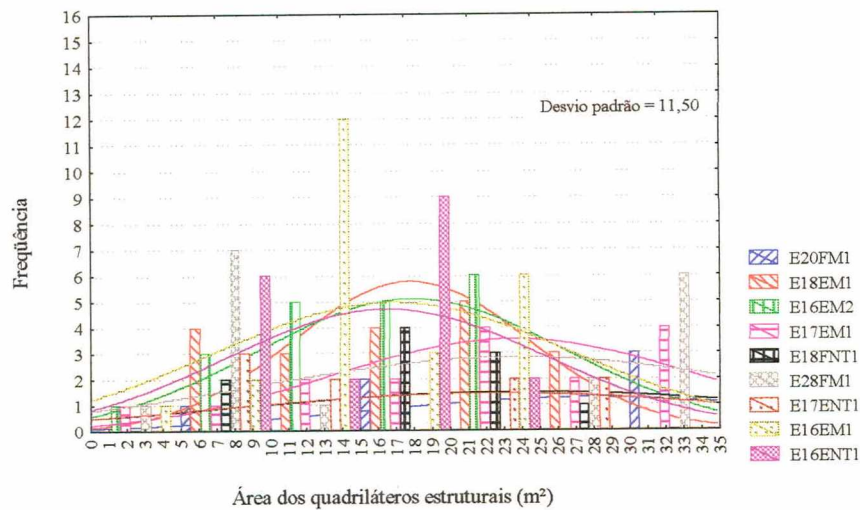
A variação das áreas apresentada na Figura 4.5 é de 1m<sup>2</sup> a 40m<sup>2</sup>, sendo constatado pelo desvio padrão de 12,02. Para esta amostra também se verifica a irregularidade de distribuição dos quadriláteros estruturais. A curva para o 8CNT1 não se delinea, como convencionalmente.





**Figura 4.6 - Perfil modular dos Edifícios com 10 a 15 pavimentos**

A frequência das áreas dos edifícios gira em torno de 4 vezes com um intervalo das áreas entre 8m<sup>2</sup> a 38m<sup>2</sup>, assim o desvio padrão é de 10,58. apresentado na Figura 4.6, evidenciando também a falta de regularidade de distribuição dos quadriláteros estruturais.



**Figura 4.7 - Perfil modular dos Edifícios com mais de 15 pavimentos**

A faixa das áreas dos quadriláteros apresentadas na Figura 4.7 está concentrada entre 6m<sup>2</sup> e 29m<sup>2</sup>, porém com frequência predominante das áreas de 2 a 4 vezes, gerando um desvio padrão de 11,50. Constata-se, novamente, a falta de regularidade de distribuição dos quadriláteros estruturais.

Em decorrência das análises constata-se, tanto dentro da classificação de pavimentos como fora, que há uma variação significativa de perfil modular. Isto quer dizer que as abordagens estruturais caracterizadas por este perfil modular, são diferenciadas e dificultam as comparações.

#### 4.4. ÍNDICES PARA CONSUMO DE CONCRETO E AÇO

Estes índices têm como objetivo estabelecer o consumo de materiais para estrutura em concreto considerando a forma estrutural que mais se aproximaria do futuro empreendimento. Existem projetos parecidos entre si porém com índices diferentes, desta forma pode-se também comparar as soluções que serão adotadas para cada edifício. Consequentemente constatando-se a viabilidade mais econômica a ser adotada.

As quantidades dos insumos concreto e aço para cada edifício e a obtenção dos índices constam no Anexo 1. A Tabela 4.2 apresenta os consumos de concreto e aço divididos em grupos de acordo com o número de pavimentos, número de pilares por pavimento tipo, valor da resistência característica do concreto ( $F_{ck}$ ), quantidade total de concreto e aço para todos pavimentos tipo, área total dos pavimentos tipo e os índices para entre concreto, aço e área do pavimento tipo.

As quantidades de concreto, aço e área do pavimento tipo correspondem ao total para todos os pavimentos tipo, referentes às vigas, lajes e pilares. Conforme mencionado na metodologia os índices extremos seriam eliminados, assim o edifício 3CP1 não consta das análises.

Os índices mostrados na Tabela 4.2 são:  $I_1$  ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) é a relação entre a quantidade de aço e área do pavimento tipo referente aos números totais de pavimentos tipo;  $I_2$  ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) é o índice entre o aço e o volume de concreto;  $I_3$  ( $\text{m}^3/\text{m}^2$ ) é a relação entre o volume de concreto e a área do pavimento tipo; e finalmente  $I_4$  ( $\text{m}^2/\text{un}$ ) é a área do pavimento tipo em relação aos números de pilares, isto é, a influência da quantidade de área para cada pilar.

---

Na 1ª coluna da Tabela 4.2 está apresentado a nomenclatura para cada edifício da amostra, o número significa a quantidade de pavimentos tipo, PT pavimento tipo e a classificação das áreas por ordem crescente. Na seqüência têm-se PT que é pavimento tipo; NP número de pavimentos tipo; Fck é a resistência do concreto; C concreto; A, aço;  $A_{pt}$  total significa área total dos pavimentos tipo.

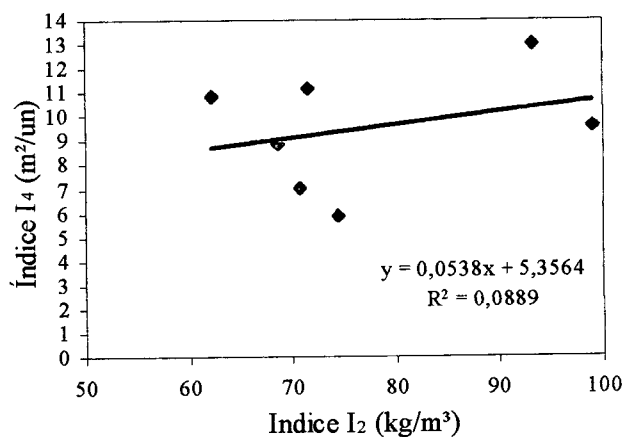


Tabela 4.2 - Índices de consumo de concreto e aço

Edifício	PT	NP	Fck	C	A	A <sub>pt</sub> total	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	I <sub>4</sub>
	un	un	(Mpa)	(m <sup>3</sup> )	(kg)	(m <sup>2</sup> )	(kg/m <sup>2</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> /un)
2AP4	2	22	18	45,70	3.229,00	309,80	10,42	70,66	0,15	7,04
2AP5	2	18	15	68,30	4.883,00	403,90	12,09	71,49	0,17	11,22
2AP3	2	19	15	63,00	5.873,00	493,55	11,90	93,22	0,13	12,99
2EM1	2	28	18	99,00	9.813,00	539,63	18,18	99,12	0,18	9,64
2AP1	2	65	18	89,00	6.622,00	765,60	8,65	74,40	0,12	5,89
2AP2	2	46	15	112,00	7.693,00	817,74	9,41	68,69	0,14	8,89
2FM1	2	38	15	132,00	8.200,00	824,02	9,95	62,12	0,16	10,84
3FM1	3	17	15	77,00	5.520,00	401,47	13,75	71,69	0,19	7,87
3AP1	3	27	15	110,00	9.836,00	632,93	15,54	89,42	0,17	7,81
3CNT1	3	48	15	196,00	12.870,00	1.833,19	7,02	65,66	0,11	12,73
4AP1	4	40	18	236,00	15.321,00	974,82	15,72	64,92	0,24	6,09
4EM2	4	53	20	194,00	16.013,00	1.143,79	14,00	82,54	0,17	5,40
4EM1	4	40	20	173,00	14.766,00	1.163,08	12,70	85,35	0,15	7,27
4EM3	4	28	18	202,00	18.990,00	1.228,95	15,45	94,01	0,16	10,97
5FM1	5	26	15	130,00	9.950,00	996,13	9,99	76,54	0,13	7,66
5CNT1	5	30	15	175,00	15.620,00	1.052,56	14,84	89,26	0,17	7,02
6BP1	6	32	21	125,00	12.998,00	1.946,75	6,68	103,98	0,06	10,14
6FM1	6	28	20	411,00	33.720,00	2.200,83	15,32	82,04	0,19	13,10
6CNT1	6	25	15	430,00	44.520,00	2.650,88	16,79	103,53	0,16	17,67
6FM2	6	54	20	560,00	41.460,00	3.257,08	12,73	74,04	0,17	10,05
7CNT1	7	24	15	188,00	20.867,00	1.375,69	15,17	110,99	0,14	8,19
7FNT1	7	44	15	365,00	27.860,00	2.871,88	9,70	76,33	0,13	9,32
8CNT1	8	18	18	259,00	22.264,00	1.855,72	12,00	85,96	0,14	12,89
8CNT2	8	18	18	401,00	41.840,00	2.051,39	20,40	104,34	0,20	14,25
8BNB1	8	27	21	563,00	66.335,00	2.458,21	26,99	117,82	0,23	11,38
9CNT1	9	17	18	361,00	25.380,00	2.172,07	11,68	70,30	0,17	14,20
9ANB1	9	30	18	503,00	44.157,00	2.260,15	19,54	87,79	0,22	8,37
9BNB1	9	20	24	467,00	62.703,00	2.316,05	27,07	134,27	0,20	12,87
9FM1	9	60	15	775,00	61.650,00	4.211,30	14,64	79,55	0,18	7,80
10FM1	10	22	20	450,00	40.800,00	1.922,80	21,22	90,67	0,23	8,74
10BNT1	10	24	21	381,00	36.713,00	2.348,78	15,63	96,36	0,16	9,79
10BNB1	10	21	21	505,00	65.035,00	2.822,60	23,04	128,78	0,18	13,44
10BM1	10	58	18	597,00	44.842,00	3.974,93	11,28	75,11	0,15	6,85
10CNT1	10	32	15	419,00	37.900,00	4.083,11	9,28	90,45	0,10	12,76
12CNT2	12	30	15	961,00	110.616,00	4.624,37	23,92	115,11	0,21	12,85
12FM1	12	30	20	1.034,00	91.920,00	5.168,55	17,78	88,90	0,20	14,36
12AM1	12	42	25	1.250,00	111.397,00	5.203,04	21,41	89,12	0,24	10,32
12CNT1	12	24	15	910,00	86.160,00	5.614,62	15,35	94,68	0,16	19,50
14DM1	14	23	20	605,00	62.144,00	3.615,54	17,19	102,72	0,17	11,23
14FM1	14	42	15	508,00	36.400,00	4.134,09	8,80	71,65	0,12	7,03
15FNT1	15	17	15	446,00	44.550,00	2.774,03	16,06	99,89	0,16	10,88
15FM1	15	26	15	594,00	50.100,00	3.593,36	13,94	84,34	0,17	9,21
15EM1	15	42	20	1.337,00	104.495,00	7.232,21	14,45	78,16	0,18	11,48
16ENT1	16	31	20/25	1.213,00	113.169,00	5.530,24	20,46	93,30	0,22	11,15
16EM2	16	37	20/30	1.308,00	100.186,00	6.277,12	15,96	76,59	0,21	10,60
16EM1	16	37	20/25	1.179,00	97.672,00	6.714,74	14,55	82,84	0,18	11,34
17ENT1	17	24	20/25	723,00	69.411,00	4.159,02	16,69	96,00	0,17	10,19
17EM1	17	35	20/25	1.632,00	134.622,00	7.189,37	18,73	82,49	0,23	12,08
18FNT1	18	30	20	868,00	78.480,00	5.152,64	15,23	90,41	0,17	9,54
18EM1	18	28	20/25	1.295,00	114.114,00	6.090,08	18,74	88,12	0,21	12,08
20FM1	20	20	20	859,00	93.600,00	4.439,30	21,08	108,96	0,19	11,10
28FM1	28	33	20	2.880,00	257.320,00	13.875,04	18,55	89,35	0,21	15,02

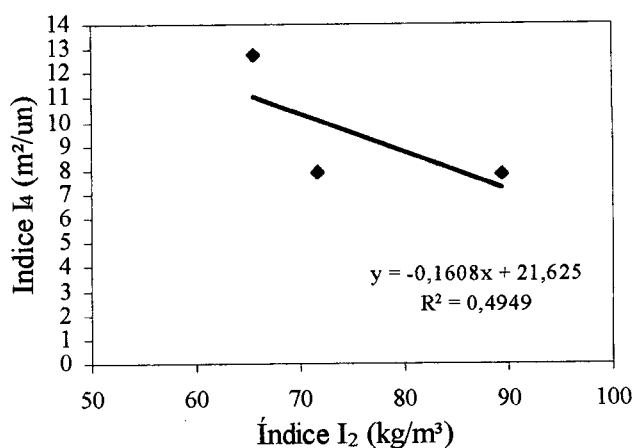
### 4.5. CORRELAÇÃO ENTRE OS ÍNDICES $I_2$ ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) E $I_4$ ( $\text{m}^2/\text{un}$ )

Os gráficos a seguir mostram a correlação entre os índices  $I_2(\text{kg}/\text{m}^3)$  e  $I_4(\text{m}^2/\text{un})$  que é a relação entre a quantidade de aço pelo volume de concreto, e a área do pavimento tipo em relação aos números de pavimentos.

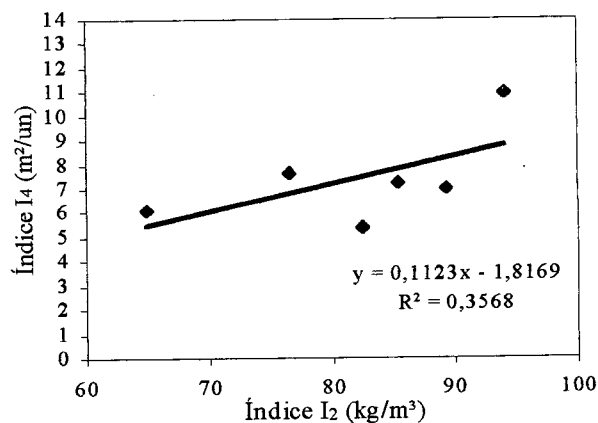


**Figura 4.8 - Relação entre os índices  $I_2$  e  $I_4$  - edifícios de 2 pavimentos tipo**

Na Figura 4.8 pelo valor de  $R^2$  mostra que a relação entre os índices  $I_2$  ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) e  $I_4$  ( $\text{m}^2/\text{un}$ ) praticamente não existe e na Figura 4.9 mesmo o valor de  $R^2$  próximo de 0,5, não é significativo devido à quantidade de amostra.

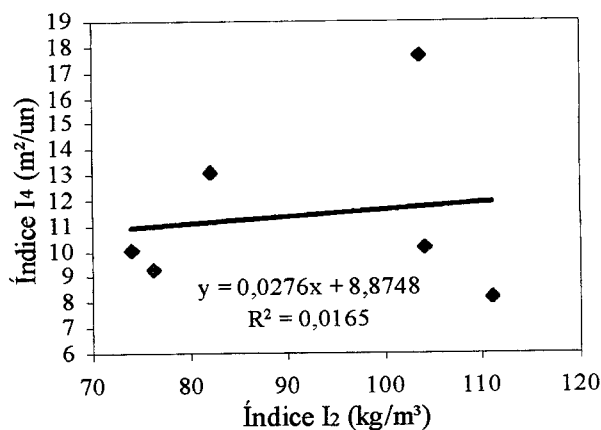


**Figura 4.9 - Relação entre os índices  $I_2$  e  $I_4$  - edifícios de 3 pavimentos tipo**

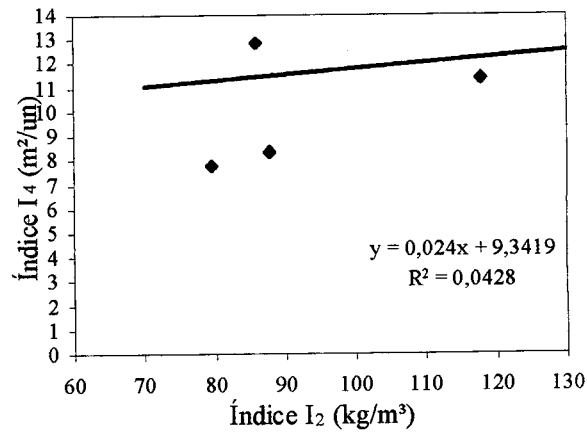


**Figura 4.10 - Relação entre os índices I<sub>2</sub> e I<sub>4</sub> - edifícios de 4 e 5 pavimentos**

A Figura 4.10 mostra que os pontos são dispersos e na Figura 4.11 apresenta a linha de tendência praticamente paralela ao eixo x e o R<sup>2</sup> tende a um número insignificante, evidenciando pouca ou nenhuma correlação.

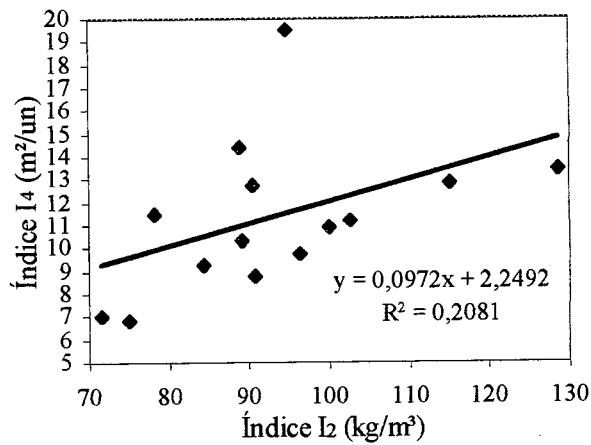


**Figura 4.11 - Relação entre os índices I<sub>2</sub> e I<sub>4</sub> - edifícios de 6 e 7 pavimentos**

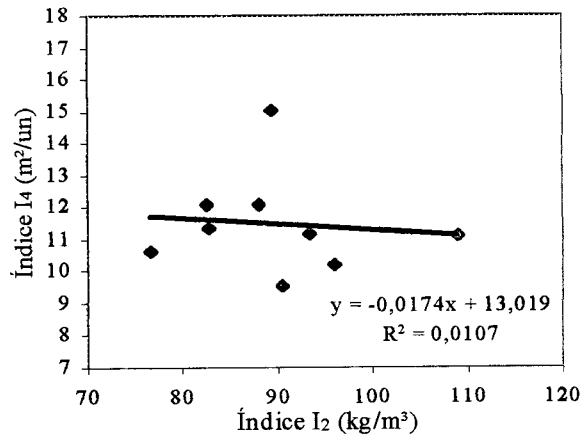


**Figura 4.12 - Relação entre os índices I<sub>2</sub> e I<sub>4</sub> - edifícios de 8 e 9 pavimentos**

Na Figura 4.12 são poucas as amostras e a Figura 4.13 tem um número de amostra significativo, porém a relação entre os índices mostra uma grande dispersão entre os pontos e correlação é irrelevante.



**Figura 4.13 - Relação entre os índices I<sub>2</sub> e I<sub>4</sub> - os edifícios de 10 a 15 pavimentos**



**Figura 4.14 - Relação entre os índices I<sub>2</sub> e I<sub>4</sub> - edifícios com mais de 15 pavimentos**

A Figura 4.14 apresentada demonstra que não há relação entre os índices, sendo comprovado pelo valor de  $R^2$ , mesmo o número de amostra sendo significativo.

Tanto a Tabela 4.2 como os gráficos apresentados nas Figuras 4.8 a 4.14 evidenciam que os consumos de materiais para a superestrutura independem da altura quando elimina-se os pilares da conta dos gastos estruturais. Isto de certa forma faz lógica com a literatura.

Na análise dos projetos observa-se que nos edifícios com áreas próximas e números de apartamentos por pavimento iguais não ocorre transição de pilares nos projetos de Cascavel como nos projetos de Florianópolis. A transição de pilares se faz para atender às garagens no térreo e/ou subsolo e ao restante da superestrutura.

#### **4.6. ANÁLISE PARA OS ÍNDICES I<sub>2</sub> (kg/m<sup>2</sup>) E I<sub>3</sub> (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>)**

Na análise entre os índices I<sub>2</sub> (kg/m<sup>3</sup>) e I<sub>3</sub> (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>) verifica-se que as faixas de variação dos índices, na classificação dos edifícios por números de pavimentos, não é constante e também que os números não são parecidos entre si, conforme está apresentado na Tabela 4.3.

**Tabela 4.3 - Variação dos índices  $I_2$  e  $I_3$  de acordo com os números de pavimentos**

Números de pavimentos	Variação de $I_2$ (kg/m <sup>3</sup> )	Variação de $I_3$ (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )
2PT	60 a 100	0,12 a 0,18
3PT	65 a 89	0,11 a 0,19
4 e 5 PT	65 a 94	0,13 a 0,24
6 e 7 PT	74 a 111	0,06 a 0,19
8 e 9 PT	70 a 134	0,14 a 0,20
10 a 15 PT	75 a 129	0,10 a 0,24
Mais de 15PT	76 a 109	0,17 a 0,23

Analisando-se os valores dos índices e as plantas de forma das amostras verifica-se que um edifício com o maior índice  $I_2$  (kg/m<sup>3</sup>) não tem o maior índice  $I_3$  (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>), também não depende da forma geométrica da planta do edifício para se ter maior ou menor consumo de material estrutural.

Quanto à forma geométrica da planta do edifício considerou-se neste trabalho os tipos regular e irregulares. Para as formas regulares são os edifícios que tem plantas com formas quadradas, retangulares, tipo H. Edifícios com formas irregulares são aqueles que possuem os lados das plantas, medidas umas diferentes das outras, recortes e reentrâncias.

Para os edifícios com 2 pavimentos tipo, no caso 2AP3 e 2EM1 apresentam índice  $I_2$  (kg/m<sup>3</sup>) 93,22 e 99,12 kg/m<sup>3</sup> que são os valores elevados da faixa de variação, o índice  $I_3$  (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>) 0,13 e 0,18m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. Os dois edifícios têm lajes de tipos diferentes, pré-moldada e maciça, forma geométrica regular, porém apresentam vigas com balanço, em dois lados, de 1,50 e 2,00m no sentido transversal e longitudinal respectivamente. Quando comparados aos do mesmo grupo de pavimentos constata-se que as vigas em balanço ocasionam índices mais elevados em relação aos com vigas apoiadas diretamente nos pilares.

O edifício 4EM3 com laje maciça, forma geométrica regular, com balanço de 1,20m nos dois lados do sentido longitudinal apresenta  $I_2$  (kg/m<sup>3</sup>) 94kg/m<sup>3</sup> e o valor de  $I_3$  (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>) 0,16 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>, novamente se observa consumo mais elevado de material referente às vigas em balanço, considerando que o projetista de cálculo é o mesmo de outros edifícios deste grupo.

Os edifícios 6CNT1 e 7CNT1 têm o maior  $I_2$  (kg/m<sup>3</sup>) índice consumo de aço por m<sup>3</sup> de concreto, 103,53 e 110,99kg/m<sup>3</sup> e índice  $I_3$  (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>) concreto por área do pavimento tipo, com os valores de 0,16 e 0,14 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. As características dos dois edifícios são similares, sendo que o 6CNT1 tem laje nervurada, forma geométrica regular, balanço de 1,10m nos dois lados no sentido longitudinal; o 7CNT1 também possui laje nervurada, forma geométrica regular, porém não possui vigas em balanço.

Ambos tem forma retangular, contudo eles diferem no comprimento, o 6CNT1 tem a dimensão de 10,60 x 46,80m sendo cerca de 2,5 vezes mais longo do que o 7CNT1, que mede 10,20 x 20,10m.

O edifício 8CNT1 apresenta o índice  $I_2$  (kg/m<sup>3</sup>), 85,96kg/m<sup>3</sup> e o índice  $I_3$  (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>), 0,14, sendo um edifício com laje nervurada e forma geométrica irregular; o 8BNB1 com o mesmo número de pavimentos, laje nervurada, forma geométrica regular, balanço de 1,50m no sentido longitudinal e tem os índices  $I_2$  de 117,82kg/m<sup>3</sup> e  $I_3$  de 0,23m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. Embora 8CNT1 tenha forma geométrica irregular o outro edifício 8BNB1 tem vigas em balanço, disto decorre o aumento do valor dos índices de consumo de materiais, a forma geométrica mais complexa não contribuiu para aumentar o índice de consumo.

Para os edifícios do grupo de 10 a 15 pavimento tipo, onde se tem o maior número de amostras, os edifícios 10CNT1 e 12CNT2 apresentam os índices  $I_2$  (kg/m<sup>3</sup>) de 90,45kg/m<sup>3</sup> e 115,11kg/m<sup>3</sup> e os índices  $I_3$  (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>) de 0,10m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> e 0,21; As formas geométricas são diferentes uma é irregular com vigas apoiadas diretamente sobre os pilares e a regular com vigas em balanço, respectivamente, o mesmo calculista para os dois edifícios. Observa-se que o 10CNT1 com forma geométrica irregular tem menor índice de maior consumo do 12CNT2 com forma geométrica regular.

No grupo dos edifícios com mais de 15 pavimentos, o edifício 17EM1, com forma irregular, 17 pavimentos tipo, laje maciça possui o índice  $I_2$  (kg/m<sup>3</sup>) de 82,49kg/m<sup>3</sup>, considerado satisfatório e o maior índice  $I_3$  (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>) de 0,23m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> deste grupo.

O edifício 20FM1 com forma irregular, laje maciça tem o maior índice  $I_2$  ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) com o valor  $108,96\text{kg}/\text{m}^3$  e o menor índice  $I_3$  ( $\text{m}^3/\text{m}^2$ ) do grupo com o valor de  $0,19\text{m}^3/\text{m}^2$ . Os projetistas de cálculo dos dois edifícios analisados são diferentes e a variação dos índices podem ser explicadas pela critério que cada um dos projetistas tenha adotado, um utiliza mais aço e menos concreto e o outro faz a consideração inversa.

Quando se compara as amostra verifica-se que as vigas em balanço provocam maiores índices do que a forma geométrica das plantas dos edifícios. O número de pavimentos não ocasiona maiores consumos, as variações que acontecem estão relacionadas com as considerações de cada um dos projetistas de cálculo, ou às características de cada um dos projetos.

#### **4.7. RELAÇÃO ENTRE AS ÁREAS E A MODULAÇÃO MÉDIA DOS PAVIMENTOS TIPO**

Com o objetivo de encontrar uma relação entre as áreas e a modulação média dos pavimentos tipo efetuou-se uma tabela onde as áreas estão agrupadas por faixas de área que variam cerca de  $50\text{m}^2$  cada uma. Fazem parte da Tabela 4.4 alguns itens da Tabela 4.1 e da Tabela 4.2.

Na Tabela 4.4 apresentada a seguir, que se refere as faixas de área, consta a nomenclatura dos edifícios por números de pavimentos, PT de pavimento tipo e o número é a classificação dos edifícios segundo o projetista de cálculo; PT é o número de pavimentos tipo  $F_{ck}$  é a resistência exigida para o concreto;  $A_{pt}$  é a área unitária do pavimento tipo.

Os índices apresentados são os seguintes:

- $I_1$  é a relação entre o aço pela área do pavimento tipo;
- $I_2$  é a relação do aço pelo volume de concreto;
- $I_3$  é a relação entre o concreto e a área do pavimento tipo;
- $I_4$  é a relação da área de influência do pavimento tipo e o número de pilares;



- 
- $M_{mp}$  é a modulação média dos quadriláteros e  $\sigma$  é o desvio padrão dos valores das modulações médias.

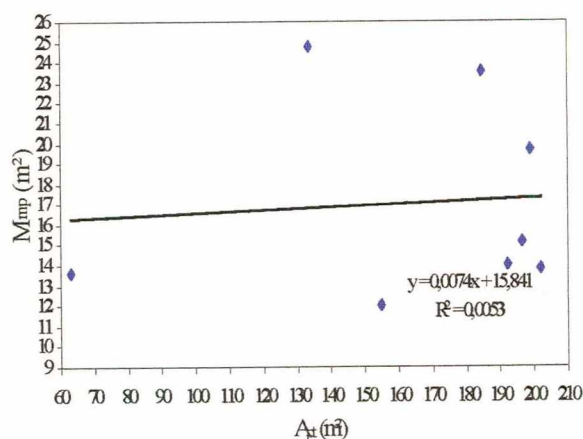
A partir disto foram realizadas correlações entre os índices  $I_2$  e  $I_4$  e as áreas com a modulação média dos pavimentos tipo.

Tabela 4.4 - Variação dos índices  $I_2$  e  $I_3$  por faixa de área crescente

Edifício	PT	NP	Fck	$A_{pt}$	$I_1$	$I_2$	$I_3$	$I_4$	$M_{mp}$	$\sigma$
	un	un	Mpa	(m <sup>2</sup> )	(kg/m <sup>2</sup> )	(kg/m <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> /un)	(m <sup>2</sup> )	
3FM1	3	17	15	133,82	13,75	71,69	0,19	7,87	24,75	12,32
2AP4	2	22	18	154,90	10,42	70,66	0,15	7,04	12,01	3,55
15FNT1	15	17	15	184,94	16,06	99,89	0,16	10,88	23,50	14,35
10FM1	10	22	20	192,28	21,22	90,67	0,23	8,74	14,03	4,34
7CNT1	7	24	15	196,53	15,17	110,99	0,14	8,19	15,18	4,97
5FM1	5	26	15	199,23	9,99	76,54	0,13	7,66	19,66	10,26
2AP5	2	18	15	201,95	12,09	71,49	0,17	11,22	13,84	8,23
5CNT1	5	30	15	210,51	14,84	89,26	0,17	7,02	19,55	4,52
3AP1	3	27	15	210,98	15,54	89,42	0,17	7,81	15,80	4,47
20FM1	20	20	20	221,97	21,08	108,96	0,19	11,10	32,53	12,49
8CNT1	8	18	18	231,97	12,00	85,96	0,14	12,89	33,90	21,43
10BNT1	10	24	21	234,88	15,63	96,36	0,16	9,79	20,19	6,95
15FM1	15	26	15	239,56	13,94	84,34	0,17	9,21	22,25	13,58
9CNT1	9	17	18	241,34	11,68	70,30	0,17	14,20	26,37	15,36
4AP1	4	40	18	243,70	15,72	64,92	0,24	6,09	12,99	2,01
17ENT1	17	24	20/25	244,65	16,69	96,00	0,17	10,19	26,09	15,25
2AP3	2	19	15	246,77	11,90	93,22	0,13	12,99	25,52	8,11
9ANB1	9	30	18	251,13	19,54	87,79	0,22	8,37	24,11	6,04
8CNT2	8	18	18	256,42	20,40	104,34	0,20	14,25	28,31	11,23
9BNB1	9	20	24	257,34	27,07	134,27	0,20	12,87	21,96	14,07
14DM1	14	23	20	258,25	17,19	102,72	0,17	11,23	25,68	11,22
2EM1	2	28	18	269,82	18,18	99,12	0,18	9,64	20,38	6,29
10BNB1	10	21	21	282,26	23,04	128,78	0,18	13,44	19,80	8,15
4EM2	4	53	20	285,95	14,00	82,54	0,17	5,40	10,07	1,72
18FNT1	18	30	20	286,26	15,23	90,41	0,17	9,54	26,80	16,01
4EM1	4	40	20	290,77	12,70	85,35	0,15	7,27	20,15	6,60
14FM1	14	42	15	295,29	8,80	71,65	0,12	7,03	10,33	3,38
4EM3	4	28	18	307,24	15,45	94,01	0,16	10,97	17,78	7,15
8BNB1	8	27	21	307,28	26,99	117,82	0,23	11,38	21,62	9,86
6BP1	6	32	21	324,46	6,68	103,98	0,06	10,14	19,35	8,78
18EM1	18	28	20/25	338,34	18,74	88,12	0,21	12,08	21,28	6,56
16ENT1	16	31	20/25	345,64	20,46	93,30	0,22	11,15	19,04	8,89
6FM1	6	28	20	366,81	15,32	82,04	0,19	13,10	35,64	12,07
2AP1	2	65	18	382,80	8,65	74,40	0,12	5,89	14,49	6,15
12CNT2	12	30	15	385,36	23,92	115,11	0,21	12,85	26,69	8,48
16EM2	16	37	20/30	392,32	15,96	76,59	0,21	10,60	22,96	8,60
10BM1	10	58	18	397,49	11,28	75,11	0,15	6,85	12,69	5,34
10CNT1	10	32	15	408,31	9,28	90,45	0,10	12,76	23,26	5,64
2AP2	2	46	15	408,87	9,41	68,69	0,14	8,89	20,83	5,07
7FNT1	7	44	15	410,27	9,70	76,33	0,13	9,32	15,72	8,03
2FM1	2	38	15	412,01	9,95	62,12	0,16	10,84	24,21	5,57
16EM1	16	37	20/25	419,67	14,55	82,84	0,18	11,34	19,62	10,04
17EM1	17	35	20/25	422,90	18,73	82,49	0,23	12,08	27,80	10,11
12FM1	12	30	20	430,71	17,78	88,90	0,20	14,36	31,82	12,90
12AM1	12	42	25	433,59	21,41	89,12	0,24	10,32	24,83	13,67
6CNT1	6	25	15	441,81	16,79	103,53	0,16	17,67	31,77	13,73
9FM1	9	60	15	467,92	14,64	79,55	0,18	7,80	18,77	7,93
12CNT1	12	24	15	469,89	15,35	94,68	0,16	19,50	26,93	12,56
15EM1	15	42	20	482,15	14,45	78,16	0,18	11,48	23,98	8,04
28FM1	28	33	20	495,54	18,55	89,35	0,21	15,02	27,80	14,82
6FM2	6	54	20	542,85	12,73	74,04	0,17	10,05	17,26	5,29
3CNT1	3	48	15	611,06	7,02	65,66	0,11	12,73	13,57	2,75

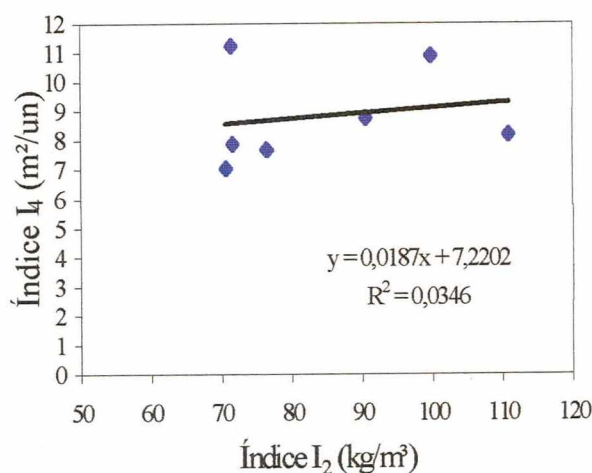
O primeiro grupo compreende os edifícios 3FM1 ao 2AP5 com as áreas que variam de 133,82m<sup>2</sup> a 201,95m<sup>2</sup>; o segundo grupo edifícios 5CNT1 ao 14DM1, áreas de 210,51m<sup>2</sup> a 258,25m<sup>2</sup>; o terceiro grupo 2EM1 ao 14FM1, áreas de 269,82m<sup>2</sup> a 295,29m<sup>2</sup>; quarto grupo do 4EM3 ao 16ENT1 e as áreas de 307,24m<sup>2</sup> a 345,64m<sup>2</sup>; quinto grupo do edifício 6FM1 ao 10BM1 com as áreas de 366,81m<sup>2</sup> a 397,49m<sup>2</sup>; sexto grupo 10CNT1 ao 6CNT1 com as áreas de 408,31m<sup>2</sup> a 441,81m<sup>2</sup>; sétimo grupo do edifício 9FM1 ao 3CNT1 e as áreas compreendidas de 467,92m<sup>2</sup> a 611,06m<sup>2</sup>.

As figuras a seguir mostram os gráficos que ilustram as relações mencionadas anteriormente, sendo que para verificar a existência ou não das correlações traçou-se as linhas de tendência para cada um dos gráficos.



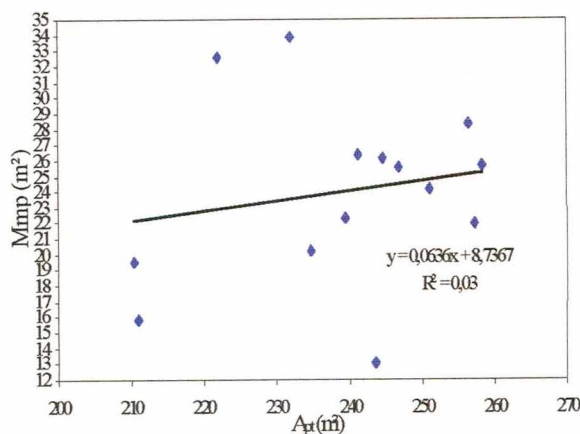
**Figura 4.15 - Relação entre as áreas e a modulação média - edifícios com área de 130 a 200m<sup>2</sup> - 1º grupo**

Na Figura 4.15 se observa que a correlação é praticamente inexistente, pois o valor de  $R^2$  tende a zero. A amostra do grupo 1 é de 7 edifícios com as áreas variando de 130 a 200m<sup>2</sup> e o número de pavimentos são variados.



**Figura 4.16 - Relação entre I<sub>2</sub> e I<sub>4</sub> - edifícios com área de 130 a 200m<sup>2</sup> - 1º grupo**

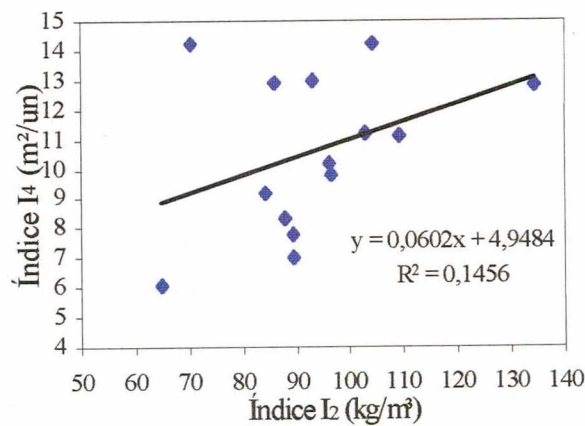
Na Figura 4.16 a correlação entre os índices é fraca, apresentando um pequeno acréscimo em relação ao aumento das áreas, conforme se aumenta a quantidade de aço, há também um aumento da área estruturada para os pilares.



**Figura 4.17 - Relação entre as áreas e a modulação média - edifícios com área de 210 a 260m<sup>2</sup> - 2º grupo**

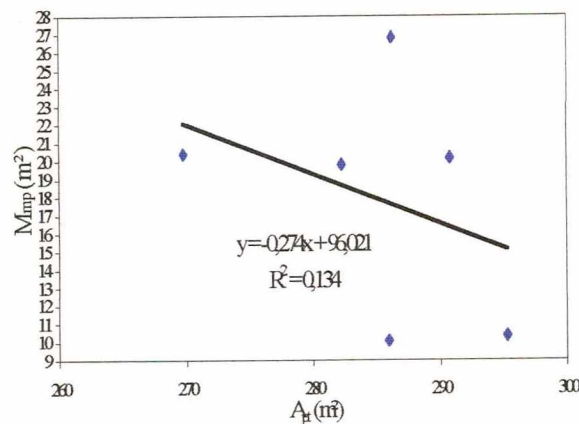
Para a faixa de área do 2º grupo o número de edifícios da amostra é representativo, porém a correlação entre as áreas do pavimento tipo e as áreas de modulação é praticamente inexistente, mostrado na Figura 4.17.





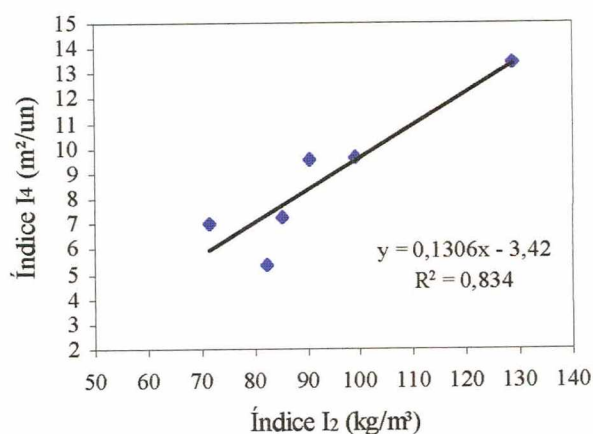
**Figura 4.18 - Relação entre I<sub>2</sub> e I<sub>4</sub> - edifícios com área de 210 a 260m<sup>2</sup>-2º grupo**

Na Figura 4.18, para o 2º grupo das áreas, a correlação entre os índices é fraca e há uma dispersão entre as amostras, ocorrendo grande variação no índice I<sub>2</sub> em relação ao I<sub>4</sub>.



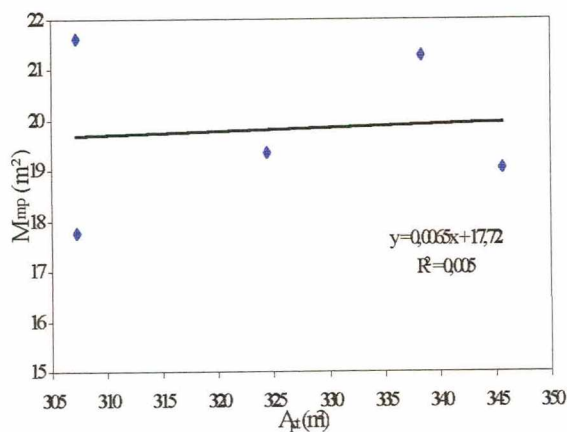
**Figura 4.19 - Relação entre as áreas e a modulação média - edifícios com área de 270 a 300m<sup>2</sup> - 3º grupo**

A Figura 4.19 apresenta uma amostra reduzida, mesmo a linha de tendência evidenciando o decréscimo das áreas dos módulos em relação ao aumento das áreas do pavimento tipo, a correlação entre as áreas é fraca verificado pelo valor de R<sup>2</sup>, onde os pontos são bem dispersos.



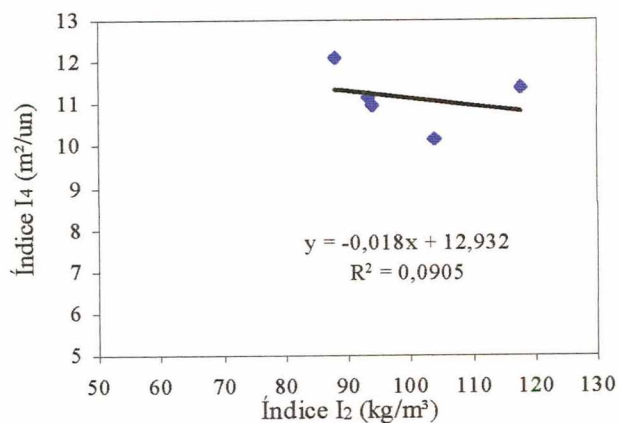
**Figura 4.20 - Relação entre I<sub>2</sub> e I<sub>4</sub> - edifícios com área de 270 a 300m<sup>2</sup> - 3ºgrupo**

Devido a um ponto discrepante da amostra a Figura 4.20 apresenta uma distorção na relação entre os índices, mostrado pelo resultado de R<sup>2</sup>, no qual o valor se aproxima de 1 que seria considerado como ideal.



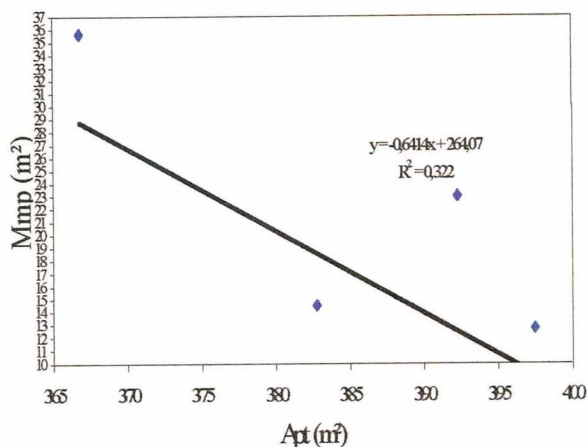
**Figura 4.21 - Relação entre as áreas e a modulação média - edifícios com área de 300 a 350m<sup>2</sup> - 4ºgrupo**

Para a Figura 4.21 também se pode considerar a amostra reduzida e a correlação entre as áreas é inexistente, verificando-se a dispersão dos pontos.



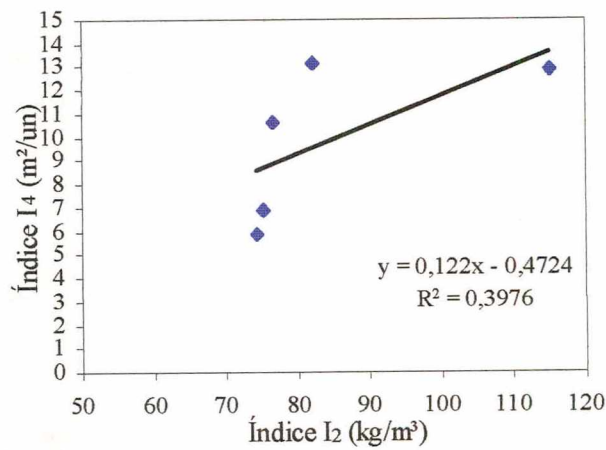
**Figura 4.22 - Relação entre I<sub>2</sub> e I<sub>4</sub> - edifícios com área de 300 a 350m<sup>2</sup> - 4º grupo**

Na Figura 4.22 se constata que o número de amostras é reduzido e a correlação tende a zero, isto é, não há correlação.



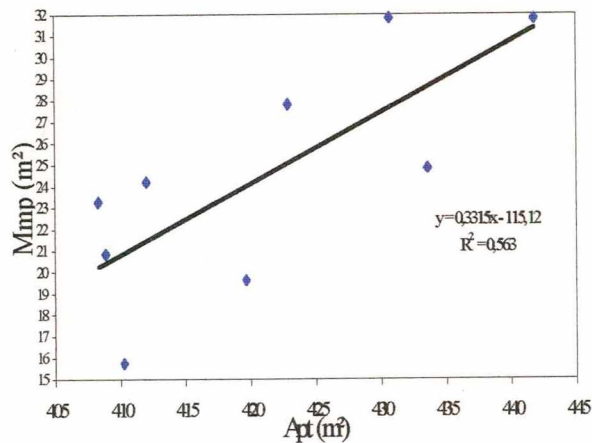
**Figura 4.23 - Relação entre as áreas e a modulação média - edifícios com área de 355 a 400m<sup>2</sup> - 5º grupo**

A interpretação da linha de tendência da Figura 4.23, é quanto maior a área do edifício, menor é a área da modulação, porém isto não deve ser considerado como correto, devido ao número reduzido de amostras para esta análise.



**Figura 4.24 - Relação entre I<sub>2</sub> e I<sub>4</sub> - edifícios com área de 355 a 400m<sup>2</sup> - 5º grupo**

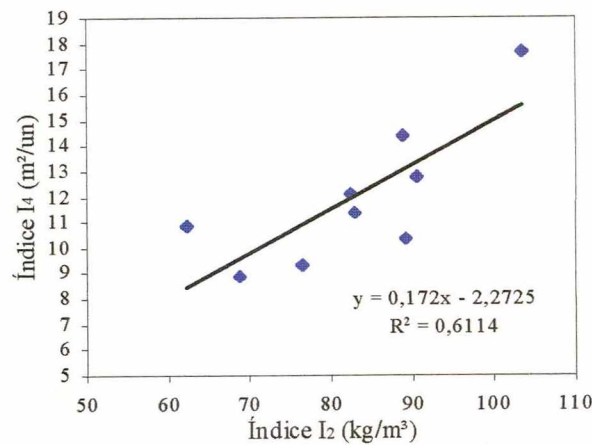
Nota-se uma dispersão significativa nos pontos deste grupo de amostras, a correlação entre os índices é fraca para a Figura 4.24.



**Figura 4.25 - Relação entre as áreas e a modulação média - edifícios com área de 400 a 450m<sup>2</sup> - 6º grupo**

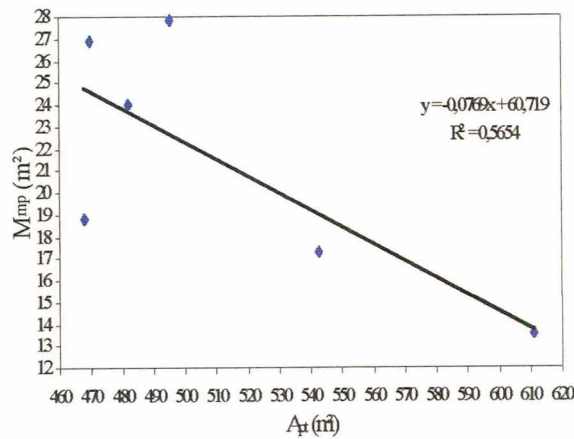
A Figura 4.25 apresenta um R<sup>2</sup> pouco acima de 0,50, o número de amostras também pode ser considerado razoável, desta forma ocorre alguma correlação entre a área e a modulação. Embora observando-se a grande variação que ocorre na modulação média.





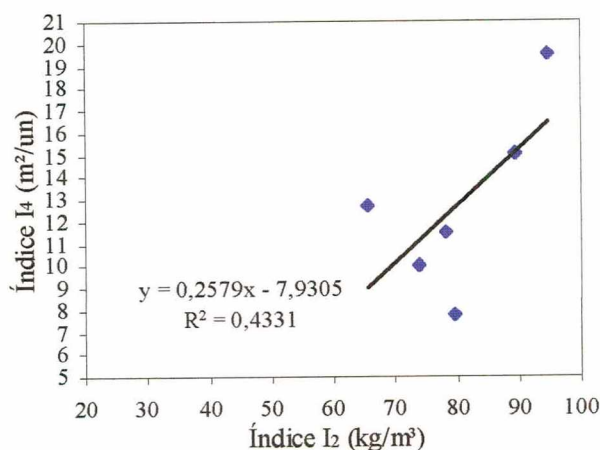
**Figura 4.26 - Relação entre I<sub>2</sub> e I<sub>4</sub> - edifícios com área de 400 a 450m<sup>2</sup> - 6º grupo**

Em relação a este grupo, como ocorre entre as áreas também para os índices acontece uma elevação no valor de R<sup>2</sup>, observado na Figura 4.26, assim esta correlação pode ser considerada média, porém a faixa de variação dos índices seja representativa.



**Figura 4.27 - Relação entre as áreas e a modulação média - edifícios com área de 450 a 620m<sup>2</sup> - 7º grupo**

Para a Figura 4.27 o número de amostras é representado por pontos dispersos, porém a correlação é média devido o valor de R<sup>2</sup>, devido a um ponto que distorce este resultado.



**Figura 4.28 - Relação entre I<sub>2</sub> e I<sub>4</sub> - edifícios com área de 450 a 620m<sup>2</sup> - 7º grupo**

A Figura 4.28 apresenta uma correlação entre os índices fraca, os pontos das amostras também se mostra disperso. Observa-se que a variação dos valores de I<sub>2</sub> é menor do que a de I<sub>4</sub>.

Através dos gráficos analisados pode-se constatar que há uma considerável dispersão dos resultados embora se tenha utilizado um número razoável de amostras. Trabalhou-se com a planta de forma do projeto estrutural, todavia pode-se observar que o edifício 2AP4 tem 2 apartamentos por pavimento, 6FM2 tem 4 apartamentos por pavimento, 16FM1 com 2 apartamentos por pavimento, embora o número de pavimentos e as áreas do pavimento sejam de 154,90m<sup>2</sup>, 542,85m<sup>2</sup> e 392,32m<sup>2</sup> respectivamente, os edifícios são diferentes entre si.

Os quadriláteros estruturais representam a abordagem do projetista arquitetônico decorrente dos interesses dos usuários e empreendedores. Isto decorre e se condiciona, muitas vezes à forma do terreno. No entanto a forma do terreno está fora do escopo, pois neste trabalho estão sendo tratadas as plantas das fôrmas.

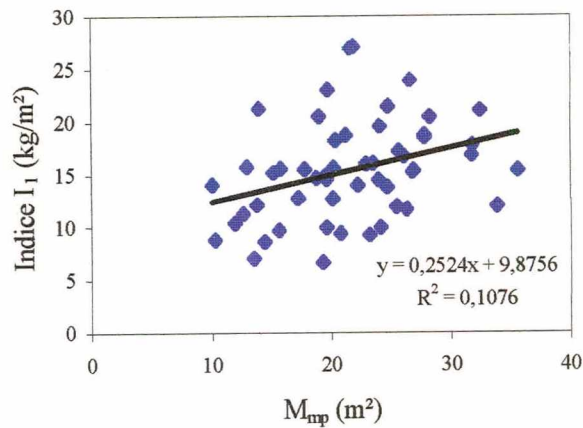
Existem vários condicionantes que provocam diferentes consumos de materiais mesmo entre plantas com áreas similares, que também estão fora do alcance dos projetistas calculista, portanto deste trabalho.

Ainda que estejam sob controle do calculista é relevante citar que :

- Ocorrem práticas locais nos projetos baseadas na relação entre construtoras e fornecedores de materiais, que levam à pré-escolha que afetam o consumo, como por exemplo pela preferência por algum tipo de material para executar lajes, isto é maciça, nervurada, com blocos autoportantes, com isopor, pré-moldada;
- A variação do traço utilizado na resistência do concreto, no caso das amostras deste trabalho de 15 a 30MPa;
- Fuga da abordagem convencional onde cada parede se apoia sobre uma viga, para uma parede se apoiando diretamente sobre a laje, criando as chamadas vigas chatas ou, também, as lajes planas.

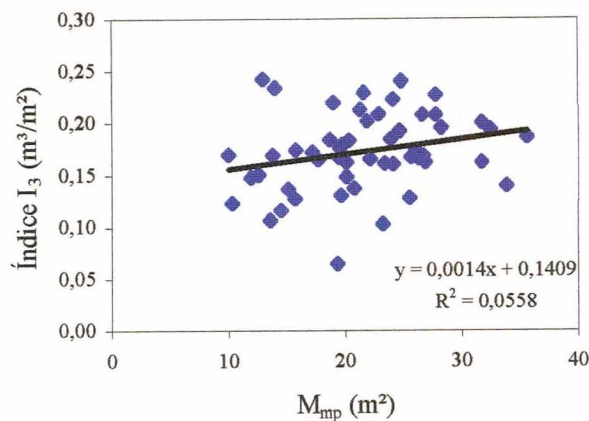
#### **4.8. RELAÇÃO ENTRE OS ÍNDICES E AS ÁREAS DOS QUADRILÁTEROS ESTRUTURAIS**

A partir de uma modulação encontrada no projeto e de posse dos índices de consumo de materiais estruturais,  $I_1$  e  $I_3$ , seria possível a estimativa de insumos para edifícios com modulações similares as que participaram da amostra. Desta forma traçou-se os gráficos com todos os edifícios da amostra para verificar se acontece a correlação ocorre.



**Figura 4.29 - Relação entre a  $M_{mp}$  e o índice  $I_1$**

Na Figura 4.29 e na Figura 4.30 os gráficos foram traçados considerando-se todos os edifícios da amostra organizados por número de pavimentos em ordem crescente. A correlação entre a  $M_{mp}$  (m<sup>2</sup>) e o índice  $I_1$  (kg/m<sup>2</sup>) mostra pontos dispersos, e a faixa de variação é grande. A linha de tendência indica que conforme aumenta a área de modulação há um aumento no consumo de material. Para a relação  $M_{mp}$  e  $I_3$  também pode ser constatado a mesma observação, contudo pelo valor obtido para  $R^2$  estas constatações não são muito confiáveis.



**Figura 4.30 - Relação entre  $M_{mp}$  e o índice  $I_3$**



#### 4.9. RELAÇÃO ENTRE OS ÍNDICES $I_2$ (KG/M<sup>3</sup>) E $I_4$ (M<sup>2</sup>/UN) DE TODOS OS EDIFÍCIOS DA AMOSTRA

A figura a seguir apresenta o gráfico correlacionando os índices  $I_2$  (kg/m<sup>3</sup>) aço pelo volume de concreto e o índice  $I_4$  (m<sup>2</sup>/un) que é a relação entre a área do pavimento tipo pelos números de pilares.

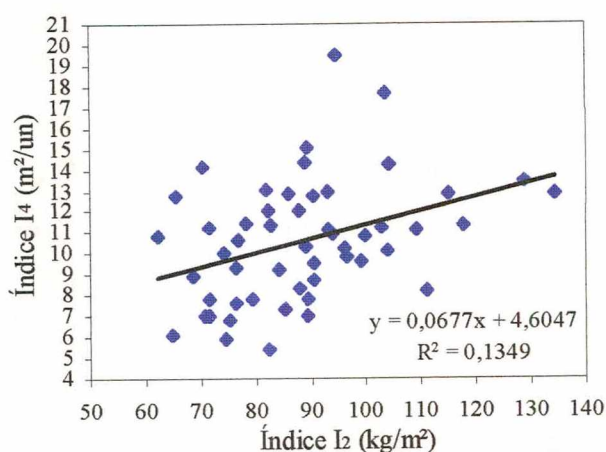


Figura 4.31 - Relação entre  $I_2$  e  $I_4$  por números de pavimentos tipo

A Figura 4.31 mostra que o índice  $I_2$  (kg/m<sup>3</sup>), quantidade de aço pelo volume de concreto cresce, enquanto ocorre um aumento no índice  $I_4$  (m<sup>2</sup>/un), isto é, na área do pavimento tipo em relação aos números de pilares. Embora a correlação  $R^2$  seja fraca, está evidente no gráfico através da nuvem de pontos e na linha de tendência.

De acordo com o manual de Sistemas de Indicadores do NORIE (1995) os índices para o volume de concreto e quantidade de aço pela área construída tem um valor médio de 0,13m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>, volume de concreto pela área estruturada; 11,10kg/m<sup>2</sup>, quantidade de aço pela área estruturada e 91,21kg/m<sup>3</sup> para o consumo de aço por m<sup>3</sup> de concreto. Para estes índices estão considerados edifícios residenciais e comerciais, o  $F_{ck}$  do concreto de 15 a 21 MPa. Não está incluso no índice as fundações, as vigas de fundação e também não está especificado os tipo de lajes dos edifícios.

Nos dados encontrados nas amostras em estudo, considerando-se vigas, lajes e pilares da superestrutura para o pavimento tipo os valores médios para  $F_{ck}$  do concreto variando de 15 a 30 MPa são de  $0,17\text{m}^3/\text{m}^2$  volume de concreto pela área do pavimento tipo,  $15\text{kg}/\text{m}^2$  aço pela área do pavimento tipo e  $89\text{kg}/\text{m}^3$ . Ressalta-se que a área considerada é a dos pavimentos tipo.

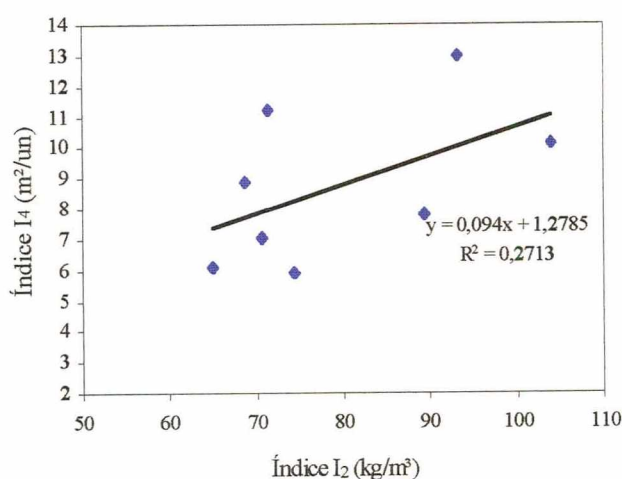
#### 4.10. ANÁLISE DOS ÍNDICES POR TIPOS DE MATERIAL PARA LAJE

Para auxiliar na análise de dados da amostra classificou-se os edifícios em ordem crescente de altura e por tipo de laje, isto é, maciça, pré-moldada e nervurada. Foram elaboradas tabelas e gráficos relacionando o índice  $I_2$  ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) que é o consumo de aço por volume de concreto e o índice  $I_4$  ( $\text{m}^2/\text{un}$ ) relativo à área estruturada pelo número de pilares. As tabelas apresentam as quantidades totais de concreto e aço para cada tipo de laje.

Na Tabela 4.5 estão representados nas colunas em ordem seqüencial a nomenclatura do edifício, PT que é o número de pavimentos tipo em ordem crescente de pavimentos, NP número de pilares,  $F_{ck}$  é a resistência do concreto,  $C$  é a volume total de concreto para os pavimentos,  $A$  é a quantidade total de aço,  $A_{pt}$  total é a área total de todos os pavimentos tipo,  $I_{1p}$  é o índice de consumo de aço pelo volume de concreto,  $I_{2p}$  é o índice de consumo de aço pela área estruturada dos pavimentos tipo,  $I_{3p}$  é a relação entre o volume de concreto e a área estruturada total dos pavimentos tipo e  $I_{4p}$  é o índice entre área estruturada total dos pavimentos tipo e os números de pilares. A letra  $p$  dos índices significa que o índice é para a laje do tipo pré-moldada.

**Tabela 4.5 - Índices de consumo de concreto e aço - edifícios com laje pré-moldada**

Edifícios	PT un	NP un	$F_{ck}$ MPa	Concreto ( $\text{m}^3$ ) ( $C$ )	Aço (kg) ( $A$ )	Área ( $\text{m}^2$ ) $A_{pt}$ total	$I_{1p}$ ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )	$I_{2p}$ ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	$I_{3p}$ ( $\text{m}^3/\text{m}^2$ )	$I_{4p}$ ( $\text{m}^2/\text{un}$ )
2AP4	2	22	18	45,70	3.229,00	309,80	10,42	70,66	0,15	7,04
2AP5	2	18	15	68,30	4.883,00	403,90	12,09	71,49	0,17	11,22
2AP3	2	19	15	63,00	5.873,00	493,55	11,90	93,22	0,13	12,99
2AP1	2	65	18	89,00	6.622,00	765,60	8,65	74,40	0,12	5,89
2AP2	2	46	15	112,00	7.693,00	817,74	9,41	68,69	0,14	8,89
3AP1	3	27	15	110,00	9.836,00	632,93	15,54	89,42	0,17	7,81
4AP1	4	40	18	236,00	15.321,00	974,82	15,72	64,92	0,24	6,09
6BP1	6	32	21	125,00	12.998,00	1.946,75	6,68	103,98	0,06	10,14



**Figura 4.32 - Relação entre os índices I<sub>2</sub> e I<sub>4</sub> - edifícios com laje pré-moldada**

Na Tabela 4.5, os edifícios analisados são com laje pré-moldada com mesma espessura. Observa-se que para o mesmo projetista de cálculo o critério adotado para edifícios que possuem plantas similares são diferenciados, pois nota-se que para um aumento no índice de consumo de aço pelo volume de concreto não ocorre uma diminuição no índice de concreto pela área estruturada.

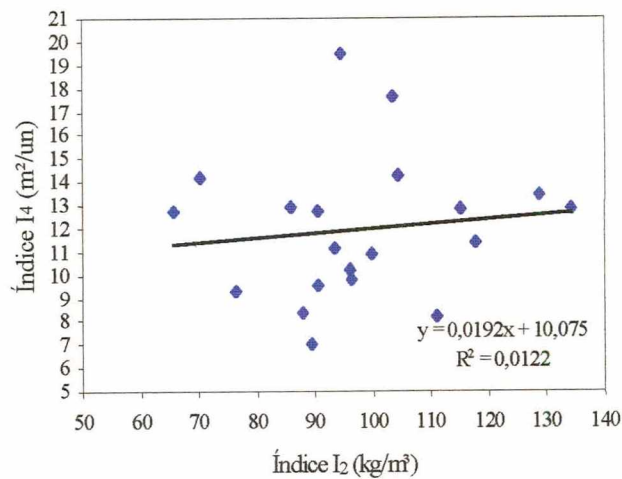
A Figura 4.32 não apresenta correlação entre os índices analisados, os pontos estão dispersos. Para uma variação de área ocorre a mesma faixa de variação para aço, isto é, 6 a 12m<sup>2</sup>/un e 60 a 120 kg/m<sup>2</sup>.

Na Tabela 4.6 estão representados nas colunas em ordem seqüencial a nomenclatura do edifício com laje do tipo nervurada, PT que é o número de pavimentos tipo em ordem crescente de pavimentos, NP número de pilares, Fck é a resistência do concreto, C é a volume total de concreto para os pavimentos, A é a quantidade total de aço, A<sub>pt</sub> total é a área total de todos os pavimentos tipo, I<sub>1n</sub> é o índice de consumo de aço pelo volume de concreto, I<sub>2n</sub> é o índice de consumo de aço pela área estruturada dos pavimentos tipo, I<sub>3n</sub> é a relação entre o volume de concreto e a área estruturada total dos pavimentos tipo e I<sub>4n</sub> é o índice entre área estruturada total dos pavimentos tipo e o números de pilares. A letra *n* dos índices significa que o índice é para a laje do tipo nervurada.



**Tabela 4.6 - Índices de consumo de concreto e aço - edifícios com laje nervurada**

Edifícios	PT un	NP un	Fck MPa	Concreto (m³) (Cn)	Aço (kg) (An)	Área (m²) A <sub>pt</sub> total	I <sub>1n</sub> (kg/m²)	I <sub>2n</sub> (kg/m²)	I <sub>3n</sub> (m³/m²)	I <sub>4n</sub> m²/un
3CNT1	3	48	15	196,00	12.870,00	1.833,19	7,02	65,66	0,11	12,73
5CNT1	5	30	15	175,00	15.620,00	1.052,56	14,84	89,26	0,17	7,02
6CNT1	6	25	15	430,00	44.520,00	2.650,88	16,79	103,53	0,16	17,67
7CNT1	7	24	15	188,00	20.867,00	1.375,69	15,17	110,99	0,14	8,19
7FNT1	7	44	15	365,00	27.860,00	2.871,88	9,70	76,33	0,13	9,32
8CNT1	8	18	18	259,00	22.264,00	1.855,72	12,00	85,96	0,14	12,89
8CNT2	8	18	18	401,00	41.840,00	2.051,39	20,40	104,34	0,20	14,25
8BNB1	8	27	21	563,00	66.335,00	2.458,21	26,99	117,82	0,23	11,38
9CNT1	9	17	18	361,00	25.380,00	2.172,07	11,68	70,30	0,17	14,20
9ANB1	9	30	18	503,00	44.157,00	2.260,15	19,54	87,79	0,22	8,37
9BNB1	9	20	24	467,00	62.703,00	2.316,05	27,07	134,27	0,20	12,87
10BNT1	10	24	21	381,00	36.713,00	2.348,78	15,63	96,36	0,16	9,79
10BNB1	10	21	21	505,00	65.035,00	2.822,60	23,04	128,78	0,18	13,44
10CNT1	10	32	15	419,00	37.900,00	4.083,11	9,28	90,45	0,10	12,76
12CNT2	12	30	15	961,00	110.616,00	4.624,37	23,92	115,11	0,21	12,85
12CNT1	12	24	15	910,00	86.160,00	5.614,62	15,35	94,68	0,16	19,50
15FNT1	15	17	15	446,00	44.550,00	2.774,03	16,06	99,89	0,16	10,88
16ENT1	16	31	20/25	1.213,00	113.169,00	5.530,24	20,46	93,30	0,22	11,15
17ENT1	17	24	20/25	723,00	69.411,00	4.159,02	16,69	96,00	0,17	10,19
18FNT1	18	30	20	868,00	78.480,00	5.152,64	15,23	90,41	0,17	9,54



**Figura 4.33 - Relação entre os índices I<sub>2</sub> e I<sub>4</sub> - edifícios com laje nervurada**

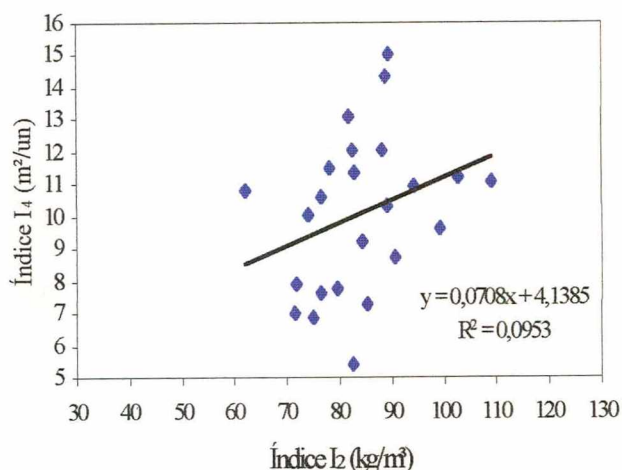
A Figura 4.33 para lajes do tipo nervurada apresenta um número de amostras mais representativo, porém a correlação entre os índices é inexistente, constatado pelo valor de  $R^2$  que tende a zero. Verifica-se que é significativa a faixa de variação dos índices.



Na Tabela 4.7 estão representados nas colunas em ordem seqüencial a nomenclatura do edifício com lajes do tipo maciça, PT que é o número de pavimentos tipo em ordem crescente de pavimentos, NP número de pilares, Fck é a resistência do concreto, C é a volume total de concreto para os pavimentos, A é a quantidade total de aço,  $A_{pr}$  total é a área total de todos os pavimentos tipo,  $I_{1m}$  é o índice de consumo de aço pelo volume de concreto,  $I_{2m}$  é o índice de consumo de aço pela área estruturada dos pavimentos tipo,  $I_{3m}$  é a relação entre o volume de concreto e a área estruturada total dos pavimentos tipo e  $I_{4m}$  é o índice entre área estruturada total dos pavimentos tipo e os números de pilares. A letra *m* dos índices significa que o índice é para a laje do tipo maciça.

**Tabela 4.7 - Índices de consumo de concreto e aço - edifícios com laje maciça**

	PT	NP	Fck	Concreto (m³)	Aço (kg)	Área (m²)	$I_{1m}$	$I_{2m}$	$I_{3m}$	$I_{4m}$
Edifícios	un	un	MPa	(C)	(A)	$A_{pr}$ total	(kg/m²)	(kg/m²)	(m³/m²)	m²/un)
2EM1	2	28	18	99,00	9.813,00	539,63	18,18	99,12	0,18	9,64
2FM1	2	38	15	132,00	8.200,00	824,02	9,95	62,12	0,16	10,84
3FM1	3	17	15	77,00	5.520,00	401,47	13,75	71,69	0,19	7,87
4EM2	4	53	20	194,00	16.013,00	1.143,79	14,00	82,54	0,17	5,40
4EM1	4	40	20	173,00	14.766,00	1.163,08	12,70	85,35	0,15	7,27
4EM3	4	28	18	202,00	18.990,00	1.228,95	15,45	94,01	0,16	10,97
5FM1	5	26	15	130,00	9.950,00	996,13	9,99	76,54	0,13	7,66
6FM1	6	28	20	411,00	33.720,00	2.200,83	15,32	82,04	0,19	13,10
6FM2	6	54	20	560,00	41.460,00	3.257,08	12,73	74,04	0,17	10,05
9FM1	9	60	15	775,00	61.650,00	4.211,30	14,64	79,55	0,18	7,80
10FM1	10	22	20	450,00	40.800,00	1.922,80	21,22	90,67	0,23	8,74
10BM1	10	58	18	597,00	44.842,00	3.974,93	11,28	75,11	0,15	6,85
12FM1	12	30	20	1.034,00	91.920,00	5.168,55	17,78	88,90	0,20	14,36
12AM1	12	42	25	1.250,00	111.397,00	5.203,04	21,41	89,12	0,24	10,32
14DM1	14	23	20	605,00	62.144,00	3.615,54	17,19	102,72	0,17	11,23
14FM1	14	42	15	508,00	36.400,00	4.134,09	8,80	71,65	0,12	7,03
15FM1	15	26	15	594,00	50.100,00	3.593,36	13,94	84,34	0,17	9,21
15EM1	15	42	20	1.337,00	104.495,00	7.232,21	14,45	78,16	0,18	11,48
16EM2	16	37	20/30	1.308,00	100.186,00	6.277,12	15,96	76,59	0,21	10,60
16EM1	16	37	20/25	1.179,00	97.672,00	6.714,74	14,55	82,84	0,18	11,34
17EM1	17	35	20/25	1.632,00	134.622,00	7.189,37	18,73	82,49	0,23	12,08
18EM1	18	28	20/25	1.295,00	114.114,00	6.090,08	18,74	88,12	0,21	12,08
20FM1	20	20	20	859,00	93.600,00	4.439,30	21,08	108,96	0,19	11,10
28FM1	28	33	20	2.880,00	257.320,00	13.875,04	18,55	89,35	0,21	15,02



**Figura 4.34 - Relação para os índices I<sub>2</sub> e I<sub>4</sub> - edifícios com laje maciça**

O índice I<sub>2</sub> (kg/m<sup>2</sup>) aumenta em proporção maior do que o aumento do índice I<sub>4</sub> que é a relação da área estruturada pelos números de pilares, não há correlação para estes índices conforme se verifica na Figura 4.34 para laje maciça.

Analisando a Tabela 4.7 nota-se que a variação dos índices não são proporcionais quando se trata do mesmo projetista de cálculo. Os edifícios 16EM1 e 16EM2 possuem a mesma característica geométrica, números de pavimentos iguais e área do pavimento tipo iguais observa-se que os índices não são os iguais para os dois edifícios.

As variações para as lajes pré-moldadas deveriam ser pequenas em relação às lajes nervuradas e maciças. Os tipos de projetos, projetistas diferentes, critérios diferentes influenciam nos índices.

Os dados não foram conclusivos, assim outras implicações precisam ser consideradas nas análises dos projetos estruturais dos edifícios. As explicações para a variação podem estar vinculadas aos critérios de lançamento da estrutura, dimensão do terreno, pavimentos inferiores ao pavimento tipo, solicitações dos empreendedores e diferentes projetistas de cálculo.

## CAPÍTULO 5

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

#### 5.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Foi visto que ocorre uma variação significativa do perfil modular mesmo quando se classifica os edifícios por números de pavimentos, ou por faixa de área de pavimento tipo, ocorrem dificuldades para se efetuar comparações entre os edifícios da amostra.

Os índices de consumo dos materiais estruturais não são constantes ou parecidos entre si, mesmo quando se compara com edifícios de mesma área ou números de pavimentos. Estes consumos parecem depender pouco da forma geométrica das plantas de fôrma, da altura, da área do pavimento tipo, da influência da laje escolhida, estes fatores são pouco relevantes para determinar uma tendência de comportamento. Como exemplo alguns edifícios baixos, de 2 até 5 pavimentos (e de forma regular) e com vigas em balanço apresentam consumo de material superior com relação aos edifícios que possuem forma geométrica irregular.

Os edifícios com estruturas convencionais em concreto armado, porém apresentavam balanço, os índices analisados mostraram-se mais elevado em relação às estruturas sem estes elementos estruturais.

Quando se correlaciona as áreas do pavimento tipo com as áreas de modulação média e modulação média com índices  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$  e  $I_4$  ocorre dispersão dos resultados, sendo comprovado pelas correlações que são inexistentes ou fracas.

Isto pode ser explicado pela simplificação empreendida neste trabalho ou seja, pela consideração de poucos atributos na análise, tais como consumos somente do pavimento tipo, transição de pilares, quadriláteros estruturais. Sabe-se ainda que os consumos de materiais dos pavimentos inferiores são diferenciados, constituindo parte importante no consumo de materiais globais dos edifícios.

## **HIPÓTESE GERAL**

**A modulação estrutural próxima de um quadrado é a que tem menor custo.**

As relações que foram apresentadas no capítulo anterior entre as diversas variáveis mostram que a faixa de variação da modulação estrutural está entre  $6m^2$  e  $24m^2$  e os índices de consumo não têm correlação com a dimensão dos quadriláteros estruturais. Verificou-se que a modulação dos quadriláteros estruturais em edifícios residenciais não apresentam frequências significativas de áreas similares nos pavimentos tipo da amostra.

## **HIPÓTESES DE TRABALHO**

**Estruturas de edifícios com muitas vigas em balanço tem custo maior.**

Observam-se que valores dos índices de consumo para os edifícios estudados ocorre um consumo maior de material quando as vigas estão em balanço e não há relação deste consumo com a altura dos edifícios. Mesmo nos edifícios que possuem forma geométrica regular, com dimensões de fachada iguais, ou proporcionais, porém possuindo vigas em balanço, verificou-se que o consumo materiais é maior do que quando as vigas estão apoiadas diretamente sobre os pilares e nos edifícios com formas geométricas complexas.

**As variações dos índices para o concreto e o aço podem se explicados pelas características geométricas do edifício.**

As características geométricas dos edifícios não influenciam na variação dos índices. Isto pode estar condicionado às considerações que cada um dos calculistas, ou ao material especificado para laje, localização dos edifícios considerando os efeitos das intempéries. Podendo também estar vinculado aos pavimentos inferiores, pois dependendo da utilização destes está condicionado o lançamento da estrutura. Nas amostras foi constatado que edifícios, com formas regulares, de 2, 3 ou mais pavimentos podem consumir mais materiais do que edifícios com formas irregulares independentes da altura e do responsável pelo projeto.

**A quantidade de pilares do pavimento tipo independe da área estruturada.**

Edifícios que tinham áreas dos pavimentos tipo próximas não apresentaram os números de pilares iguais ou próximos. Na relação entre a área estruturada e os números de pilares por pavimento obteve-se uma variação entre  $2,64\text{m}^2/\text{un}$  a  $19,50\text{m}^2/\text{un}$ . Para o edifício 3CP1 que teve o menor índice observou-se que a área do pavimento tipo é a menor das amostras e o maior consumo de concreto por área estruturada. E para o edifício 12CNT1 com maior área estruturada por números de pilares tem área em torno de  $470\text{m}^2$  e apresenta um índice de consumo de concreto pela área de  $0,09\text{m}^3/\text{m}^2$  para os mesmos números de pilares que o edifício 3CP1. Portanto, foi confirmada esta hipótese de trabalho. A quantidade de pilares pode também estar condicionada ao critério de escolha do projetista estrutural.

**Os índices não são diretamente proporcionais à altura dos edifícios, exceto pelos pilares.**

Os índices variam para os pilares de acordo com os números de pilares, porém quando estão agrupadas as vigas e os pilares não há relação entre a altura do edifício e o valor dos índices, desta forma confirma-se a hipótese de trabalho.

## 5.2. APLICABILIDADE DA METODOLOGIA PROPOSTA

Para que as empresas continuem competitivas torna-se necessário constante evolução. Para o projeto estrutural, que determina por si só um dos maiores componentes de custo, torna-se imperativo uma descoberta de índices confiáveis para previsão e gerenciamento dos seus materiais. Os escritórios de projetista estrutural possuem os dados, porém não organizados, inclusive esta foi uma das dificuldades encontradas para a metodologia proposta. A melhoria do sistema de informação vai proporcionar rapidez na atualização de dados.

Os índices coletados neste trabalho poderão ser utilizadas para previsão de consumo de material da superestrutura, mesmo que os dados não forneçam um valor único para diversos projetos. Todavia, quando se tem uma planta do pavimento tipo de um edifício se consegue traçar o perfil modular e, por uma constante atualização de dados estimar o consumo de materiais.

Para este procedimento leva-se em conta a obra que apresenta a tipologia, forma geométrica, área do pavimento tipo, o número de pavimentos e a quantidade e dimensão do perfil modular. Com estes dados entra-se na tabela apropriada e se obtém os índices de consumo dos materiais por analogia. A semelhança de dados permite que se tenha consumos de materiais mais confiáveis.

O perfil modular mostrou as diferenças e a variação dos tamanhos dos quadriláteros estruturais aliados à variação dos índices de consumo dos materiais estruturais, evidenciando que, para se obter estimativas de consumo de materiais reais, outros dados devem ser levados em consideração.

## **5.3. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

### **5.3.1. FORMA DO EDIFÍCIO**

Os edifícios para se diferenciarem uns dos outros, ou para melhor adequação ao terreno, ou receber iluminação e ventilação em todas as fachadas apresentam formas geométricas variadas, através da combinação de figuras geométricas, assim questionou-se qual a influência da forma geométrica de um edifício e constatou-se que forma do edifício não é fator de influência no consumo, podendo ser verificado quando se compara o edifício 4AP1 e o edifício 17EM1.

### **5.3.2. CONSUMO DE MATERIAIS**

Os índices de consumo de materiais são parâmetros relevantes para estimativas de custo. Constatou-se que o consumo de materiais independe da altura do edifício, desde que os pilares não estejam inclusos na consideração da estrutura. Conclui-se que o consumo de material não depende da forma geométrica do edifício, visto que nas análises dos projetos com plantas regulares e irregulares ocorre algumas vezes maior consumo de aço por m<sup>3</sup> de concreto ou maior consumo de concreto pela área do pavimento tipo, conforme critérios adotados pelo projetista de cálculo estrutural.

As garagens são consideradas importantes nos edifícios, porém dependendo dos terrenos afetam diretamente no aumento do consumo de materiais. Verifica-se o grau de influência das garagens em relação ao custo estrutural. As garagens são uma constatação em relação às transições observadas com os projetos de Cascavel onde não há preocupação com a falta de espaço para as garagens e em Florianópolis devido ao perfil do terreno e problemas de espaço acontece frequentemente nos projetos estruturais. Este fato pode ocasionar diferenças no consumo dos materiais, por influenciar diretamente no lançamento da estrutura, ficando o pavimento tipo vinculado aos pavimentos inferiores, cada um com suas particularidades.



### **5.3.3. DA PROPOSTA DESTE TRABALHO**

Os dados obtidos não foram conclusivos, desta forma, a proposta não atende completamente às hipóteses formuladas, mas é um passo para fornecer informações sobre a participação da superestrutura nos edifícios com características diferentes, que não estão disponíveis nas publicações e na literatura. A comparação ficou prejudicada pela disparidade das abordagens estruturais evidenciada pelo perfil modular.

Para que se possa fazer afirmações mais conclusivas são necessárias novas análises e mais aprofundadas, maior número de amostras inclusive com as quantidades similares para edifícios com o mesmo número de pavimentos, obter-se projetos de projetistas de cálculo estrutural de outras regiões, porém que utilizem métodos similares para cálculo das estruturas, questionando sobre a solução estrutural adotada.

Quando se têm definições prévias dos projetos tais como parâmetros e procedimentos para cada fase do projeto e para o subsistema, como no caso da superestrutura, é a fase inicial do sistema de informação que causarão o impacto na qualidade de projeto. Os parâmetros são os índices, o registro das decisões tomadas em comum acordo entre projetistas de cálculo estrutural e contratantes e os procedimentos, bem como a metodologia proposta.

Para compor este sistema de informação as pessoas envolvidas no processo, tais como o projetista de cálculo estrutural, engenheiro de obra, comprador de materiais, todos os geradores de informação precisam ser treinados e as diversas barreiras superadas. As barreiras citadas estão no linguajar, formação acadêmica, interesses de cada um, perspectivas temporais. Isto pode ser superado se houver um centralizador das informações que obtenha e processe a informação que atenda a real necessidade das pessoas.

Com a introdução do conceito de quadrilátero estrutural, bem como a consideração de outras variáveis, tais como, efeito de vento, solução estrutural, lançamento da estrutura, preocupação com a economia, pode-se chegar a algum indicativo de consumo de material.



## 5.4. RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Algumas necessidades foram percebidas no decorrer deste trabalho, surgindo assim sugestões para futuros trabalhos:

- Análise do consumo de material abordando o perfil modular para edifícios comerciais;
- Desenvolvimento de comparações dos resultados do presente trabalho com a inclusão das lajes;
- Análise dos perfis modulares dos edifícios que tenham a mesma área de pavimento tipo e forma geométrica;
- Desenvolvimento de comparações dos resultados do presente trabalho com a inclusão das cisterna, caixa d'água, pavimentos térreo e de coberturas;
- Verificação da correlação entre a resistência do concreto e o consumo de concreto e aço dos edifícios;
- Consideração da forma do terreno no projeto estrutural das plantas de formas dos edifícios;
- Indicação para os calculistas quanto a importância das estatísticas para se obter dados com maior rapidez;
- Proposta de confecção do consumo real de materiais estruturais para as empresas de construção civil, para pesquisas análogas;
- Difundir junto aos calculistas o conceito de perfil modular.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- ANDRADE, V.A., **Modelagem dos custos para casas de classe média**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC Março, 1996, 198 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 6118, **Projeto e execução de obras de concreto armado**, 1978.
- ASSED, J. A., **Construção civil: viabilidade, planejamento, controle**. LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S. A. Rio de Janeiro, 1986, 95 p.
- BARROS, M.M.B., **Implantação de novas tecnologias em canteiros de obras: um desafio a ser vencido**. In: I Congresso Latino-Americano – Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, novembro, 1998. p. 111-118.
- BERNARDES, M.M.S., **Método de Análise do Processo de Planejamento da Produção de Empresas Construtoras através do Estudo de seu Fluxo de Informação: Proposta baseada em estudo de caso**. Dissertação de Mestrado em Engenharia- Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996, 127 p.
- BORGES, A.C.M., **Curva ABC geradas por um software de orçamentação de obras: análise dos dados obtidos e suas repercussões nas decisões quanto a custos e a gerência de canteiros** In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção – IX Enegep. Porto Alegre, RS. Setembro, 1989, p. 38 – 48
- BORNIA, A.C., **Ingenieria de Costos. Apostila**, Universidad San Augustin. Versão: 1997, p. 41-56.
- BUFFA, E.S., **Administração da produção**. Livros Técnicos e Científicos. V2. Rio de Janeiro, RJ, 1972.

- CABRAL, E. C. C., **Proposta de metodologia de orçamento operacional para obras de edificação**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC Setembro, 1988, 151 p.
- CASTELLS, E.J.F., **A engenharia simultânea e a fase de projeto da indústria da construção civil**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção – Enegep. Florianópolis, SC. 1993, p. 830-833.
- CHASE; G.W., **Effective total quality management (TQM) process for construction**. Journal of Management in Engineering. v.9, n.4, October, 1993, p. 433-443.
- CHEETHAM, D.; CARTER,D.; EELE R. A. **Information flows in building construction management**. In: Management, Quality and Economics in Building. London: Chapman & Hall, 1991.
- CINTRA, M.A.H.; AMORIM, S.R.L., **Análise do sistema de informação em empresas construtoras de edificações por meio do D.F.D. – um estudo de caso**. In: I Congresso Latino-Americano – Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, novembro, 1998, p. 363-370.
- COVEY, S.R., **Liderança Baseada em Princípios**. Editora Campus. Rio de Janeiro. Capítulo 22, 1991, p. 224-237.
- DAVENPORT, T., **Reengenharia de Processos**. Editora Campus. Rio de Janeiro, 1994.
- DE OLIVEIRA, R., **A methodology for housing design**. Tese de Doutorado não publicada. University of Waterloo. Canadá,1994.
- DE OLIVEIRA, R., **Goal-Free Evaluation Model: Adapting and Updating Management**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP, volume II, 1995, p. 993-995.
- DE OLIVEIRA, R., **Metodologia de anteprojeto habitacional baseada em usuário**. Tese para concurso de professor titular na área de construção civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC, 1997, p. 82.

- DE OLIVEIRA, R., **Produção da Habitação**. Notas de aula de disciplina ministrada na Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC, 1997.
- DE OLIVEIRA, R., **User-based information system for building design**. In: **Resumo aprovado para Joint Triennial Symposium dos comitês W55, W65 e W92 do CIB**. Capetown, África do Sul. 1997.
- FURLAN, J.D., **Sistemas de Informação Executiva = EIS - Executive Information Systems : Como Integrar os Executivos ao Sistema Informacional das Empresas**. São Paulo, MAKRON Books, 1994, 158 p.
- GARDNER, H., **Palestra proferida no Seminário de Ensino de Engenharia**. Promovido pelo CTC da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, SC, 1997.
- GARZA, J. M. de la; ALCANTARA, P.Jr.; KAPOOR,M.; RAMESH,P.S., **Value of Concurrent Engineering for A/E/C Industry**. *Journal of Management in Engineering*. v.10, n.3, May/June,1994, p. 46-55.
- GLASSER, D. E. **Structural Considerations**. In: *Introduction to Architecture*. Ed. James C. Snyder e Anthony J. Catanese. Mc Graw – Hill. New York, 1979, p. 268-292.
- GU, P., HASHEMIAN, M., SOSALE, S. An integrated modular design methodology for life-cycle engineering, **Annals of the CIRP**, v. 46/1, 1997, p. 71-74.
- HEINECK, L.F.M., **Dados básicos para a programação de edifícios altos por linha de balanço**. In: *Congresso Técnico-Científico de Engenharia Civil*. Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis, SC Abril, 1996, p.167-173.
- HEINECK, L.F; PANZETER, A., **Estimativa de custos na construção civil: um estudo de caso de obtenção de constantes unitárias de consumo de mão-de-obra**. In: *Encontro Nacional de Engenharia de Produção – IX Enegep*. Porto Alegre, RS. Setembro,1989, p. 128-150.

- HIROTA, E. H., **Estudo exploratório sobre a tipificação de projetos de edificação visando a reformulação da NB-140.** Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, abril, 1987, 153 p.
- KEMMENY, J.G., “Saving american democracy: the lesson of Three Mile Island”. **Tecnology Review**, 1980, p. 65-75.
- KETTL, D.F., **Managing on the frontiers of knowledge: The learning organization.** Washington, D.C. New Paradigms for Government, 1993, p.19-39.
- KRUMWIEDE, K. R. ; ROTH, H. P., **Implementing information technology innovations: the activity-based costing.** Sloan Advanced Management Journal. V62. N° 4. Autumn,1997, p. 4 - 12.
- KIRBY, E. G., **The importance of recognizing alternative perspectives : na analysis of a failed project.** Journal of Project Management. v.14, n.4, 1996, p. 209-211.
- LANTELME, E.M.V., **Geração e implantação de um sistema de indicadores de qualidade e produtividade para a construção civil.** Dissertação de Mestrado em Engenharia- Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1994.
- LIMMER, C. V., **Planejamento, orçamento e controle de projetos de obras.** LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S. A. Rio de Janeiro, 1997, 225 p.
- LOPES, A.L.M., **Uma investigação sobre as curvas ABC na construção civil – análise de orçamentos de obras.** Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC Dezembro, 1992, 82 p.
- LOSSO, I. R., **Utilização das características geométricas da edificação na elaboração de estimativas preliminares de custos: estudo de caso em uma empresa de construção.** Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC Agosto, 1995, 146 p.
- MARTINS, E., **Contabilidade de Custos.** 4ª ed. Editora Atlas. 1990.
- MASCARÓ, J.L., **O custo das decisões arquitetônicas.** Editora Nobel. São Paulo, 1985, 100 p.

- MELHADO, S. B., **Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção.** Tese de doutorado. Universidade de São Paulo. São Paulo, SP, 1994.
- MONTGOMERY, C. A., **Estratégia: a busca da vantagem competitiva.** Editado por Cyntia A. Montgomery, Michael E. Porter; tradução de Bazán Tecnologia e Linguística. Rio de Janeiro: Campus, 1998.
- MOURA, D.C. de; DE OLIVEIRA, R., **Mudanças organizacionais frente à evolução do processo de projeto de edificações.** In: VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – Entac 98. Florianópolis, SC. Abril, 1998, p. 199 – 205.
- NAPPI, S. C. B., **Lajes para edificações unifamiliares estudo comparativos.** In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção – 14º Enegep. V1. Outubro, 1994. João Pessoa, PB, p. 791 – 796.
- NOVAES, C.C., **Qualidade na habitação: O papel na coordenação de projetos.** In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, ENTAC, Qualidade e Tecnologia na Habitação, Anais, Rio de Janeiro, 1995, p. 85-90.
- OLIVEIRA, M. **Avaliação de indicadores para tomada de decisão na concepção de projetos de obras de edificação da indústria da construção civil.** Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós Graduação em Administração. Porto Alegre, RS 1989.
- PAHL, G., BEITZ, W., **Engineering design: A systematic approach.** Springer Verlag, 1988.
- PICCHI, F.A., **Sistemas de qualidade: uso em empresas de construção.** Tese de doutorado – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1993, 462 p.
- PICORAL, R.B.; SOLANO, R.S., **Coordenação de Projetos: Procedimentos de Incorporadoras.** Congresso Técnico-Científico de Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 21 a 23 de abril de 1996.

- PIZZATTO, A., **Sistemática de projeto para produtos modulares com aplicação em móveis.** Dissertação (Mestrado em Engenharia) Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 1998.
- PLONSKI, G.A.; FARINHA, J.M.B.B., **O modelo de “Concurrent Engineering” em nossos empreendimentos.** XII Enegep – Encontro Nacional de Engenharia de Produção. v 1. São Paulo, 8 a 11 de setembro de 1992. p.1-6.
- PORTER, M. E., **Vantagem Competitiva: criando e sustentando um desempenho superior.** 4ª edição. Editora Campus. Rio de Janeiro, 1989, 512 p.
- PORTER, M.E.; MILLAR, V.E., **How information gives you competitive advantage.** Harvard Business Review. Boston. V.63, nº4. Jul/ago, 1985, p. 149-160.
- ROSSETTO, C.R., **Adaptação Estratégica Organizacional: Um Estudo Multi-caso na Indústria da Construção Civil - Setor de Edificações.** Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998, 193 p.
- ROSSO, T., **Racionalização da construção.** Universidade de São Paulo – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. São Paulo, 1990, 300 p.
- SANTIAGO, A., Notas de aula. **Disciplina Projeto: Habitacionais.** Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 1997.
- SANVIDO, V., et all. **Critical success factors for construction projects.** Journal of Construction Engineering and Management. New York, ASCE, v.118, n.1, March., 1992, p. 94-111.
- SCHEER, S., **Integração de processos na indústria da construção.** Palestra proferida no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC. Agosto, 1997.
- SCHMITT, C. M., **Por um modelo integrado de sistema de informação para a documentação de projetos de obras de edificação da indústria da construção civil.** Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS Março, 1988, 318 p.

- SCHMITT, C.M., **Sistemas de informações computadorizados para o desenvolvimento de projetos: modelos usuais e a idéia da integração.** In: I Congresso Latino-Americano – Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, novembro, 1998, p. 269-276.
- SCOTT, D.; KAGIRI, M., **Choosing the most appropriate method of construction with computer assistance.** Construction Management Economic. V10. N°2, mar, 1992, p. 153-177.
- SILVA, M.A.C., **Elementos para uma metodologia de gestão da qualidade do projeto.** Wokshop – Qualidade de Projeto. Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, junho, 1995, p. 18-19.
- SINK, D. S., TUTTLE, T.C., **Planejamento e Medição para Performance.** Quality Mark, Rio de Janeiro, 1993, 343 p.
- SOARES, I. de O., **A “Era da Informação”: Tecnologias da comunicação criam novas relações culturais e desafiam antigos e modernos educadores.** Artigo do painel “Processando e Comunicando a Informação : novas tecnologias para a educação do homem. XXV SBTE Revista Tecnologia Educacional. USP V.22, (113/114), Julho/Outubro, 1993, p. 11-19.
- SOLANO, R.S.; HEINECK, L.F.M., **Curva ABC de fornecedores - uma ferramenta para a qualidade.** In: Congresso Técnico-Científico de Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis, SC Abril, 1996, p. 228-238.
- SOUZA, A.L.R.; MACIEL, L.L.; MELHADO, S.B., **O processo de projeto dos edifícios.** In : Workshop – Tendências relativas à gestão da qualidade na construção de edifícios. Anais, Universidade de São Paulo. Escola Politécnica – Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, setembro, 1997, p. 49-51.
- SOUZA, A.L.R.; MELHADO, S.B., **A importância do projeto para produção no incremento da qualidade do produto edifício.** In: I Congresso Latino-Americano – Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, novembro, 1998. p. 517-524.



- SOUZA, L. R.; MELHADO, S.B., **O Projeto para a Produção como Ferramenta de Gestão da Qualidade: Aplicação às Lajes de Concreto Armado de Edifícios**. VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - Qualidade no Processo Construtivo, Florianópolis, SC, volume II, 27 a 30 de abril de 1998, p. 37-46.
- SPENCER, W. J. Estratégia tecnológica para uma economia global. *Technology Policies in a Borderless World Economy*. (Políticas Tecnológicas em uma Economia Mundial sem Fronteiras). In: *The Fourth International Symposium*. ANAIS, setembro, 1996. The Engineering Academy of Japan. Tokyo-Japão. Tradução de Jussara Lopes da Costa, Coordenação de Roberto de Oliveira, PhD, 1997. p. 21-30.
- STYLIANOU, A. C.; JEFFRIES, C.J.; ROBBINS, S.E., **Corporate mergers and the problems of IS integration**. *Information & Management*. University City Boulevard, Charlotte, USA. 1996, p. 203-213.
- TAKAYANAGI, S., A dinâmica de alianças de P&D em corporações transnacionais - Competição, Cooperação e Complementaridade. *Technology Policies in a Borderless World Economy*. (Políticas Tecnológicas em uma Economia Mundial sem Fronteiras). In: *The Fourth International Symposium*. ANAIS, setembro, 1996. The Engineering Academy of Japan. Tokyo-Japão. Tradução de Jussara Lopes da Costa, Coordenação de Roberto de Oliveira, PhD, 1997. p. 46-50.
- TRAJANO, I., **A inadequação do método do custo unitário para a estimação do custo global de edifícios**. In: XIV ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 1994, João Pessoa, PB, p. 143-148.
- TRAJANO, I., **Análise da distribuição percentual de custos dos serviços de edifícios habitacionais**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção – 9º Enegep. V2. Setembro, 1989. Porto Alegre, RS, p. 25 – 37.
- TRAJANO, I., **Proposta de estimação do custo do edifício**. In: VIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. São Carlos, SP. Setembro, 1988, p.499-502.
- ULRICH, K.; TUNG, K., **Fundamentals of product modularity**, *Issues in Design Manufacture/Integration*, ASME, v. 39, 1991, p. 73-79.



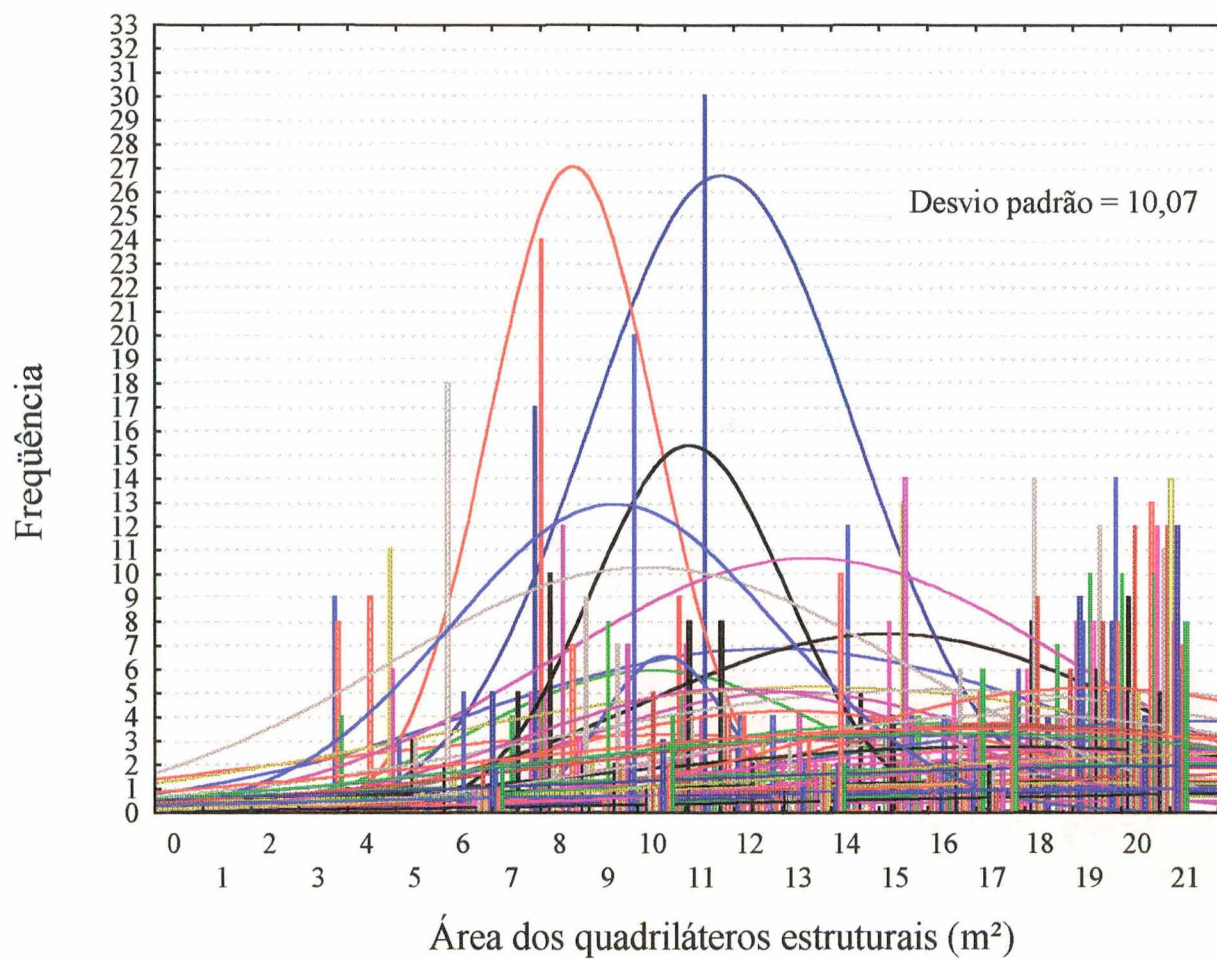


Figura A1.0 – Perfil modular de todos os Edifícios

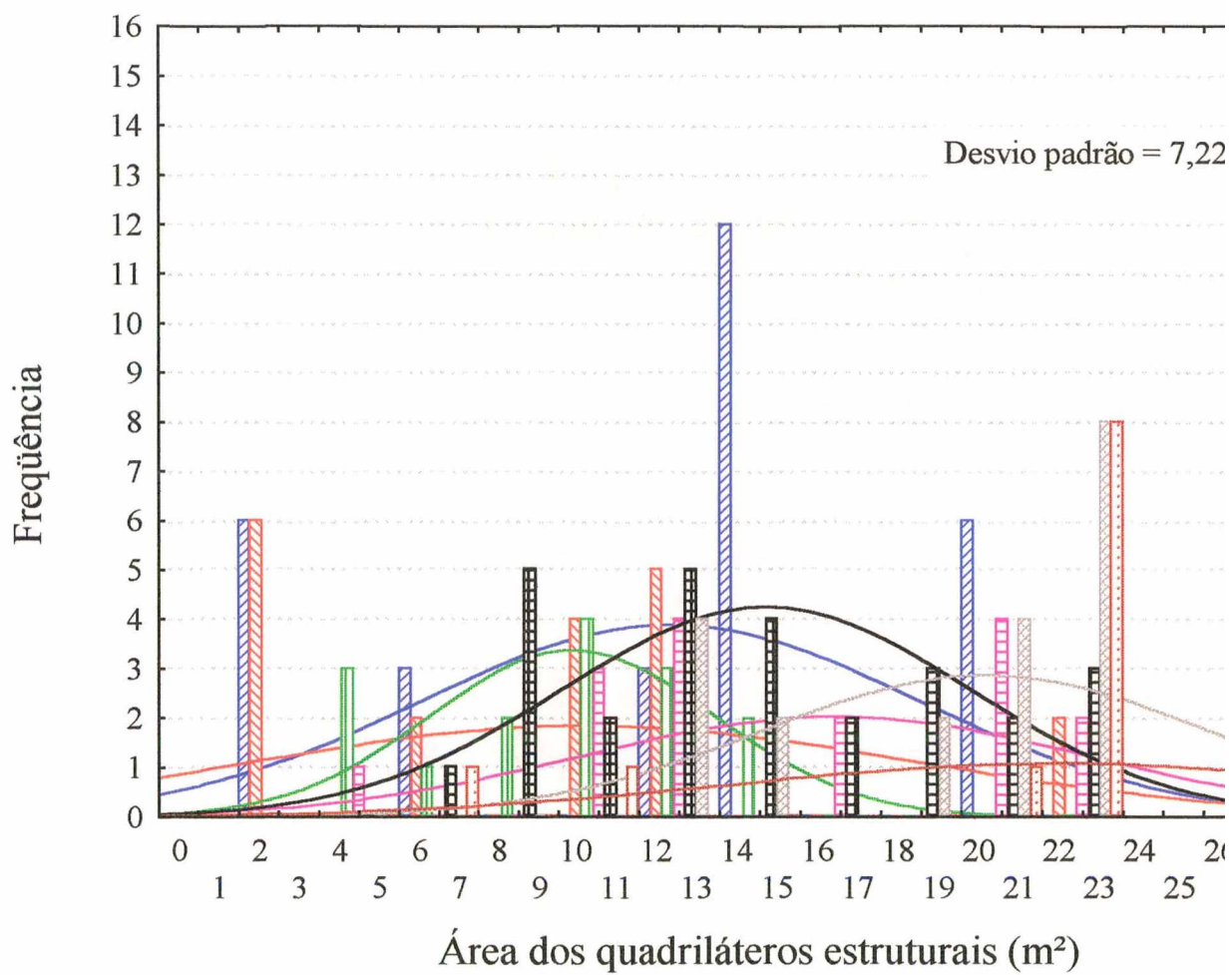


Figura A1.1 – Perfil modular dos Edifício com 2 pavimentos.

Tabela A1.1 - Quadriláteros estruturais para o edifício 2AP4 (valores de "a" e "b")

Edifício: 2AP4			P.T.= 2	
Quadros	a	b	nQ	área
1	2,87	3,80	2	21,81
2	3,51	4,52	2	31,73
3	2,68	4,92	1	13,19
4	2,78	3,80	2	21,13
5	3,32	3,86	2	25,63
6	2,83	3,39	2	19,19
7	2,43	2,68	1	6,51
8	1,62	3,20	2	10,37
9	1,62	3,30	1	5,35
	<b>40,59</b>	<b>56,04</b>	<b>15</b>	<b>154,90</b>
área total P.T.		<b>309,80</b>		

Tabela A1.2 - Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 2AP4

Edifício: 2AP4		P.T.= 2				
Área quadriláteros $A_p$ m <sup>2</sup>	nº de quadros $nQ$ un	$\sum a$ m	$\sum b$ m	$\sqrt{\frac{A_{pt}}{nQ}}$ $a = b$	$\sum a/nQ$ a	$\sum b/nQ$ b
154,90	15,00	40,59	56,04	3,21	2,71	3,74
Valor adotado para $a_m$	3,21					
Valor adotado para $b_m$	3,74					
Mmp ( $a_m \times b_m$ )	12,01					

Tabela A1.3 - Índices de consumo de concreto e aço para o edifício 2AP4

Edifício: 2AP4			P.T.= 2			
Elementos estruturais	Concreto (C)	Aço (A)	Área quadrilátero (Apt)	Índice I1 $A/Apt$	Índice I2 $A/C$	Índice I3 $C/Apt$
unidade	m <sup>3</sup>	kg	m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg7m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
P+V+L	45,70	3.229,00	309,80	10,42	70,66	0,15



Tabela A1.4 - Quadriláteros estruturais para o edifício 2AP5 (valores de "a" e "b")

Edifício: 2AP5			P.T.= 2	
Quadros	a	b	nQ	área
1	2,55	4,76	1	12,14
2	3,05	3,87	2	23,61
3	1,39	2,00	2	5,56
4	2,00	6,21	4	49,68
5	1,23	3,05	2	7,50
6	1,39	4,52	2	12,57
7	4,97	6,21	2	61,73
8	3,05	3,87	2	23,61
9	1,39	2,00	2	5,56
	<b>43,49</b>	<b>80,64</b>	<b>19</b>	<b>201,95</b>
área total P.T.		<b>403,90</b>		

Tabela A1.5 - Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 2AP5

Edifício: 2AP5		P.T.= 2				
Área quadriláteros $A_{pt}$	nº de quadros $nQ$	$\sum a$	$\sum b$	$\sqrt{\frac{A_{pt}}{nQ}}$	$\sum a/nQ$	$\sum b/nQ$
m <sup>2</sup>	un	m	m	$a = b$	a	b
201,95	19,00	43,49	80,64	3,26	2,29	4,24
Valor adotado para $a_m$	3,26					
Valor adotado para $b_m$	4,24					
Mmp ( $a_m \times b_m$ )	13,84					

Tabela A1.6 - Índices de consumo de concreto e aço para o edifício 2AP5

Edifício: 2AP5			P.T.= 2			
Elementos estruturais	Concreto (C)	Aço (A)	Área quadrilátero (Apt)	Índice I1 A/Apt	Índice I2 A/C	Índice I3 C/Apt
unidade	m <sup>3</sup>	kg	m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
P+V+L	68,30	4.883,00	403,90	12,09	71,49	0,17

Tabela A1.7 - Quadriláteros estruturais para o edifício 2AP3 (valores de "a" e "b")

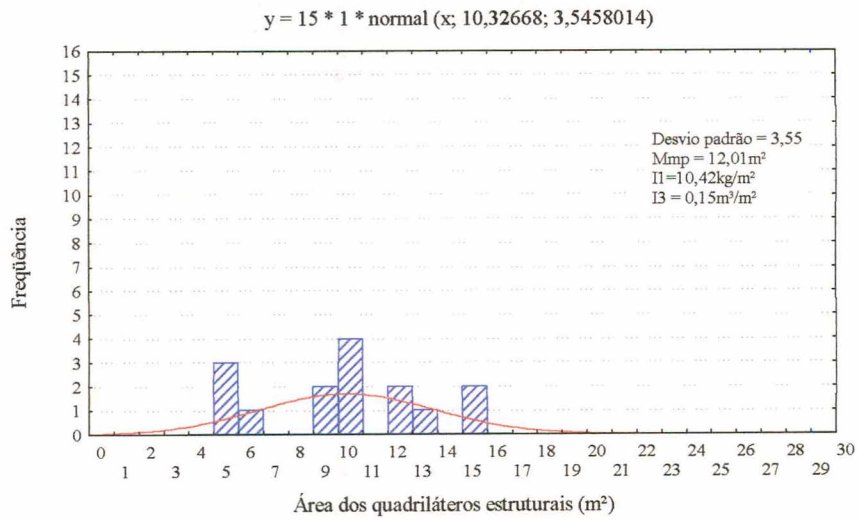
Edifício: 2AP3			P.T.= 2	
Quadros	a	b	nQ	área
1	4,08	8,75	1	35,66
2	4,40	4,77	1	20,99
3	5,26	6,32	1	33,24
4	2,53	4,62	1	11,69
5	2,53	2,68	1	6,78
6	4,62	4,95	1	22,87
7	4,79	4,95	1	23,71
8	4,17	5,65	1	23,56
9	4,17	5,29	1	22,06
10	4,09	5,65	1	23,11
11	4,09	5,65	1	23,11
	<b>44,73</b>	<b>59,28</b>	<b>11</b>	<b>246,77</b>
área total P.T.		<b>493,55</b>		

Tabela A1.8 - Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 2AP3

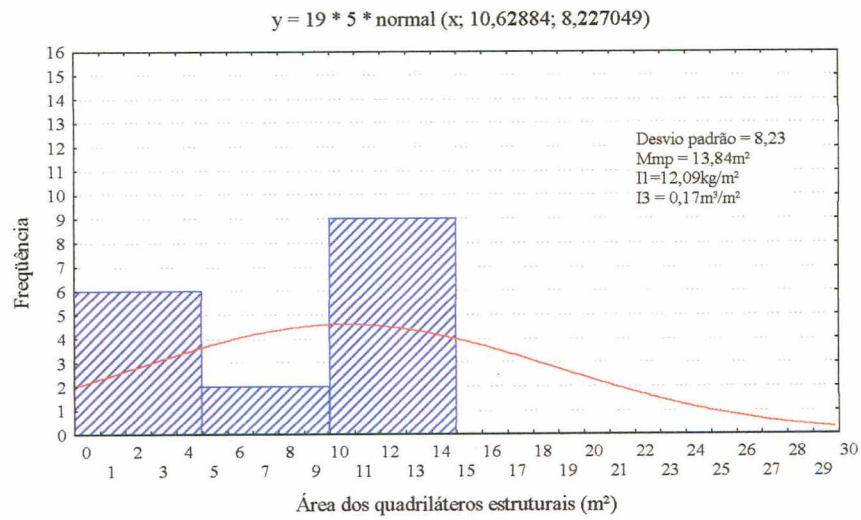
Edifício: 2AP3			P.T.= 2			
Área quadriláteros $A_{pt}$	nº de quadros $nQ$	$\sum a$	$\sum b$	$\sqrt{\frac{A_{pt}}{nQ}}$	$\sum a/nQ$	$\sum b/nQ$
$m^2$	un	m	m	$a = b$	a	b
246,77	11,00	44,73	59,28	4,74	4,07	5,39
Valor adotado para $a_m$	4,74					
Valor adotado para $b_m$	5,39					
Mmp ( $a_m \times b_m$ )	25,52					

Tabela A1.9 - Índices de consumo de concreto e aço para o edifício 2PA3

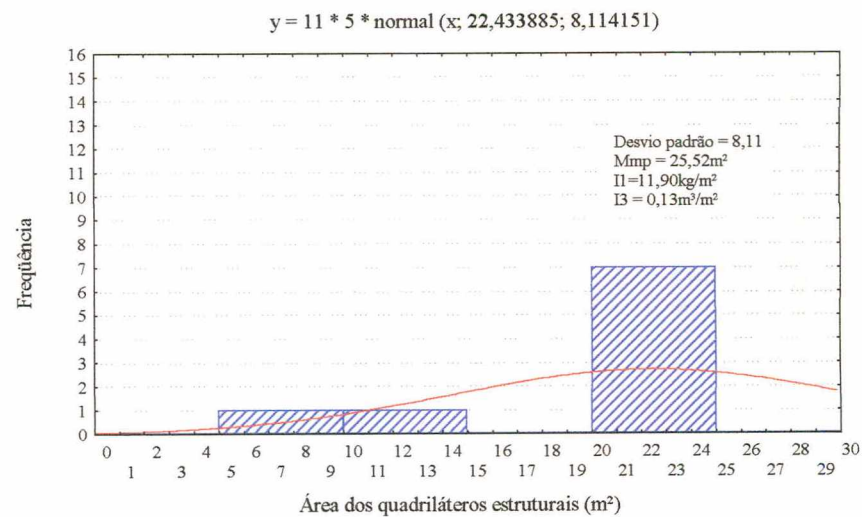
Edifício: 2PA3			P.T.= 2			
Elementos estruturais	Concreto (C)	Aço (A)	Área quadrilátero (Apt)	Índice I1 $A/Apt$	Índice I2 $A/C$	Índice I3 $C/Apt$
unidade	$m^3$	kg	$m^2$	$kg/m^2$	$kg/m^3$	$m^3/m^2$
P+V+L	63,00	5.873,00	493,55	11,90	93,22	0,13



**Figura A1.2 – Perfil modular do Edifício 2AP4**



**Figura A1.3 – Perfil modular do Edifício 2AP5**



**Figura A1.4 – Perfil modular do Edifício 2AP3**



Tabela A1.10 - Quadriláteros estruturais para o edifício 2EM1 (valores de "a" e "b")

Edifício: 2EM1			P.T.= 2	
Quadros	a	b	nQ	área
1	3,44	3,92	2	26,97
2	4,42	4,92	2	43,49
3	3,80	4,67	2	35,49
4	2,32	2,57	1	5,96
5	2,57	4,51	1	11,59
6	1,70	6,65	2	22,61
7	3,25	4,05	2	26,33
8	4,08	5,00	2	40,80
9	4,07	6,95	2	56,57
	<b>54,41</b>	<b>79,40</b>	<b>16</b>	<b>269,82</b>
área total P.T.		<b>539,63</b>		

Tabela A1.11 - Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 2EM1

Edifício: 2EM1			P.T.= 2			
Área quadriláteros $A_{pt}$	nº de quadros $nQ$	$\sum a$	$\sum b$	$\sqrt{\frac{A_{pt}}{nQ}}$	$\sum a/nQ$	$\sum b/nQ$
m <sup>2</sup>	un	m	m	$a = b$	a	b
269,82	16,00	54,41	79,40	4,11	3,40	4,96
Valor adotado para $a_m$	4,11					
Valor adotado para $b_m$	4,96					
Mmp ( $a_m \times b_m$ )	20,38					

Tabela A1.12 - Índices de consumo de concreto e aço para o edifício 2EM1

Edifício: 2EM1			P.T.= 2			
Elementos estruturais	Concreto (C)	Aço (A)	Área quadrilátero (Apt)	Índice I1 $A/Apt$	Índice I2 $A/C$	Índice I3 $C/Apt$
unidade	m <sup>3</sup>	kg	m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
P+V+L	99,00	9.813,00	539,63	18,18	99,12	0,18

Tabela A1.13 - Quadriláteros estruturais para o edifício 2AP1 (valores de "a" e "b")

Edifício: 2AP1		P.T.= 2		
Quadros	a	b	nQ	área
1	3,00	4,82	6	86,76
2	3,01	4,82	6	87,05
3	4,60	4,65	6	128,34
4	2,25	2,82	3	19,04
5	2,82	4,65	3	39,34
6	1,65	2,25	6	22,28
	<b>88,77</b>	<b>121,65</b>	<b>30</b>	<b>382,80</b>
área total P.T.		<b>765,60</b>		

Tabela A1.14 - Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 2AP1

Edifício: 2AP1		P.T.= 2				
Área quadriláteros $A_{pt}$ m <sup>2</sup>	nº de quadros $nQ$ un	$\sum a$ m	$\sum b$ m	$\sqrt{\frac{A_{pt}}{nQ}}$ $a = b$	$\sum a/nQ$ a	$\sum b/nQ$ b
382,80	30,00	88,77	121,65	3,57	2,96	4,06
Valor adotado para $a_m$	3,57					
Valor adotado para $b_m$	4,06					
Mmp ( $a_m \times b_m$ )	14,48					

Tabela A1.15 - Índices de consumo de concreto e aço para o edifício 2AP1

Edifício: 2AP1		P.T.= 2				
Elementos estruturais	Concreto (C) m <sup>3</sup>	Aço (A) kg	Área quadrilátero ( $A_{pt}$ ) m <sup>2</sup>	Índice I1 $A/A_{pt}$ kg/m <sup>2</sup>	Índice I2 $A/C$ kg7m <sup>3</sup>	Índice I3 $C/A_{pt}$ m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
Pilares e vigas	89,00	6.622,00	765,60	8,65	74,40	0,12

Tabela A1.16 - Quadriláteros estruturais para o edifício 2AP2 (valores de "a" e "b")

Edifício: 2AP2			P.T.= 2	
Quadros	a	b	nQ	área
1	4,16	4,44	1	18,47
2	2,55	4,87	1	12,42
3	2,55	5,35	1	13,64
4	5,13	5,16	1	26,47
5	3,68	6,20	1	22,82
6	2,85	6,32	1	18,01
7	1,74	5,47	1	9,52
8	1,74	3,85	1	6,70
9	3,41	4,52	1	15,41
10	3,41	6,26	1	21,35
11	3,21	5,47	1	17,56
12	3,03	6,94	1	21,03
13	1,75	7,01	1	12,27
14	2,55	5,52	1	14,08
15	2,96	3,80	1	11,25
16	3,69	6,34	1	23,39
17	2,68	3,64	1	9,76
18	2,76	5,52	1	15,24
19	2,08	5,28	1	10,98
20	2,00	4,95	1	9,90
21	2,90	5,43	1	15,75
22	2,43	5,52	1	13,41
23	3,03	6,58	1	19,94
24	1,81	5,11	1	9,25
25	1,81	5,11	1	9,25
26	3,03	4,46	1	13,51
27	3,23	5,42	1	17,51
	<b>76,17</b>	<b>144,54</b>	<b>27</b>	<b>408,87</b>
área total P.T.		<b>817,74</b>		

Tabela A1.17 - Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 2AP2

Edifício: 2AP2		P.T.= 2				
Área quadriláteros $A_{pt}$	nº de quadros $nQ$	$\sum a$	$\sum b$	$\sqrt{\frac{A_{pt}}{nQ}}$	$\sum a/nQ$	$\sum b/nQ$
m <sup>2</sup>	un	m	m	$a = b$	a	b
408,87	27,00	76,17	144,54	3,89	2,82	5,35
Valor adotado para $a_m$	3,89					
Valor adotado para $b_m$	5,35					
Mmp ( $a_m \times b_m$ )	20,83					

Tabela A1.18 - Índices de consumo de concreto e aço para o edifício 2AP2

Edifício: 2AP2			P.T.= 2			
Elementos estruturais	Concreto (C)	Aço (A)	Área quadrilátero ( $A_{pt}$ )	Índice I1 $A/A_{pt}$	Índice I2 $A/C$	Índice I3 $C/A_{pt}$
unidade	m <sup>3</sup>	kg	m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg7m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
Pilares e vigas	112,00	7.693,00	817,74	9,41	68,69	0,14



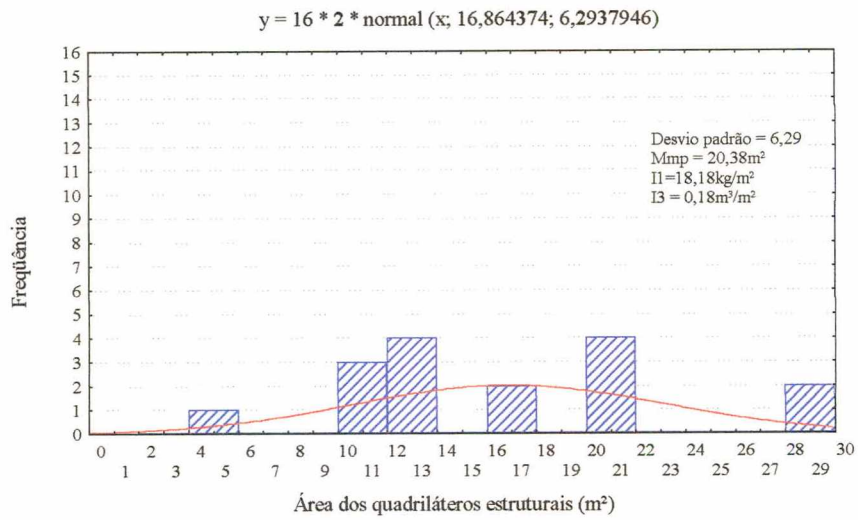


Figura A1.5 – Perfil modular do Edifício 2EM1

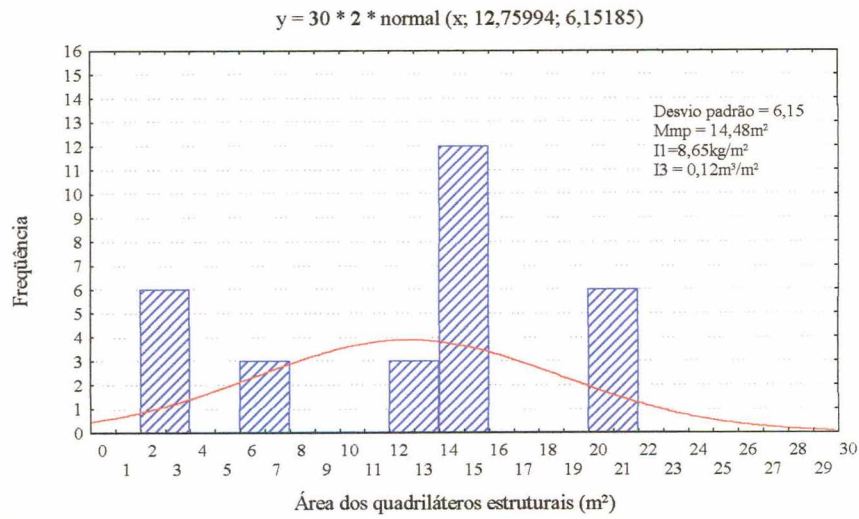


Figura A1.6 – Perfil modular do Edifício 2AP1

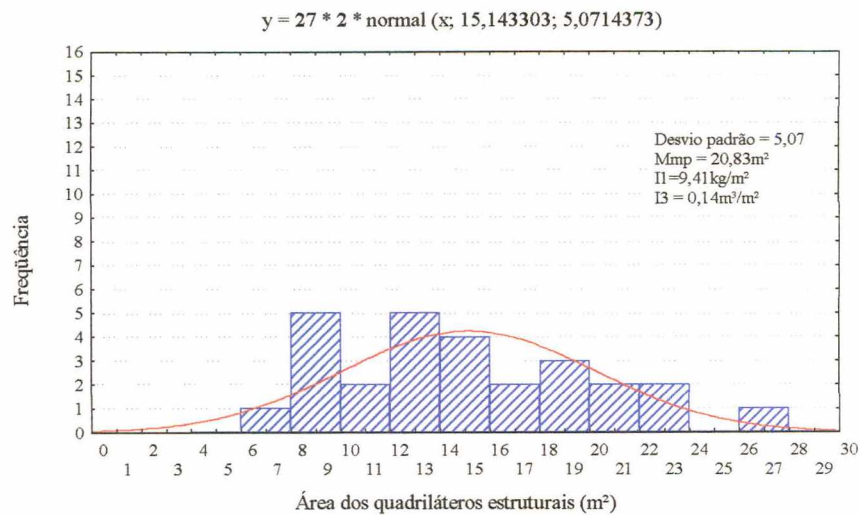


Figura A1.7 – Perfil modular do Edifício 2AP2

Tabela A1.19 - Quadriláteros estruturais para o edifício 2FM1 (valores de "a" e "b")

Edifício: 2FM1			P.T.= 2	
Quadros	a	b	nQ	área
1	4,15	5,10	2	42,33
2	3,70	6,75	2	49,95
3	2,20	5,58	2	24,55
4	5,32	5,45	2	57,99
5	3,25	4,03	2	26,20
6	4,15	5,03	2	41,75
7	2,80	5,30	2	29,68
8	3,63	5,30	2	38,48
9	4,68	5,48	2	51,29
10	4,68	5,32	2	49,80
	<b>77,12</b>	<b>106,68</b>	<b>20</b>	<b>412,01</b>
área total P.T.		<b>824,02</b>		

Tabela A1.20 - Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 2FM1

Edifício: 2FM1		P.T.= 2				
Área quadriláteros $A_{pt}$ m <sup>2</sup>	n° de quadros $nQ$ un	$\sum a$ m	$\sum b$ m	$\sqrt{\frac{A_{pt}}{nQ}}$ $a = b$	$\sum a/nQ$ a	$\sum b/nQ$ b
412,01	20,00	77,12	106,68	4,54	3,86	5,33
Valor adotado para $a_m$	4,54					
Valor adotado para $b_m$	5,33					
Mmp ( $a_m \times b_m$ )	24,21					

Tabela A1.21 - Índices de consumo de concreto e aço para o edifício 2FM1

Edifício: 2FM1		P.T.= 2				
Elementos estruturais	Concreto (C) m <sup>3</sup>	Aço (A) kg	Área quadrilátero ( $A_{pt}$ ) m <sup>2</sup>	Índice I1 $A/A_{pt}$ kg/m <sup>2</sup>	Índice I2 $A/C$ kg/m <sup>3</sup>	Índice I3 $C/A_{pt}$ m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
Pilares e vigas	132,00	8.200,00	824,02	9,95	62,12	0,16

$$y = 20 * 2 * \text{normal}(x; 20,6005; 5,568108)$$

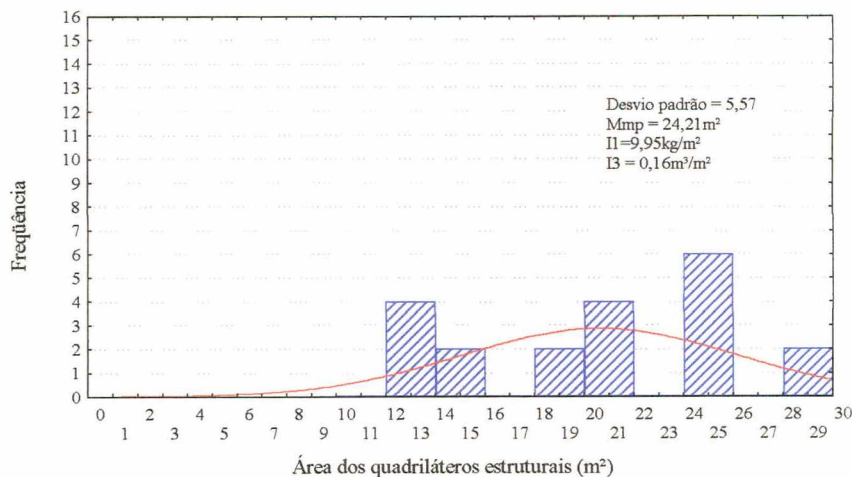


Figura A1.8 – Perfil modular do Edifício 2FM1

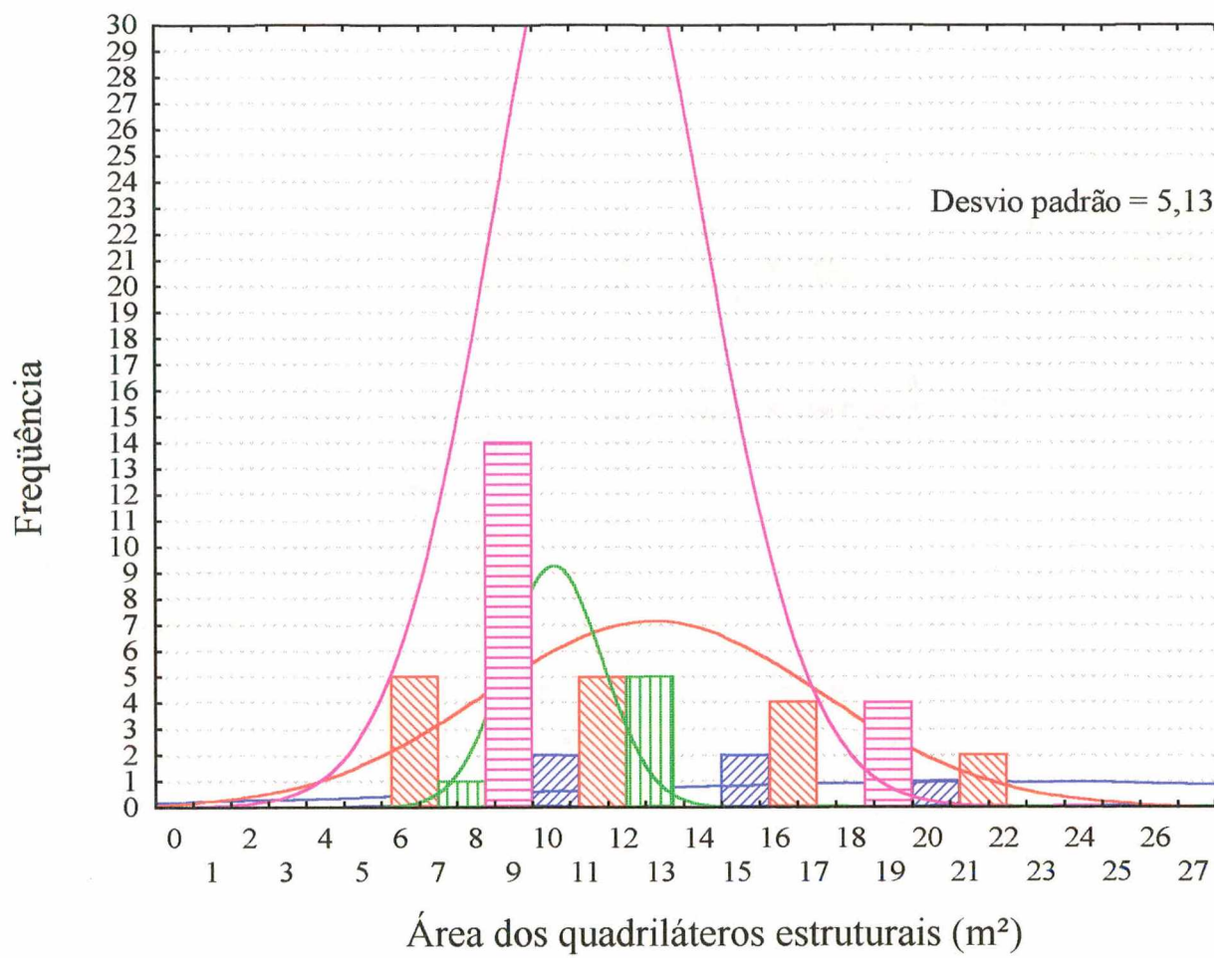


Figura A1.9 – Perfil modular dos Edifícios com 3 pavimentos



Tabela A1.22 - Quadriláteros estruturais para o edifício 3CP1 (valores de "a" e "b")

Edifício: 3CP1			P.T.= 3	
Quadros	a	b	nQ	área
1	2,98	3,18	1	9,48
2	2,98	4,40	1	13,11
3	2,33	4,46	2	20,78
4	2,33	4,30	2	20,04
	<b>15,28</b>	<b>25,10</b>	<b>6</b>	<b>63,41</b>
área total P.T.		<b>190,24</b>		

Tabela A1.23 - Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 3CP1

Edifício: 3CP1			P.T.= 3			
Area quadriláteros $A_{pt}$	nº de quadros $nQ$	$\sum a$	$\sum b$	$\sqrt{\frac{A_{pt}}{nQ}}$	$\sum a/nQ$	$\sum b/nQ$
m <sup>2</sup>	un	m	m	$a = b$	a	b
63,41	6,00	15,28	25,10	3,25	2,55	4,18
Valor adotado para $a_m$	3,25					
Valor adotado para $b_m$	4,18					
Mmp ( $a_m \times b_m$ )	13,60					

Tabela A1.24 - Índices de consumo de concreto e aço para o edifício 3CP1

Edifício: 3CP1			P.T.= 3			
Elementos estruturais	Concreto (C)	Aço (A)	Área quadrilátero ( $A_{pt}$ )	Índice I1 $A/A_{pt}$	Índice I2 $A/C$	Índice I3 $C/A_{pt}$
unidade	m <sup>3</sup>	kg	m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
P+V+L	88,00	8.280,00	190,24	43,52	94,09	0,46

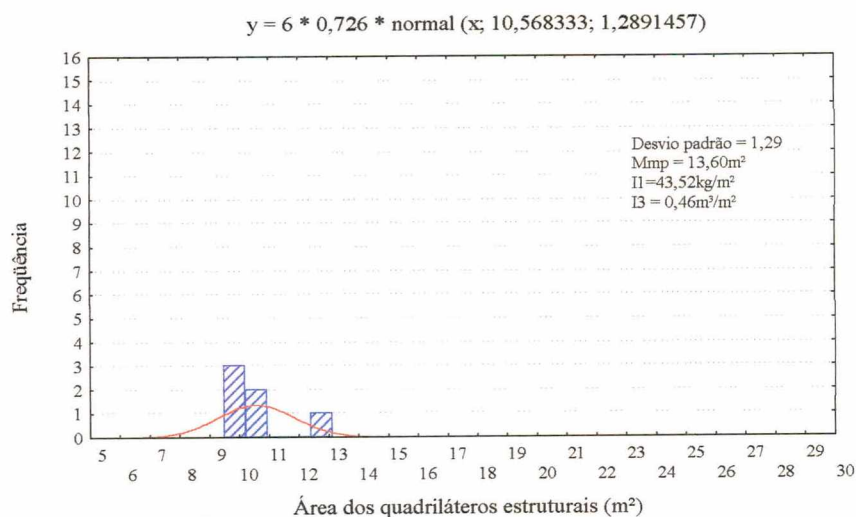


Figura A1.10 – Perfil modular do Edifício 3CP1

Tabela A1.25 - Quadriláteros estruturais para o edifício 3FM1 (valores de "a" e "b")

Edifício: 3FM1			P.T.= 3	
Quadros	a	b	nQ	área
1	2,70	4,90	1	13,23
2	3,65	3,83	1	13,98
3	3,65	4,78	1	17,45
4	5,48	8,45	1	46,31
5	4,25	4,63	1	19,68
6	4,78	4,85	1	23,18
	<b>24,51</b>	<b>31,44</b>	<b>6</b>	<b>133,82</b>
área total P.T.		<b>401,47</b>		

Tabela A1.26 - Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 3FM1

Edifício: 3FM1			P.T.= 3			
Área quadriláteros $A_{pt}$ m <sup>2</sup>	nº de quadros $nQ$ un	$\sum a$ m	$\sum b$ m	$\sqrt{\frac{A_{pt}}{nQ}}$ $a = b$	$\sum a/nQ$ a	$\sum b/nQ$ b
133,82	6,00	24,51	31,44	4,72	4,09	5,24
Valor adotado para $a_m$	4,72					
Valor adotado para $b_m$	5,24					
Mmp ( $a_m \times b_m$ )	24,75					

Tabela A1.27 - Índices de consumo de concreto e aço para o edifício 3FM1

Edifício: 3FM1			P.T.= 3			
Elementos estruturais	Concreto (C) unidade	Aço (A) kg	Área quadrilátero ( $A_{pt}$ ) m <sup>2</sup>	Índice I1 $A/A_{pt}$ kg/m <sup>2</sup>	Índice I2 $A/C$ kg/m <sup>3</sup>	Índice I3 $C/A_{pt}$ m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
P+V+L	77,00	5.520,00	401,47	13,75	71,69	0,19

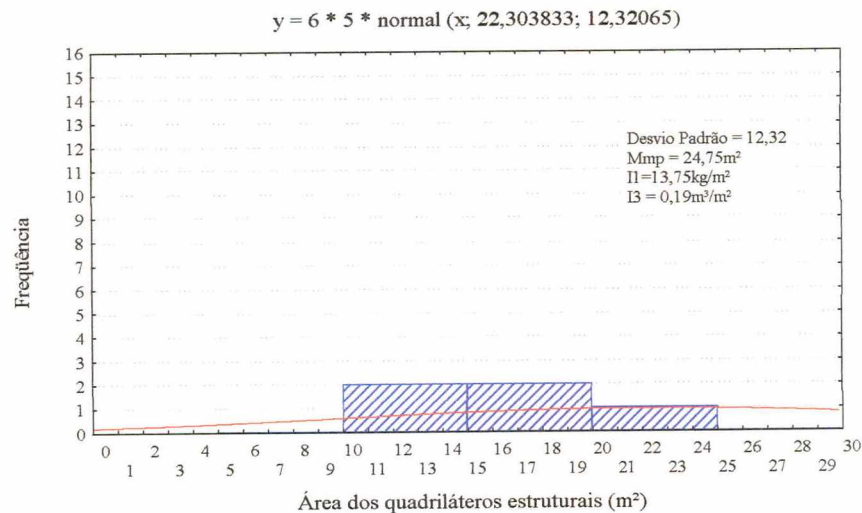


Figura A1.11 – Perfil modular do Edifício 3FM1



Tabela A1.28 - Quadriláteros estruturais para o edifício 3AP1 (valores de "a" e "b")

Edifício: 3AP1			P.T.= 3	
Quadros	a	b	nQ	área
1	3,61	4,49	2	32,42
2	2,95	4,49	4	52,98
3	2,96	2,97	2	17,58
4	3,27	4,92	2	32,18
5	3,27	6,47	2	42,31
6	2,40	3,65	1	8,76
7	2,40	4,17	1	10,01
8	2,40	2,79	1	6,70
9	2,40	3,35	1	8,04
	<b>47,62</b>	<b>69,62</b>	<b>16</b>	<b>210,98</b>
área total P.T.		<b>632,93</b>		

Tabela A1.29 - Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 3AP1

Edifício: 3AP1		P.T.= 3				
Área quadriláteros $A_p$	nº de quadros $nQ$	$\sum a$	$\sum b$	$\sqrt{\frac{A_p}{nQ}}$	$\sum a/nQ$	$\sum b/nQ$
$m^2$	un	m	m	$a = b$	a	b
210,98	16,00	47,62	69,62	3,63	2,98	4,35
Valor adotado para $a_m$	3,63					
Valor adotado para $b_m$	4,35					
Mmp ( $a_m \times b_m$ )	15,80					

Tabela A1.30 - Índices de consumo de concreto e aço para o edifício 3AP1

Edifício: 3AP1		P.T.= 3				
Elementos estruturais	Concreto (C)	Aço (A)	Área quadrilátero (Apt)	Índice I1 $A/Apt$	Índice I2 $A/C$	Índice I3 $C/Apt$
unidade	$m^3$	kg	$m^2$	$kg/m^2$	$kg/m^3$	$m^3/m^2$
P+V+L	110,00	9.836,00	632,93	15,54	89,42	0,17

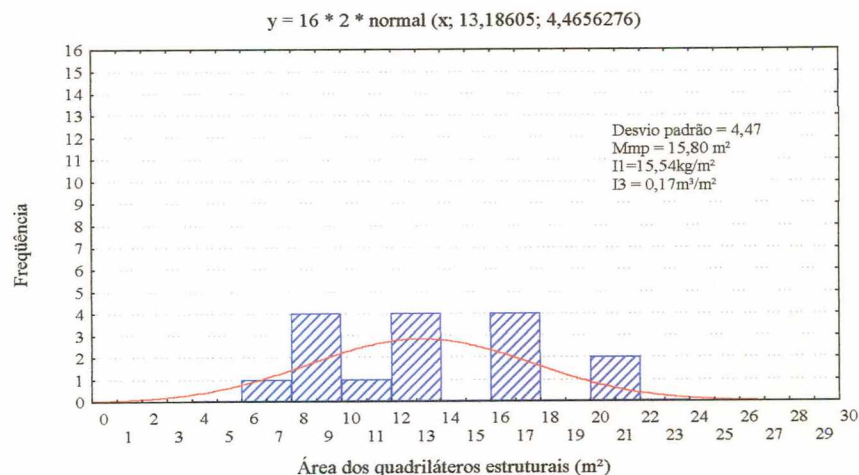


Figura A1.12 – Perfil modular do Edifício 3AP1

Tabela A1.31 - Quadriláteros estruturais para o edifício 3CNT1 (valores de "a" e "b")

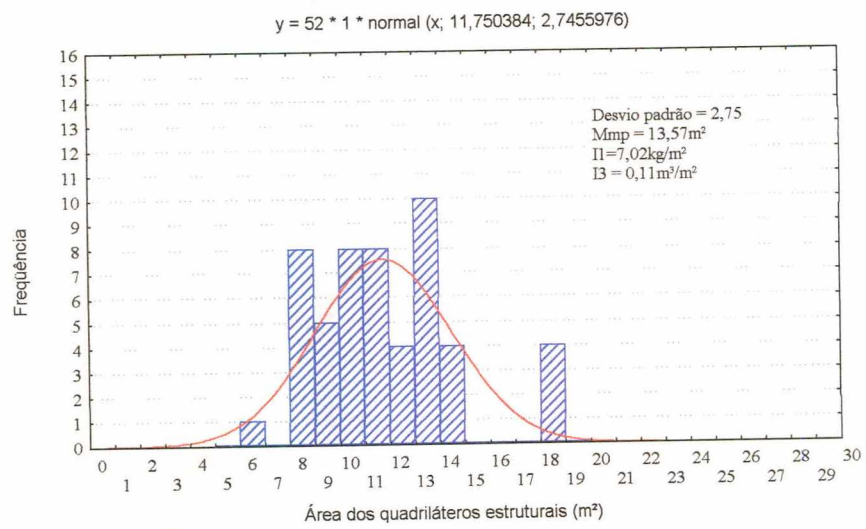
Edifício: 3CNT1			P.T.= 3	
Quadros	a	b	nQ	área
1	2,98	3,18	1	9,48
2	2,98	4,40	1	13,11
3	2,33	4,46	2	20,78
4	2,33	4,30	2	20,04
5	2,25	2,98	1	6,71
6	4,25	4,33	4	73,61
7	2,57	4,25	4	43,69
8	2,79	3,01	4	33,59
9	3,01	3,06	4	36,84
10	2,86	3,01	4	34,43
11	3,13	4,30	1	13,46
12	2,96	3,88	4	45,94
13	3,13	3,88	4	48,58
14	2,91	4,64	4	54,01
15	2,91	4,64	4	54,01
16	3,06	4,64	4	56,79
17	2,86	4,02	4	45,99
	<b>153,90</b>	<b>205,82</b>	<b>52</b>	<b>611,06</b>
área total P.T.		<b>1.833,19</b>		

Tabela A1.32 - Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 3CNT1

Edifício: 3CNT1			P.T.= 3			
Área quadriláteros $A_{pt}$	nº de quadros $nQ$	$\sum a$	$\sum b$	$\sqrt{\frac{A_{pt}}{nQ}}$	$\sum a/nQ$	$\sum b/nQ$
$m^2$	un	m	m	$a = b$	a	b
611,06	52,00	153,90	205,82	3,43	2,96	3,96
Valor adotado para $a_m$	3,43					
Valor adotado para $b_m$	3,96					
Mmp ( $a_m \times b_m$ )	13,57					

Tabela A1.33- Índices de consumo de concreto e aço para o edifício 3CNT1

Edifício: 3CNT1			P.T.= 3			
Elementos estruturais	Concreto (C)	Aço (A)	Área quadrilátero (Apt)	Índice I1 $A/Apt$	Índice I2 $A/C$	Índice I3 $C/Apt$
unidade	$m^3$	kg	$m^2$	$kg/m^2$	$kg/m^3$	$m^3/m^2$
P+V+L	196,00	12.870,00	1.833,19	7,02	65,66	0,11



**Figura A1.13 – Perfil modular do Edifício 3CNT1**

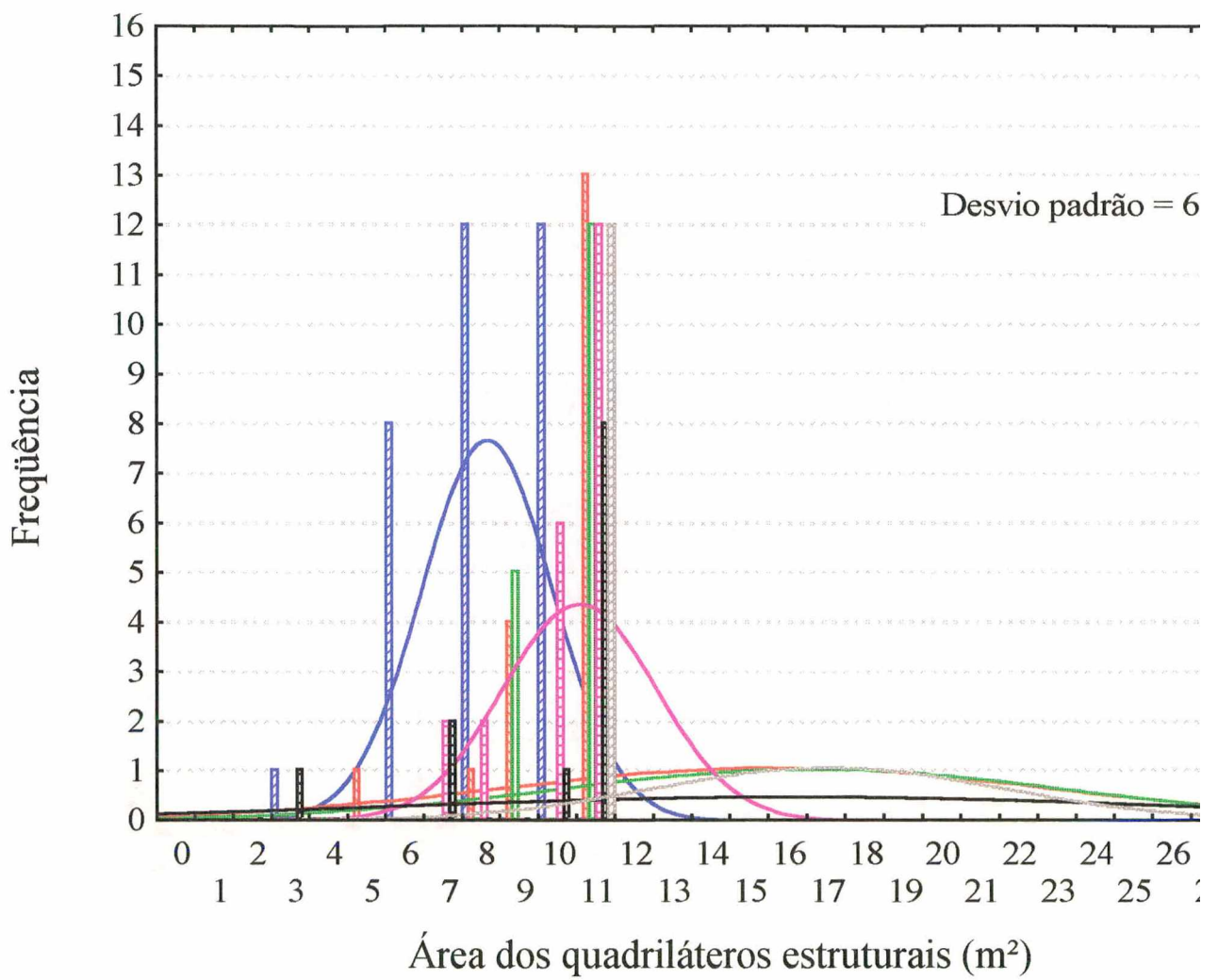


Figura A1.14 – Perfil modular dos Edifício com 4 e 5 pavimentos



Tabela A1.34 - Quadriláteros estruturais para o edifício 4AP1 (valores de "a" e "b")

Edifício: 4AP1			P.T.= 4	
Quadros	a	b	nQ	área
1	2,57	4,31	4	44,31
2	2,83	4,09	4	46,30
3	2,78	3,86	4	42,92
4	3,18	4,52	4	57,49
5	2,53	2,97	2	15,03
6	2,83	2,98	2	16,87
7	3,03	3,43	2	20,79
	<b>62,22</b>	<b>85,88</b>	<b>22</b>	<b>243,70</b>
área total P.T.		<b>974,82</b>		

Tabela A1.35- Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 4AP1

Edifício: 4AP1		P.T.= 4				
Área quadriláteros $A_{pt}$ m <sup>2</sup>	nº de quadros $nQ$ un	$\sum a$ m	$\sum b$ m	$\sqrt{\frac{A_{pt}}{nQ}}$ $a = b$	$\sum a/nQ$ a	$\sum b/nQ$ b
243,70	22,00	62,22	85,88	3,33	2,83	3,90
Valor adotado para $a_m$	3,33					
Valor adotado para $b_m$	3,90					
Mmp ( $a_m \times b_m$ )	12,99					

Tabela A1.36 - Índices de consumo de concreto e aço para o edifício 4AP1

Edifício: 4AP1			P.T.= 4			
Elementos estruturais	Concreto (C)	Aço (A)	Área quadrilátero (Apt)	Índice I1 A/Apt	Índice I2 A/C	Índice I3 C/Apt
unidade	m <sup>3</sup>	kg	m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
P+V+L	236,00	15.321,00	974,82	15,72	64,92	0,24

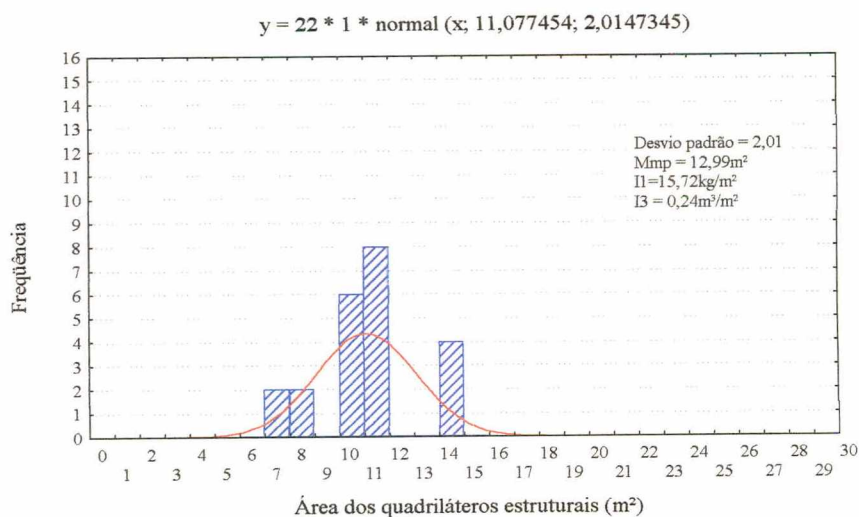


Figura A1.15 – Perfil modular do Edifício 4AP1

Tabela A1.37 - Quadriláteros estruturais para o edifício 4EM2 (valores de "a" e "b")

Edifício: 4EM2			P.T.= 4	
Quadros	a	b	nQ	área
1	2,61	3,29	4	34,35
2	2,59	2,61	4	27,04
3	2,66	3,12	4	33,20
4	2,00	3,50	4	28,00
5	2,55	4,20	4	42,84
6	2,96	3,50	4	41,44
7	2,47	4,17	4	41,20
8	2,43	3,65	2	17,74
9	2,73	3,09	2	16,87
10	1,75	1,87	1	3,27
	<b>83,43</b>	<b>112,91</b>	<b>33</b>	<b>285,95</b>
área total P.T.	<b>1.143,79</b>			

Tabela A1.38 - Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 4EM2

Edifício: 4EM2		P.T.= 4				
Área quadriláteros $A_{pt}$ m <sup>2</sup>	nº de quadros $nQ$ un	$\sum a$ m	$\sum b$ m	$\sqrt{\frac{A_{pt}}{nQ}}$ $a = b$	$\sum a/nQ$ a	$\sum b/nQ$ b
285,95	33,00	83,43	112,91	2,94	2,53	3,42
Valor adotado para $a_m$	2,94					
Valor adotado para $b_m$	3,42					
Mmp ( $a_m \times b_m$ )	10,07					

Tabela A1.39 - Índices de consumo de concreto e aço para o edifício 4EM2

Edifício: 4EM2			P.T.= 4			
Elementos estruturais unidade	Concreto (C) m <sup>3</sup>	Aço (A) kg	Área quadrilátero ( $A_{pt}$ ) m <sup>2</sup>	Índice I1 $A/A_{pt}$ kg/m <sup>2</sup>	Índice I2 $A/C$ kg/m <sup>3</sup>	Índice I3 $C/A_{pt}$ m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
P+V+L	194,00	16.013,00	1.143,79	14,00	82,54	0,17

$$y = 33 * 1,4875 * \text{normal}(x; 8,6650457; 1,7170633)$$

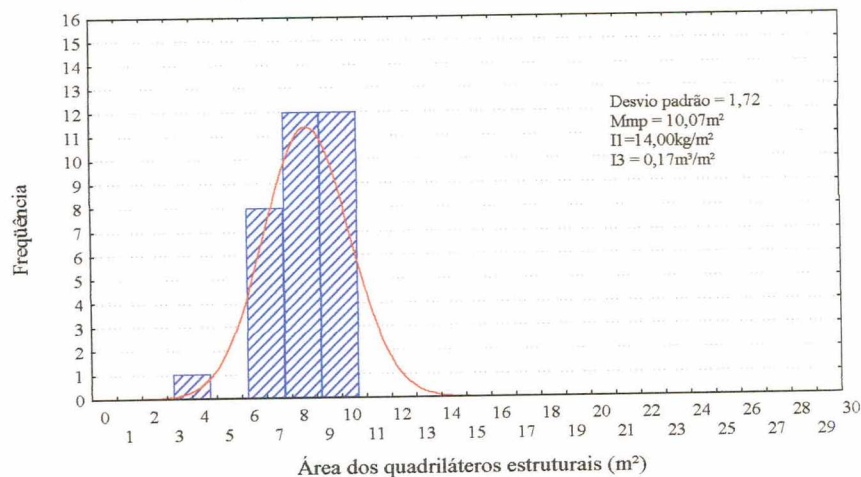


Figura A1.16 – Perfil modular do Edifício 4EM2



Tabela A1.40 - Quadriláteros estruturais para o edifício 4EM1 (valores de "a" e "b')

Edifício: 4EM1			P.T.= 4	
Quadros	a	b	nQ	área
1	2,60	3,48	1	9,05
2	2,94	5,81	4	68,33
3	2,70	3,59	4	38,77
4	3,20	5,13	4	65,66
5	5,13	5,31	4	108,96
	<b>58,48</b>	<b>82,84</b>	<b>17</b>	<b>290,77</b>
<b>Área total P.T.</b>		<b>1.163,08</b>		

Tabela A1.41 - Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 4EM1

Edifício: 4EM1		P.T.= 4				
Área quadriláteros $A_{pt}$ m <sup>2</sup>	nº de quadros $nQ$ un	$\sum a$ m	$\sum b$ m	$\sqrt{\frac{A_{pt}}{nQ}}$ $a = b$	$\sum a/nQ$ a	$\sum b/nQ$ b
290,77	17,00	58,48	82,84	4,14	3,44	4,87
Valor adotado para $a_m$	4,14					
Valor adotado para $b_m$	4,87					
Mmp ( $a_m \times b_m$ )	20,15					

Tabela A1.42 - Índices de consumo de concreto e aço para o edifício 4EM1

Edifício: 4EM1		P.T.= 4				
Elementos estruturais	Concreto (C) m <sup>3</sup>	Aço (A) kg	Área quadrilátero (Apt) m <sup>2</sup>	Índice I1 A/Apt kg/m <sup>2</sup>	Índice I2 A/C kg/m <sup>3</sup>	Índice I3 C/Apt m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
P+V+L	173,00	14.766,00	1.163,08	12,70	85,35	0,15

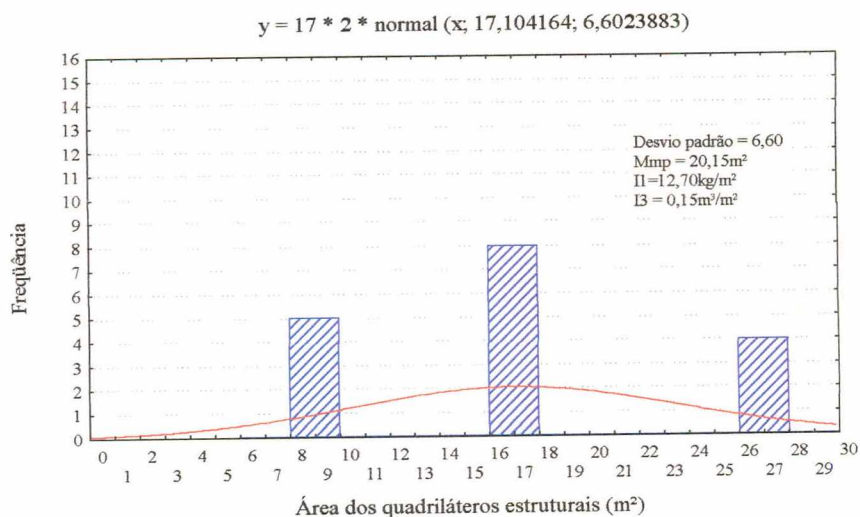


Figura A1.17 – Perfil modular do Edifício 4EM1

Tabela A1.43 - Quadriláteros estruturais para o edifício 4EM3 (valores de "a" e "b")

Edifício: 4EM3			P.T.= 4	
Quadros	a	b	nQ	área
1	3,87	3,97	2	30,73
2	2,78	3,42	2	19,02
3	3,53	5,50	1	19,42
4	1,80	3,32	1	5,98
5	3,15	3,97	2	25,01
6	2,78	3,38	2	18,79
7	1,90	4,35	1	8,27
8	4,70	5,12	2	48,13
9	3,88	4,80	2	37,25
10	4,75	6,37	2	60,52
11	3,88	4,40	2	34,14
	<b>66,81</b>	<b>84,03</b>	<b>19</b>	<b>307,24</b>
área total P.T.		<b>1.228,95</b>		

Tabela A1.44 - Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 4EM3

Edifício: 4EM3		P.T.= 4				
Área quadriláteros $A_{pt}$ m <sup>2</sup>	n° de quadros $nQ$ un	$\sum a$ m	$\sum b$ m	$\sqrt{\frac{A_{pt}}{nQ}}$ $a = b$	$\sum a/nQ$ a	$\sum b/nQ$ b
307,24	19,00	66,81	84,03	4,02	3,52	4,42
Valor adotado para $a_m$	4,02					
Valor adotado para $b_m$	4,42					
Mmp ( $a_m \times b_m$ )	17,78					

Tabela A1.45 - Índices de consumo de concreto e aço para o edifício 4EM3

Edifício: 4EM3		P.T.= 4				
Elementos estruturais	Concreto (C) m <sup>3</sup>	Aço (A) kg	Área quadrilátero (Apt) m <sup>2</sup>	Índice I1 A/Apt kg/m <sup>2</sup>	Índice I2 A/C kg/m <sup>3</sup>	Índice I3 C/Apt m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
P+V+L	202,00	18.990,00	1.228,95	15,45	94,01	0,16

$$y = 19 * 2 * \text{normal}(x; 16,17041; 7,152502)$$

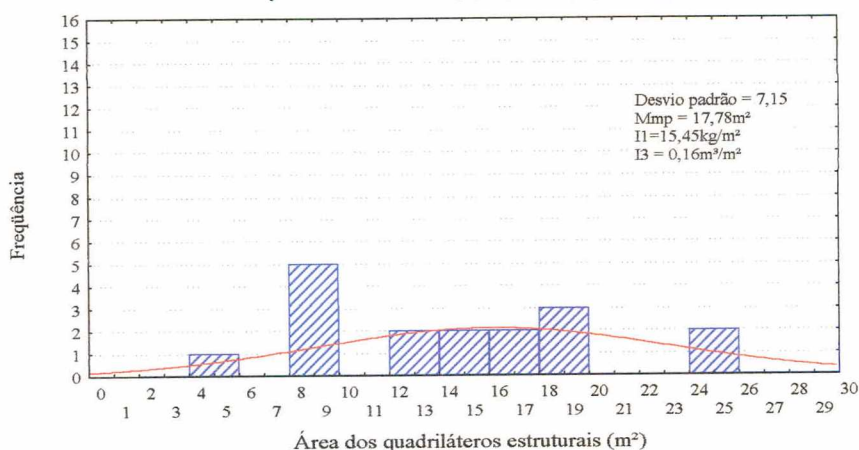


Figura A1.18 – Perfil modular do Edifício 4EM3



Tabela A1.46 - Quadriláteros estruturais para o edifício 5FM1 (valores de "a" e "b")

Edifício: 5FM1			P.T.= 5	
Quadros	a	b	nQ	área
1	5,70	6,00	2	68,40
2	3,60	3,95	2	28,44
3	4,05	5,95	2	48,20
4	2,70	4,05	1	10,94
5	2,05	3,60	2	14,76
6	1,95	6,50	2	25,35
7	1,70	1,85	1	3,15
	<b>39,10</b>	<b>57,90</b>	<b>12</b>	<b>199,23</b>
área total P.T.		<b>996,13</b>		

Tabela A1.47 - Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 5FM1

Edifício: 5FM1		P.T.= 5				
Área quadriláteros $A_{pt}$	nº de quadros $nQ$	$\sum a$	$\sum b$	$\sqrt{\frac{A_{pt}}{nQ}}$	$\sum a/nQ$	$\sum b/nQ$
m <sup>2</sup>	un	m	m	$a = b$	a	b
199,23	12,00	39,10	57,90	4,07	3,26	4,83
Valor adotado para a m	4,07					
Valor adotado para b m	4,83					
Mmp ( $a_m \times b_m$ )	19,66					

Tabela A1.48 - Índices de consumo de concreto e aço para o edifício 5FM1

Edifício: 5FM1		P.T.= 5				
Elementos estruturais	Concreto (C)	Aço (A)	Área quadrilátero ( $A_{pt}$ )	Índice I1 $A/A_{pt}$	Índice I2 $A/C$	Índice I3 $C/A_{pt}$
unidade	m <sup>3</sup>	kg	m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
P+V+L	130,00	9.950,00	996,13	9,99	76,54	0,13

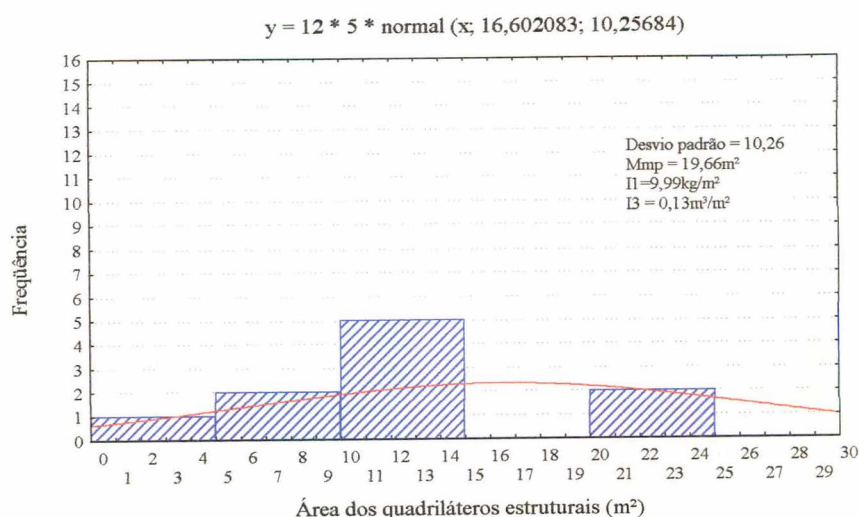


Figura A1.19 – Perfil modular do Edifício 5FM1

Tabela A1.49 - Quadriláteros estruturais para o edifício 5CNT1 (valores de "a" e "b")

Edifício: 5CNT1			P.T.= 5	
Quadros	a	b	nQ	área
1	3,46	5,62	2	38,89
2	4,59	4,62	1	21,21
3	3,76	5,53	1	20,79
4	3,33	3,70	2	24,64
5	3,70	4,70	2	34,78
6	3,15	3,70	2	23,31
7	4,50	5,21	2	46,89
	<b>44,63</b>	<b>56,01</b>	<b>12</b>	<b>210,51</b>
área total P.T.		<b>1.052,56</b>		

Tabela A1.50 - Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 5CNT1

Edifício: 5CNT1			P.T.= 5			
Área quadriláteros $A_{pt}$	nº de quadros $nQ$	$\sum a$	$\sum b$	$\sqrt{\frac{A_{pt}}{nQ}}$	$\sum a/nQ$	$\sum b/nQ$
$m^2$	un	m	m	$a = b$	a	b
210,51	12,00	44,63	56,01	4,19	3,72	4,67
Valor adotado para $a_n$	4,19					
Valor adotado para $b_n$	4,67					
Mmp ( $a_m \times b_m$ )	19,55					

Tabela A1.51 - Índices de consumo de concreto e aço para o edifício 5CNT1

Edifício: 5CNT1			P.T.= 5			
Elementos estruturais	Concreto (C)	Aço (A)	Área quadrilátero ( $A_{pt}$ )	Índice I1 $A/A_{pt}$	Índice I2 $A/C$	Índice I3 $C/A_{pt}$
unidade	$m^3$	kg	$m^2$	$kg/m^2$	$kg/m^3$	$m^3/m^2$
P+V+L	175,00	15.620,00	1.052,56	14,84	89,26	0,17

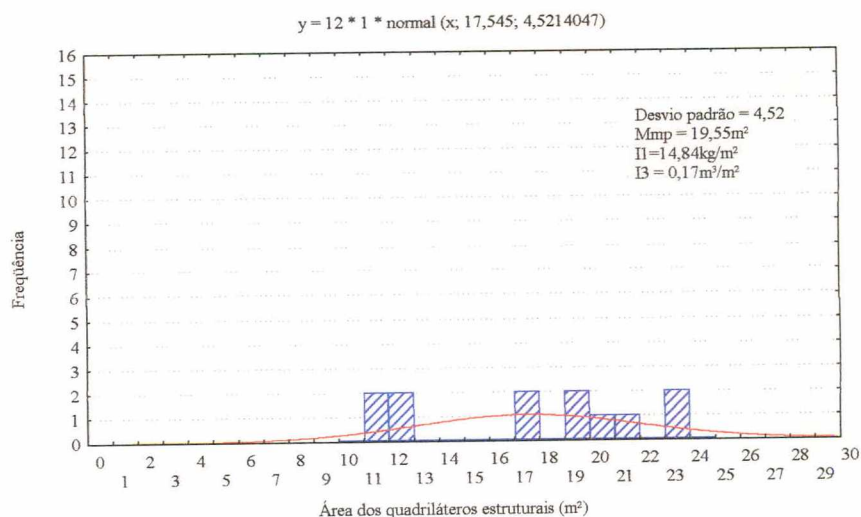


Figura A1.20 – Perfil modular do Edifício 5CNT1

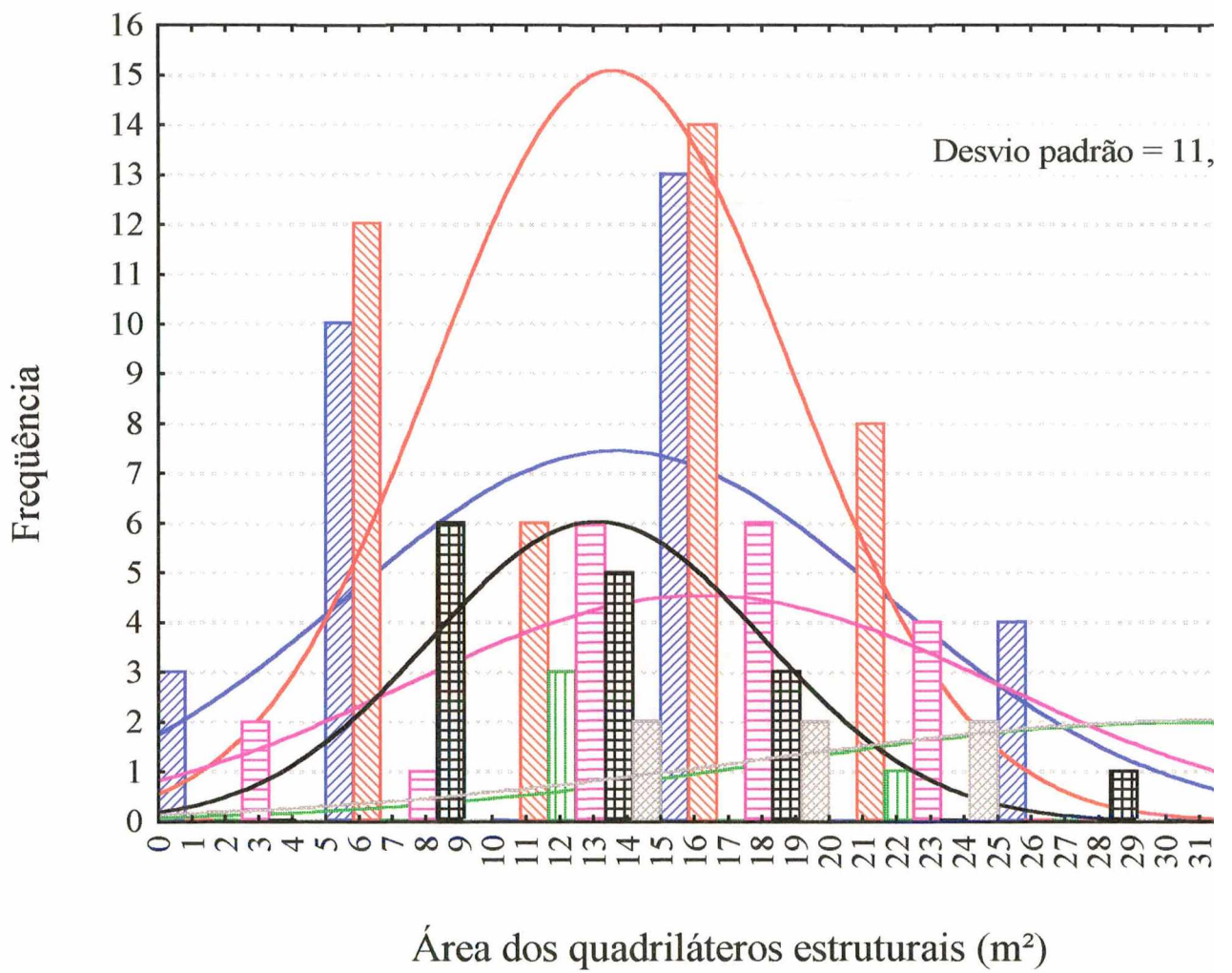


Figura A1.21 – Perfil modular dos Edifícios com 6 e 7 pavimentos



Tabela A1.52 - Quadriláteros estruturais para o edifício 6BP1 (valores de "a" e "b")

Edifício: 6BP1			P.T.= 6	
Quadros	a	b	nQ	área
1	3,08	7,19	1	22,15
2	2,77	4,84	1	13,41
3	4,59	4,64	1	21,30
4	2,77	5,19	1	14,38
5	4,59	5,39	1	24,74
6	3,90	4,78	1	18,64
7	3,67	5,19	1	19,05
8	3,49	4,78	1	16,68
9	2,06	2,96	1	6,10
10	2,64	4,42	1	11,67
11	2,52	4,63	1	11,67
12	2,31	4,68	1	10,81
13	1,68	1,91	1	3,21
14	1,48	2,65	1	3,92
15	3,72	4,12	1	15,33
16	2,92	3,62	1	10,57
17	3,81	4,12	1	15,70
18	3,68	4,91	1	18,07
19	5,44	7,89	1	42,92
20	2,95	8,19	1	24,16
	<b>64,07</b>	<b>96,10</b>	<b>20</b>	<b>324,46</b>
área total P.T.		<b>1.946,75</b>		

Tabela A1.53 - Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 6BP1

Edifício: 6BP1		P.T.= 6				
área quadrilátero	° de quadros	$\sum a$	$\sum b$	$\sqrt{\frac{A_{pt}}{nQ}}$	$\sum a/nQ$	$\sum b/nQ$
$A_{pt}$	$nQ$	m	m	$a = b$	a	b
m <sup>2</sup>	un					
324,46	20,00	64,07	96,10	4,03	3,20	4,81
Valor adotado pa	4,03					
Valor adotado pa	4,81					
Mmp ( $a_m \times b_m$ )	19,35					

Tabela A1.54 - Índices de consumo de concreto e aço para o edifício 6BP1

Edifício: 6BP1			P.T.= 6			
Elementos estruturais	Concreto (C)	Aço (A)	Área quadrilátero ( $A_{pt}$ )	Índice I1 $A/A_{pt}$	Índice I2 $A/C$	Índice I3 $C/A_{pt}$
unidade	m <sup>3</sup>	kg	m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
P+V+L	125,00	12.998,00	1.946,75	6,68	103,98	0,06

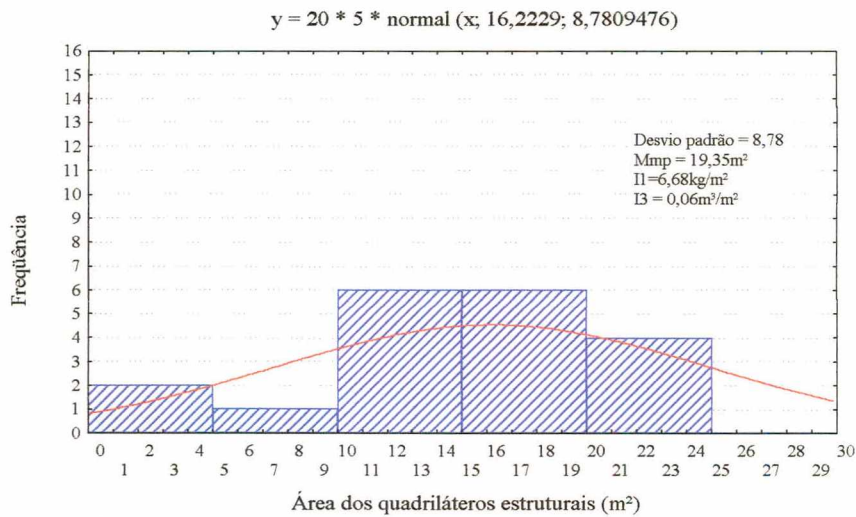


Figura A1.22 – Perfil modular do Edifício 6BP1

Tabela A1.55 - Quadriláteros estruturais para o edifício 6FM1 (valores de "a" e "b")

Edifício: 6FM1			P.T.= 6	
Quadros	a	b	nQ	área
1	5,56	6,27	2	69,72
2	2,52	5,26	1	13,26
3	4,02	5,26	1	21,15
4	2,26	6,21	2	28,07
5	5,62	6,28	2	70,59
6	5,62	8,39	2	94,30
7	5,56	6,27	2	69,72
	<b>55,78</b>	<b>77,36</b>	<b>12</b>	<b>366,81</b>
área total P.T.			<b>2.200,83</b>	

Tabela A1.56 - Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 6FM1

Edifício: 6FM1		P.T.= 6				
Área quadriláteros	nº de quadros	$\sum a$	$\sum b$	$\sqrt{\frac{A_{pt}}{nQ}}$	$\sum a/nQ$	$\sum b/nQ$
$A_{pt}$	$nQ$	m	m	$a = b$	a	b
m <sup>2</sup>	un					
366,81	12,00	55,78	77,36	5,53	4,65	6,45
Valor adotado para	5,53					
Valor adotado para	6,45					
Mmp ( $a_m \times b_m$ )	35,64					

Tabela A1.57 - Índices de consumo de concreto e aço para o edifício 6FM1

Edifício: 6FM1		P.T.= 6				
Elementos estruturais	Concreto (C)	Aço (A)	Área quadrilátero (Apt)	Índice I1 A/Apt	Índice I2 A/C	Índice I3 C/Apt
unidade	m <sup>3</sup>	kg	m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
P+V+L	411,00	33.720,00	2.200,83	15,32	82,04	0,19

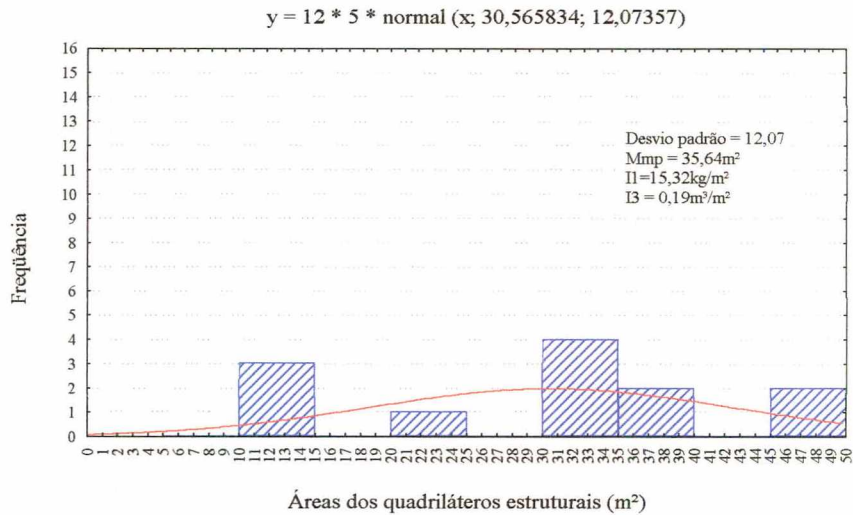


Figura A1.23 – Perfil modular do Edifício 6FM1

Tabela A1.58 - Quadriláteros estruturais para o edifício 6CNT1 (valores de "a" e "b")

Edifício: 6CNT1			P.T.= 6	
Quadros	a	b	nQ	área
1	2,85	5,11	2	29,13
2	2,85	5,41	2	30,84
3	5,30	6,12	2	64,87
4	5,63	6,83	2	76,91
5	6,00	7,55	2	90,60
6	5,95	8,57	2	101,98
7	4,48	5,30	2	47,49
	<b>66,12</b>	<b>89,78</b>	<b>14</b>	<b>441,81</b>
área total P.T.		<b>2.650,88</b>		



Tabela A1.59 - Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 6CNT1

Edifício: 6CNT1		P.T.= 6				
Área quadriláteros $A_{pt}$	nº de quadros $nQ$	$\sum a$	$\sum b$	$\sqrt{\frac{A_{pt}}{nQ}}$	$\sum a/nQ$	$\sum b/nQ$
m <sup>2</sup>	un	m	m	$a = b$	a	b
441,81	14,00	57,16	79,18	5,62	4,08	5,66
Valor adotado para	5,62					
Valor adotado para	5,66					
Mmp ( $a_m \times b_m$ )	31,77					

Tabela A1.60 - Índices de consumo de concreto e aço para o edifício 6CNT1

Edifício: 6CNT1		P.T.= 6				
Elementos estruturais	Concreto (C)	Aço (A)	Área quadrilátero (Apt)	Índice I1 A/Apt	Índice I2 A/C	Índice I3 C/Apt
unidade	m <sup>3</sup>	kg	m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
P+V+L	430,00	44.520,00	2.650,88	16,79	103,53	0,16

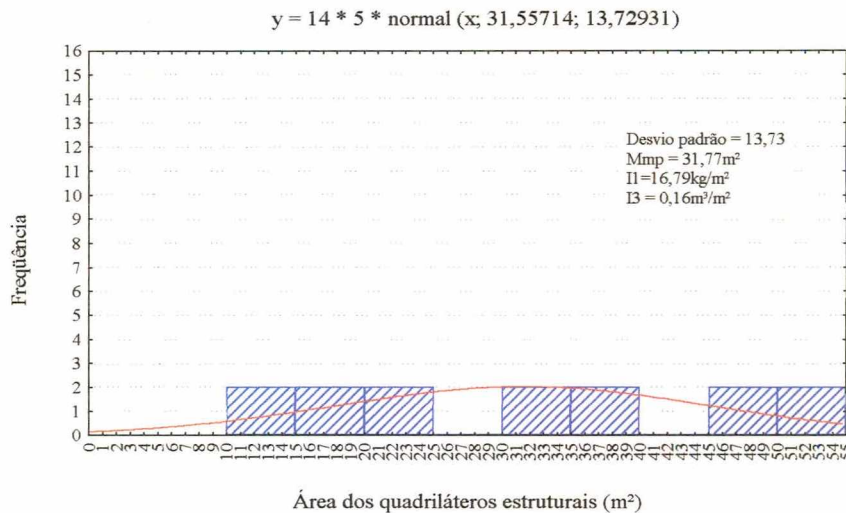


Figura A1.24 – Perfil modular do Edifício 6CNT1



Tabela A1.61 - Quadriláteros estruturais para o edifício 6FM2 (valores de "a" e "b")

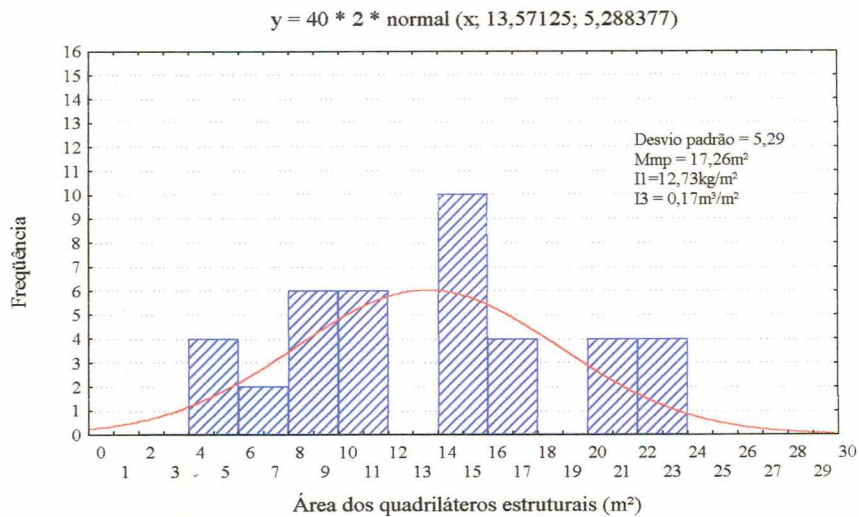
Edifício: 6FM2			P.T.= 6	
Quadros	a	b	nQ	área
1	1,85	2,73	4	20,20
2	2,58	5,85	4	60,37
3	3,50	6,30	4	88,20
4	2,93	3,50	4	41,02
5	2,82	3,41	4	38,46
6	2,82	5,85	4	65,99
7	2,81	5,35	4	60,13
8	4,49	4,64	4	83,33
9	2,67	5,72	1	15,27
10	1,87	5,70	2	21,32
11	1,87	3,56	2	13,31
12	2,67	5,70	1	15,22
13	2,81	3,56	2	20,01
	<b>113,64</b>	<b>187,58</b>	<b>40</b>	<b>542,85</b>
área total P.T.		<b>3.257,08</b>		

Tabela A1.62 - Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 6FM2

Edifício: 6FM2			P.T.= 6			
Área quadriláteros $A_{pt}$	nº de quadros $nQ$	$\sum a$	$\sum b$	$\sqrt{\frac{A_{pt}}{nQ}}$	$\sum a/nQ$	$\sum b/nQ$
m <sup>2</sup>	un	m	m	$a = b$	a	b
542,85	40,00	113,64	187,58	3,68	2,84	4,69
Valor adotado para	3,68					
Valor adotado para	4,69					
Mmp ( $a_m \times b_m$ )	17,28					

Tabela A1.63- Índices de consumo de concreto e aço para o edifício 6FM2

Edifício: 6FM2			P.T.= 6			
Elementos estruturais	Concreto (C)	Aço (A)	Área quadrilátero ( $A_{pt}$ )	Índice I1 $A/A_{pt}$	Índice I2 $A/C$	Índice I3 $C/A_{pt}$
unidade	m <sup>3</sup>	kg	m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
P+V+L	560,00	41.460,00	3.257,08	12,73	74,04	0,17



**Figura A1.25 – Perfil modular do Edifício 6FM2**

**Tabela A1.64 - Quadriláteros estruturais para o edifício 7CNT1 (valores de "a" e "b")**

Edifício: 7CNT1			P.T.= 7	
Quadros	a	b	nQ	área
1	2,90	3,50	1	10,15
2	3,90	4,62	1	18,02
3	3,32	3,70	1	12,28
4	4,02	6,72	1	27,01
5	3,67	4,50	1	16,52
6	3,12	4,44	1	13,85
7	1,53	5,17	1	7,91
8	3,70	3,82	1	14,13
9	3,22	5,15	1	16,58
10	2,97	2,98	1	8,85
11	2,70	3,50	1	9,45
12	2,83	4,44	1	12,57
13	2,62	3,70	1	9,69
14	2,92	3,40	1	9,93
15	2,92	3,28	1	9,58
	<b>46,34</b>	<b>62,92</b>	<b>15</b>	<b>196,53</b>
área total P.T.		<b>1.375,69</b>		

Tabela A1.65 - Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 7CNT1

Edifício: 7CNT1			P.T.= 7			
Área quadriláteros $A_{qt}$ m <sup>2</sup>	nº de quadros $nQ$ un	$\sum a$ m	$\sum b$ m	$\sqrt{\frac{A_{qt}}{nQ}}$ $a = b$	$\sum a/nQ$ a	$\sum b/nQ$ b
196,53	15,00	46,34	62,92	3,62	3,09	4,19
Valor adotado para	3,62					
Valor adotado para	4,19					
Mmp ( $a_m \times b_m$ )	15,18					

Tabela A1.66 - Índices de consumo de concreto e aço para o edifício 7CNT1

Edifício: 7CNT1			P.T.= 7			
Elementos estruturais	Concreto (C) m <sup>3</sup>	Aço (A) kg	Área quadrilátero ( $A_{pt}$ ) m <sup>2</sup>	Índice I1 $A/A_{pt}$ kg/m <sup>2</sup>	Índice I2 $A/C$ kg/m <sup>3</sup>	Índice I3 $C/A_{pt}$ m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
P+V+L	188,00	20.867,00	1.375,69	15,17	110,99	0,14

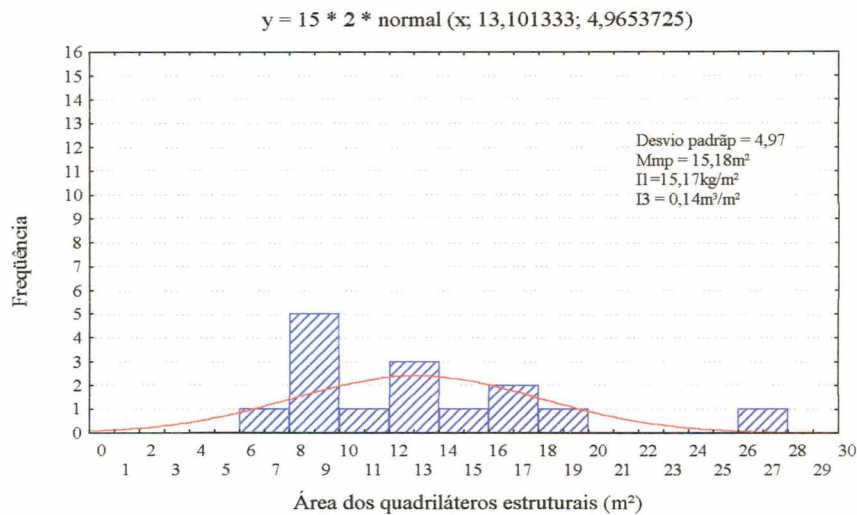


Figura A1.26 – Perfil modular do Edifício 7CNT1



Tabela A1.67 - Quadriláteros estruturais para o edifício 7FNT1 (valores de "a" e "b")

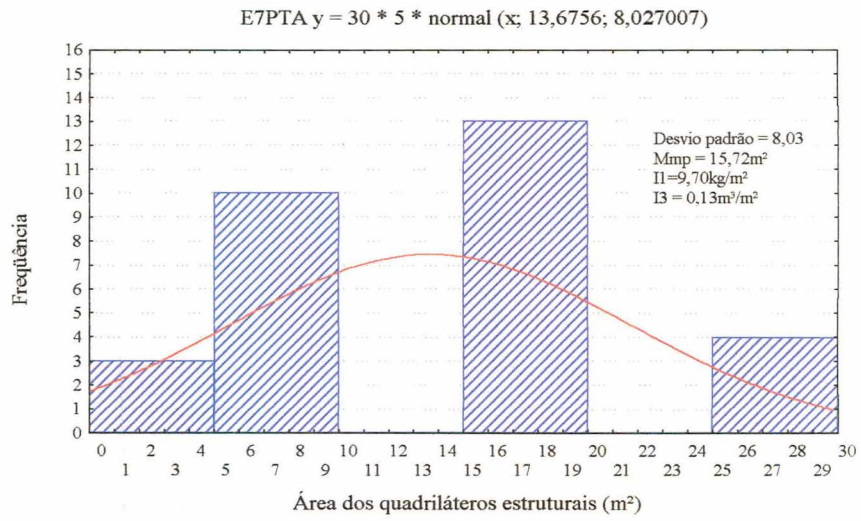
Edifício: 7FNT1			P.T.= 7	
Quadros	a	b	nQ	área
1	4,50	6,53	4	117,54
2	3,95	4,20	4	66,36
3	2,90	5,75	4	66,70
4	3,75	4,20	4	63,00
5	2,45	3,70	2	18,13
6	2,00	2,75	2	11,00
7	1,80	2,00	1	3,60
8	1,95	2,80	2	10,92
9	1,95	2,80	1	5,46
10	1,80	2,73	2	9,83
11	3,70	4,75	1	17,58
12	1,80	3,80	2	13,68
13	1,75	3,70	1	6,48
	<b>89,60</b>	<b>127,53</b>	<b>30</b>	<b>410,27</b>
área total P.T.		<b>2.871,88</b>		

Tabela A1.68 - Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 7FNT1

Edifício: 7FNT1		P.T.= 7				
Área quadriláteros $A_{pt}$ m <sup>2</sup>	nº de quadros $nQ$ un	$\sum a$ m	$\sum b$ m	$\sqrt{\frac{A_{pt}}{nQ}}$ $a = b$	$\sum a/nQ$ a	$\sum b/nQ$ b
410,27	30,00	89,60	127,53	3,70	2,99	4,25
Valor adotado para	3,70					
Valor adotado para	4,25					
Mmp ( $a_m \times b_m$ )	15,72					

Tabela A1.69 - Índices de consumo de concreto e aço para o edifício 7FNT1

Elementos estruturais	Concreto (C)	Aço (A)	Área quadrilátero ( $A_{pt}$ )	Índice I1 $A/A_{pt}$	Índice I2 $A/C$	Índice I3 $C/A_{pt}$
unidade	m <sup>3</sup>	kg	m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
P+V+L	365,00	27.860,00	2.871,88	9,70	76,33	0,13



**Figura A1.27 – Perfil modular do Edifício 7FNT1**

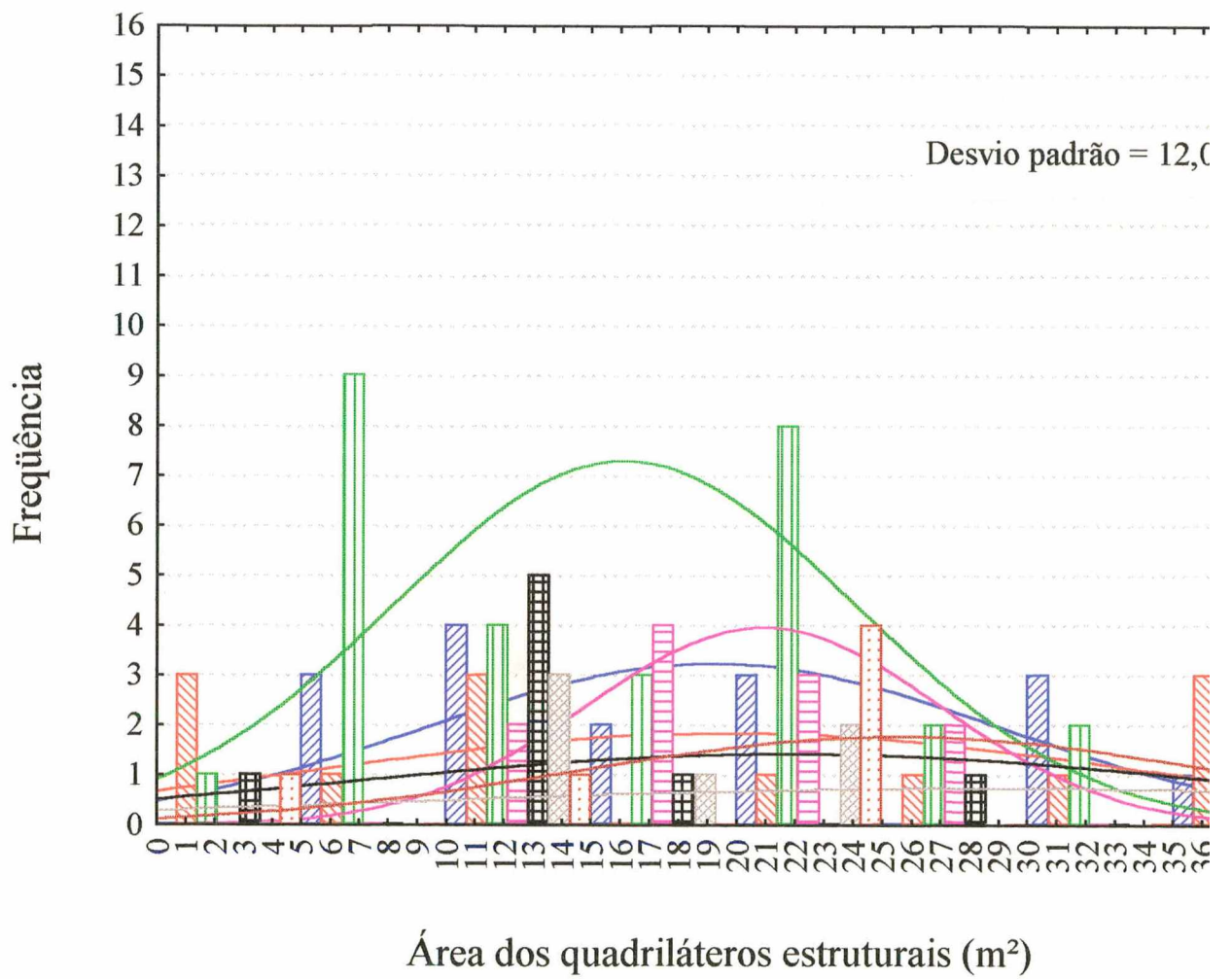


Figura A1.28 – Perfil modular dos Edifícios com 8 e 9 pavimentos



Tabela A1.70 - Quadriláteros estruturais para o edifício 8CNT1 (valores de "a" e "b")

Edifício: 8CNT1			P.T.= 8	
Quadros	a	b	nQ	área
1	2,58	6,93	1	17,88
2	3,00	7,04	1	21,12
3	6,09	10,26	1	62,48
4	3,62	4,07	1	14,73
5	3,87	3,87	1	14,98
6	2,85	4,73	1	13,48
7	4,73	4,90	1	23,18
8	7,49	8,56	1	64,11
	<b>34,23</b>	<b>50,36</b>	<b>8</b>	<b>231,97</b>
área total P.T.			1.855,72	

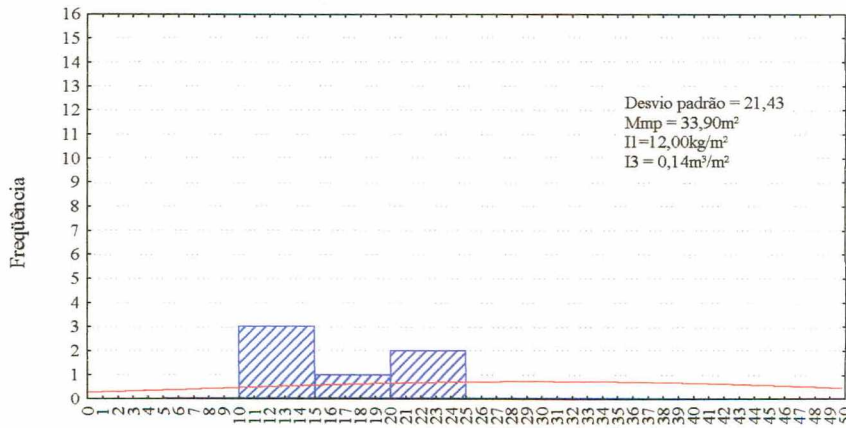
Tabela A1.71 - Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 8CNT1

Edifício: 8CNT1		P.T.= 8				
Area quadriláteros $A_p$	nº de quadros $nQ$	$\sum a$	$\sum b$	$\sqrt{\frac{A_p}{nQ}}$	$\sum a/nQ$	$\sum b/nQ$
m <sup>2</sup>	un	m	m	$a = b$	a	b
231,97	8,00	34,23	50,36	5,38	4,28	6,30
Valor adotado para $a_n$	5,38					
Valor adotado para $b_n$	6,30					
Mmp ( $a_m \times b_m$ )	33,90					

Tabela A1.72 - Índices de consumo de concreto e aço para o edifício 8CNT1

Edifício: 8CNT1			P.T.= 8			
Elementos estruturais	Concreto (C)	Aço (A)	Área quadrilátero (Apt)	Índice I1 A/Apt	Índice I2 A/C	Índice I3 C/Apt
unidade	m <sup>3</sup>	kg	m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
P+V+L	259,00	22.264,00	1.855,72	12,00	85,96	0,14

$y = 8 * 5 * \text{normal}(x; 28,995; 21,42864)$



Área dos quadriláteros estruturais (m<sup>2</sup>)

Figura A1.29 – Perfil modular do Edifício 8CNT1

Tabela A1.73 - Quadriláteros estruturais para o edifício 8CNT2 (valores de "a" e "b")

Edifício: 8CNT2			P.T.= 8	
Quadros	a	b	nQ	área
1	4,54	5,50	2	49,94
2	3,84	5,65	2	43,39
3	2,82	5,25	1	14,81
4	5,50	6,47	2	71,17
5	5,45	6,82	2	74,34
6	1,57	1,77	1	2,78
	<b>43,05</b>	<b>55,90</b>	<b>10</b>	<b>256,42</b>
área total P.T.			<b>2.051,39</b>	

Tabela A1.74 - Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 8CNT2

Edifício: 8CNT2		P.T.= 8				
Área quadriláteros $A_{pt}$	nº de quadros $nQ$	$\sum a$	$\sum b$	$\sqrt{\frac{A_{pt}}{nQ}}$	$\sum a/nQ$	$\sum b/nQ$
m <sup>2</sup>	un	m	m	$a = b$	a	b
256,42	10,00	43,05	55,90	5,06	4,31	5,59
Valor adotado para $a_n$	5,06					
Valor adotado para $b_n$	5,59					
Mmp ( $a_m \times b_m$ )	28,31					

Tabela A1.75 - Índices de consumo de concreto e aço para o edifício 8CNT2

Edifício: 8CNT2		P.T.= 8				
Elementos estruturais	Concreto (C)	Aço (A)	Área quadrilátero ( $A_{pt}$ )	Índice I1 $A/A_{pt}$	Índice I2 $A/C$	Índice I3 $C/A_{pt}$
unidade	m <sup>3</sup>	kg	m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
P+V+L	401,00	41.840,00	2.051,39	20,40	104,34	0,20

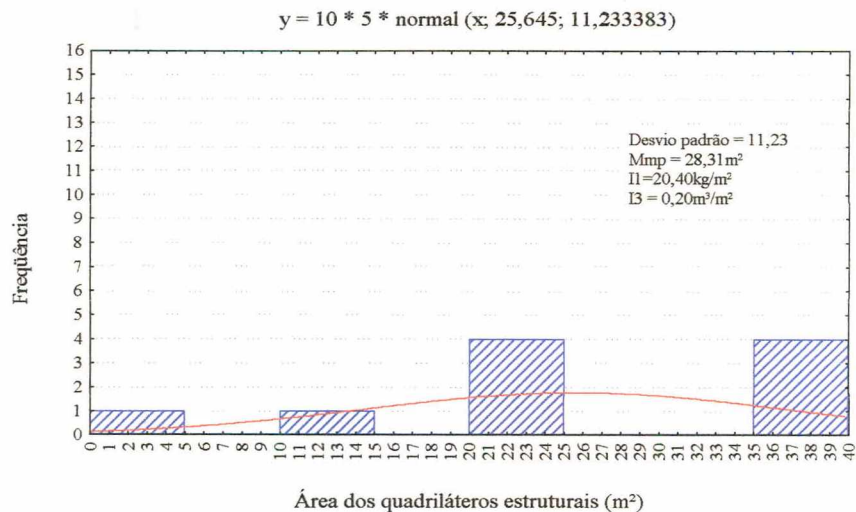


Figura A1.30 – Perfil modular do Edifício 8CNT2

Tabela A1.76 - Quadriláteros estruturais para o edifício 8BNB1 (valores de "a" e "b")

Edifício: 8BNB1			P.T.= 8	
Quadros	a	b	nQ	área
1	5,06	6,36		0,00
2	2,47	4,21	1	10,40
3	4,73	5,06	1	23,93
4	2,47	5,22	1	12,89
5	5,60	6,19	1	34,66
6	3,08	4,41	1	13,58
7	3,63	4,52	1	16,41
8	3,20	3,56	1	11,39
9	2,15	4,24	1	9,12
10	1,89	3,75	1	7,09
11	3,08	5,94	1	18,30
12	4,41	4,65	1	20,51
13	5,97	6,19	1	36,95
14	2,30	3,67	1	8,44
15	5,20	5,85	1	30,42
16	4,11	5,11	1	21,00
	<b>54,29</b>	<b>72,57</b>	<b>15</b>	<b>275,09</b>
área total P.T.		<b>2.200,76</b>		

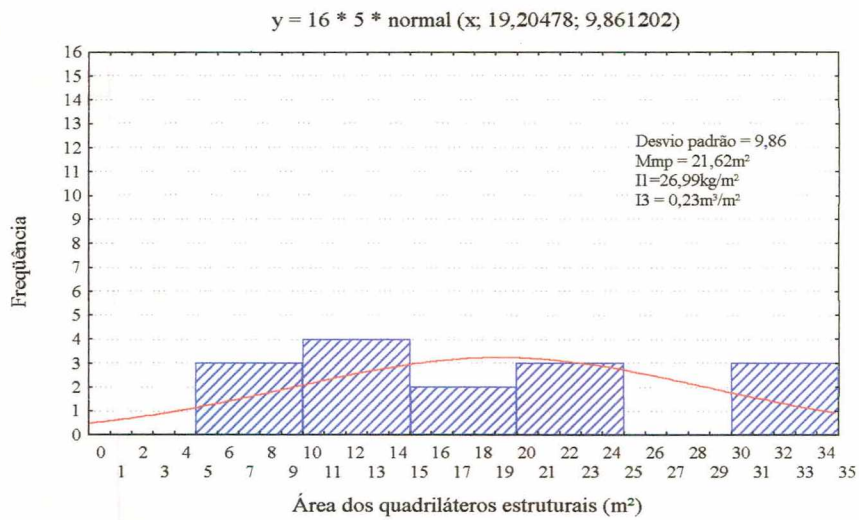
Tabela A1.77 - Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 8BNB1

Edifício: 8BNB1		P.T.= 8				
Área quadriláteros $A_{pt}$	nº de quadros $nQ$	$\sum a$	$\sum b$	$\sqrt{\frac{A_{pt}}{nQ}}$	$\sum a/nQ$	$\sum b/nQ$
m <sup>2</sup>	un	m	m	$a = b$	a	b
307,28	16,00	59,35	78,93	4,38	3,71	4,93
Valor adotado para a	4,38					
Valor adotado para b	4,93					
Mmp ( $a_m \times b_m$ )	21,62					

Tabela A1.78 - Índices de consumo de concreto e aço para o edifício 8BNB1

Edifício: 8BNB1			P.T.= 8			
Elementos estruturais	Concreto (C)	Aço (A)	Área quadrilátero ( $A_{pt}$ )	Índice I1 $A/A_{pt}$	Índice I2 $A/C$	Índice I3 $C/A_{pt}$
unidade	m <sup>3</sup>	kg	m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
P+V+L	563,00	66.335,00	2.458,21	26,99	117,82	0,23





**Figura A1.31 – Perfil modular do Edifício 8BNB1**

**Tabela A1.79 - Quadriláteros estruturais para o edifício 9CNT1 (valores de "a" e "b")**

Edifício: 9CNT1			P.T. = 9	
Quadros	a	b	nQ	área
1	6,05	6,57	1	39,75
2	6,05	6,91	1	41,81
3	3,20	8,48	1	27,14
4	3,66	5,06	1	18,52
5	2,75	3,83	1	10,53
6	6,92	7,20	1	49,82
7	3,23	4,34	1	14,02
8	3,02	4,26	1	12,87
9	1,83	1,86	1	3,40
10	1,92	5,34	1	10,25
11	1,64	8,07	1	13,23
	<b>40,27</b>	<b>61,92</b>	<b>11</b>	<b>241,34</b>
área total P.T.		<b>2.172,07</b>		

Tabela A1.80 - Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 9CNT1

Edifício: 9CNT1		P.T.= 9				
Área quadriláteros $A_{pt}$	nº de quadros $nQ$	$\sum a$	$\sum b$	$\sqrt{\frac{A_{pt}}{nQ}}$	$\sum a/nQ$	$\sum b/nQ$
m <sup>2</sup>	un	m	m	$a = b$	a	b
241,34	11,00	40,27	61,92	4,68	3,66	5,63
Valor adotado para $a_{pt}$	4,68					
Valor adotado para $b_{pt}$	5,63					
Mmp ( $a_m \times b_m$ )	26,37					

Tabela A1.81 - Índices de consumo de concreto e aço para o edifício 9CNT1

Edifício: 9CNT1		P.T.= 9				
Elementos estruturais	Concreto (C)	Aço (A)	Área quadrilátero (Apt)	Índice I1 $A/Apt$	Índice I2 $A/C$	Índice I3 $C/Apt$
unidade	m <sup>3</sup>	kg	m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
P+V+L	361,00	25.380,00	2.172,07	11,68	70,30	0,17

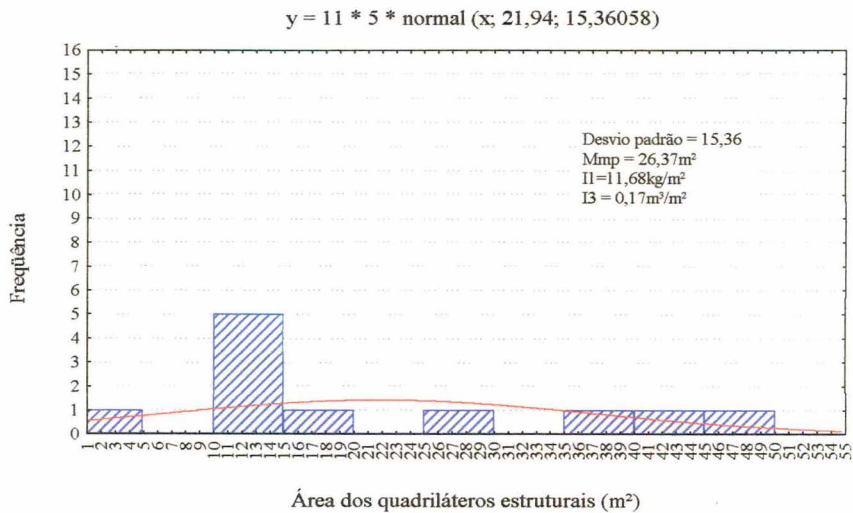


Figura A1.32 – Perfil modular do Edifício 9CNT1

Tabela A1.82 - Quadriláteros estruturais para o edifício 9ANB1 (valores de "a" e "b")

Edifício: 9ANB1			P.T.= 9	
Quadros	a	b	nQ	área
1	3,79	5,08	2	38,47
2	3,79	6,85	2	51,89
3	4,45	4,52	2	40,23
4	3,67	4,75	2	34,87
5	4,50	7,83	1	35,21
6	3,62	3,79	1	13,70
7	3,56	3,75	1	13,35
8	4,25	5,51	1	23,42
	<b>47,33</b>	<b>63,25</b>	<b>12</b>	<b>251,13</b>
área total P.T.			<b>2.260,15</b>	

Tabela A1.83 - Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 9ANB1

Edifício: 9ANB1		P.T.= 9				
Área quadriláteros $A_{pt}$ m <sup>2</sup>	nº de quadros $nQ$ un	$\sum a$ m	$\sum b$ m	$\sqrt{\frac{A_{pt}}{nQ}}$ $a = b$	$\sum a/nQ$ a	$\sum b/nQ$ b
251,13	12,00	47,33	63,25	4,57	3,94	5,27
Valor adotado para $a_n$	4,57					
Valor adotado para $b_n$	5,27					
Mmp ( $a_m \times b_m$ )	24,11					

Tabela A1.84 - Índices de consumo de concreto e aço para o edifício 9ANB1

Edifício: 9ANB1		P.T.= 9				
Elementos estruturais	Concreto (C)	Aço (A)	Área quadrilátero (Apt)	Índice I1 A/Apt	Índice I2 A/C	Índice I3 C/Apt
unidade	m <sup>3</sup>	kg	m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
P+V+L	503,00	44.157,00	2.260,15	19,54	87,79	0,22

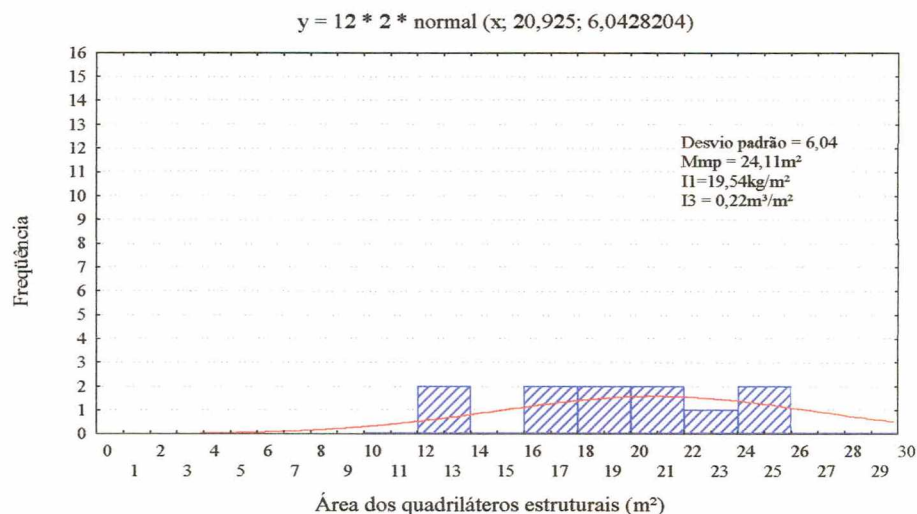


Figura A1.33 – Perfil modular do Edifício 9ANB1



Tabela A1.85 - Quadriláteros estruturais para o edifício 9BNB1 (valores de "a" e "b")

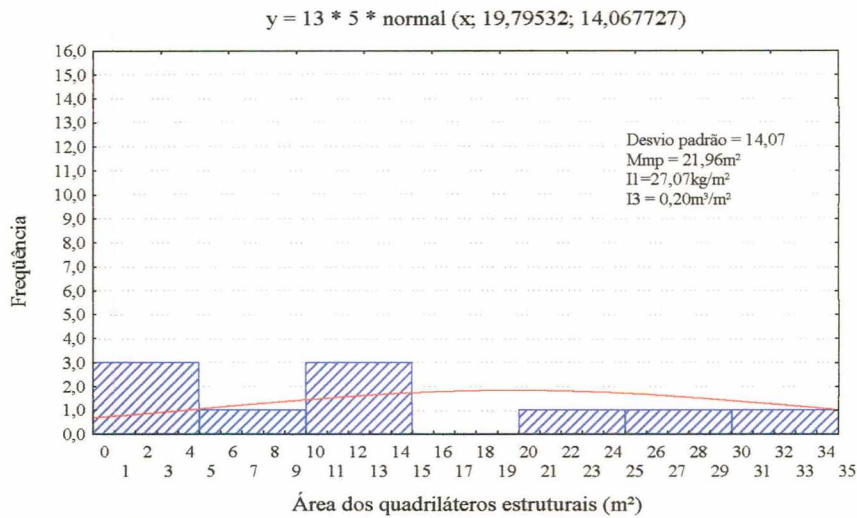
Edifício: 9BNB1			P.T.= 9	
Quadros	a	b	nQ	área
1	5,68	6,32	1	35,90
2	4,73	6,32	1	29,89
3	4,64	6,80	1	31,55
4	3,58	6,80	1	24,34
5	5,51	7,52	1	41,44
6	4,73	7,99	1	37,79
7	2,54	4,64	1	11,79
8	2,67	2,78	1	7,42
9	1,75	1,89	1	3,31
10	1,75	2,81	1	4,92
11	1,55	3,10	1	4,81
12	3,10	3,23	1	10,01
13	3,57	3,97	1	14,17
	<b>45,80</b>	<b>64,17</b>	<b>13</b>	<b>257,34</b>
área total P.T.		<b>2.316,05</b>		

Tabela A1.86 - Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 9BNB1

Edifício: 9BNB1		P.T.= 9				
Área quadriláteros $A_{pr}$	n° de quadros $nQ$	$\sum a$	$\sum b$	$\sqrt{\frac{A_{pr}}{nQ}}$	$\sum a/nQ$	$\sum b/nQ$
m <sup>2</sup>	un	m	m	$a = b$	a	b
257,34	13,00	45,80	64,17	4,45	3,52	4,94
Valor adotado para a	4,45					
Valor adotado para b	4,94					
Mmp ( $a_m \times b_m$ )	21,96					

Tabela A1.87 - Índices de consumo de concreto e aço para o edifício 9BNB1

Edifício: 9BNB1			P.T.= 9			
Elementos estruturais	Concreto (C)	Aço (A)	Área quadrilátero (Apt)	Índice I1 A/Apt	Índice I2 A/C	Índice I3 C/Apt
unidade	m <sup>3</sup>	kg	m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
P+V+L	467,00	62.703,00	2.316,05	27,07	134,27	0,20



**Figura A1.34 – Perfil modular do Edifício 9BNB1**

**Tabela A1.88 - Quadriláteros estruturais para o edifício 9FM1 valores de "a" e "b")**

Edifício: 9FM1			P.T.= 9	
Quadros	a	b	nQ	área
1	4,45	5,35	2	47,62
2	2,65	3,30	2	17,49
3	1,95	5,45	2	21,26
4	4,45	5,30	2	47,17
5	4,27	4,80	2	40,99
6	4,70	5,48	2	51,51
7	2,60	4,95	2	25,74
8	2,15	3,06	2	13,16
9	2,70	3,35	2	18,09
10	1,75	4,45	1	7,79
11	3,85	4,45	1	17,13
12	1,70	4,45	1	7,57
13	1,75	2,55	1	4,46
14	4,75	4,90	2	46,55
15	5,20	5,80	2	60,32
16	3,05	5,35	2	32,64
17	1,55	5,45	1	8,45
	<b>96,44</b>	<b>135,53</b>	<b>29</b>	<b>467,92</b>
área total P.T.		<b>4.211,30</b>		

Tabela A1.89 - Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 9FM1

Edifício: 9FM1		P.T.= 9				
Área quadriláteros $A_{pt}$	nº de quadros $nQ$	$\sum a$	$\sum b$	$\sqrt{\frac{A_{pt}}{nQ}}$	$\sum a/nQ$	$\sum b/nQ$
m <sup>2</sup>	un	m	m	$a = b$	a	b
467,92	29,00	96,44	135,53	4,02	3,33	4,67
Valor adotado para $a_n$	4,02					
Valor adotado para $b_n$	4,67					
Mmp ( $a_m \times b_m$ )	18,77					

Tabela A1.90 - Índices de consumo de concreto e aço para o edifício 9FM1

Edifício: 9FM1		P.T.= 9				
Elementos estruturais	Concreto (C)	Aço (A)	Área quadrilátero ( $A_{pt}$ )	Índice I1 $A/A_{pt}$	Índice I2 $A/C$	Índice I3 $C/A_{pt}$
unidade	m <sup>3</sup>	kg	m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
P+V+L	775,00	61.650,00	4.211,30	14,64	79,55	0,18

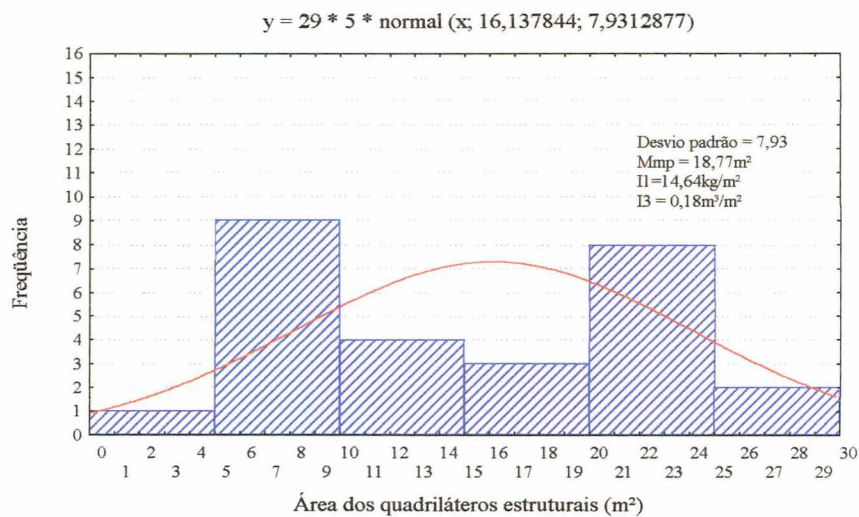


Figura A1.35 – Perfil modular do Edifício 9FM1



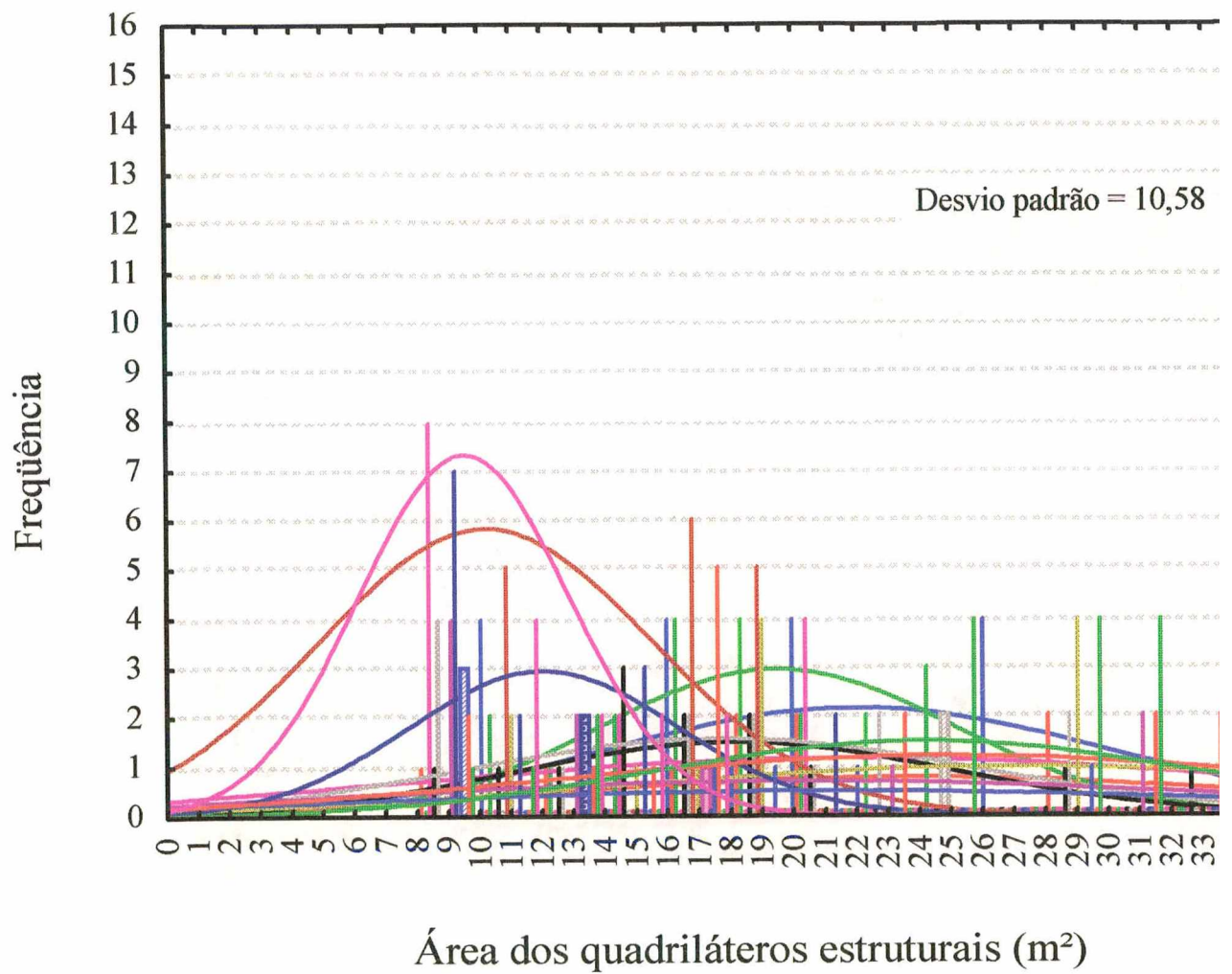


Figura A1.36 – Perfil modular dos Edifícios de 10 a 15 pavimentos

Tabela A1.91 - Quadriláteros estruturais para o edifício 10FM1 (valores de "a" e "b")

Edifício: 10FM1			P.T.= 10	
Quadros	a	b	nQ	área
1	2,25	3,65	1	8,21
2	3,05	3,80	2	23,18
3	3,40	4,45	2	30,26
4	3,75	3,90	1	14,63
5	2,10	4,40	2	18,48
6	1,90	3,90	2	14,82
7	1,90	3,85	1	7,32
8	3,70	3,70	2	27,38
9	4,50	4,50	2	40,50
10	1,95	3,85	1	7,51
	<b>47,15</b>	<b>64,75</b>	<b>16</b>	<b>192,28</b>
área total P.T.		1.922,80		

Tabela A1.92 - Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 10FM1

Edifício: 10FM1		P.T.= 10				
Área quadriláteros $A_{pt}$ m <sup>2</sup>	nº de quadros $nQ$ un	$\sum a$ m	$\sum b$ m	$\sqrt{\frac{A_{pt}}{nQ}}$ $a = b$	$\sum a/nQ$ a	$\sum b/nQ$ b
192,28	16,00	47,15	64,75	3,47	2,95	4,05
Valor adotado para $a_m$	3,47					
Valor adotado para $b_m$	4,05					
Mmp ( $a_m \times b_m$ )	14,03					

Tabela A1.93 - Índices de consumo de concreto e aço para o edifício 10FM1

Edifício: 10FM1		P.T.= 10				
Elementos estruturais	Concreto (C)	Aço (A)	Área quadrilátero ( $A_{pt}$ )	Índice I1 $A/A_{pt}$	Índice I2 $A/C$	Índice I3 $C/A_{pt}$
unidade	m <sup>3</sup>	kg	m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
P+V+L	450,00	40.800,00	1.922,80	21,22	90,67	0,23

$$y = 16 * 2 * \text{normal}(x; 12,018124; 4,339561)$$

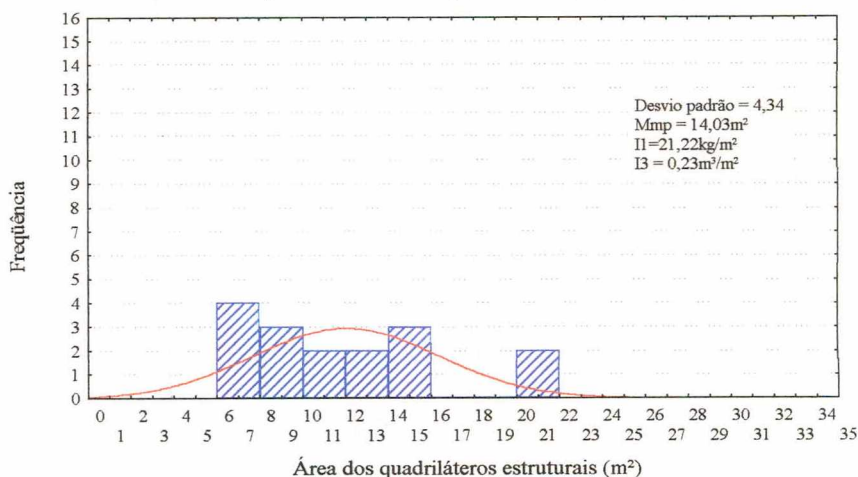


Figura A1.37 – Perfil modular do Edifício 10FM1

Tabela A1.94 - Quadriláteros estruturais para o edifício 10BNT1 (valores de "a" e "b")

Edifício: 10BNT1			P.T.= 10	
Quadros	a	b	nQ	área
1	3,47	6,07	1	21,06
2	5,55	6,08	1	33,74
3	4,81	6,22	1	29,92
4	3,64	4,17	1	15,18
5	3,13	3,74	1	11,71
6	2,98	4,17	1	12,43
7	2,9	3,2	1	9,28
8	3,47	4,25	1	14,75
9	3,88	4,77	1	18,51
10	3,45	4,77	1	16,46
11	3,5	4,77	1	16,70
12	4,17	4,77	1	19,89
13	3,2	4,77	1	15,26
	<b>48,15</b>	<b>61,75</b>	<b>13</b>	<b>234,88</b>
área total P.T.		<b>2.348,78</b>		

Tabela A1.95 - Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 10BNT1

Edifício: 10BNT1		P.T.= 10				
Área quadriláteros $A_{pt}$ m <sup>2</sup>	n° de quadros $nQ$ un	$\sum a$ m	$\sum b$ m	$\sqrt{\frac{A_{pt}}{nQ}}$ $a = b$	$\sum a / nQ$ a	$\sum b / nQ$ b
234,88	13,00	48,15	61,75	4,25	3,70	4,75
Valor adotado para $a_m$	4,25					
Valor adotado para $b_m$	4,75					
Mmp ( $a_m \times b_m$ )	20,19					

Tabela A1.96 - Índices de consumo de concreto e aço para o edifício 10BNT1

Edifício: 10BNT1			P.T.= 10			
Elementos estruturais	Concreto (C) m <sup>3</sup>	Aço (A) kg	Área quadrilátero (Apt) m <sup>2</sup>	Índice I1 A/Apt kg/m <sup>2</sup>	Índice I2 A/C kg/m <sup>3</sup>	Índice I3 C/Apt m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
P+V+L	381,00	36.713,00	2.348,78	15,63	96,36	0,16

$$y = 13 * 2 * \text{normal}(x; 18,067554; 6,951585)$$

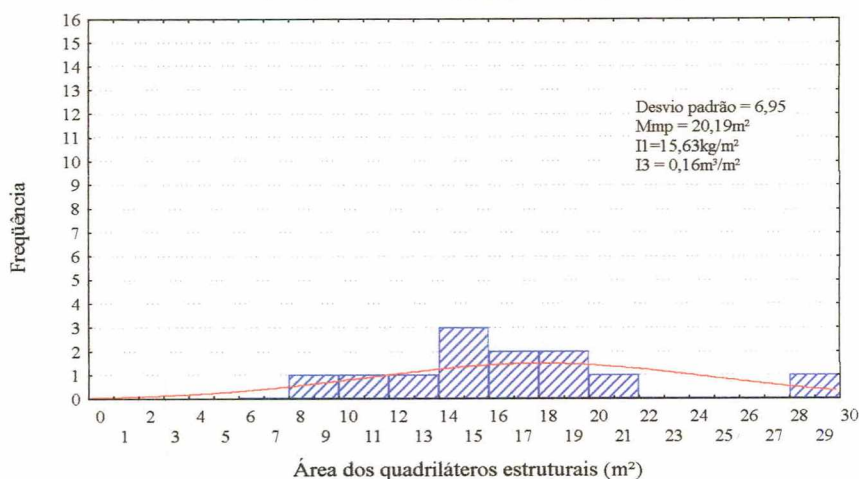


Figura A1.38 – Perfil modular do Edifício 10BNT1



Tabela A1.97 - Quadriláteros estruturais para o edifício 10BNB1 (valores de "a" e "b")

Edifício: 10BNB1			P.T.= 10	
Quadros	a	b	nQ	área
1	4,64	5,24	2	48,63
2	2,13	4,03	1	8,58
3	1,80	1,93	1	3,47
4	1,80	1,93	1	3,47
5	2,50	3,68	1	9,20
6	3,16	4,01	1	12,67
7	4,01	5,14	1	20,61
8	2,99	6,44	2	38,51
9	5,24	5,59	2	58,58
10	4,41	5,04	2	44,45
11	3,38	5,04	2	34,07
	<b>56,72</b>	<b>75,42</b>	<b>16</b>	<b>282,26</b>
área total P.T.	<b>2.822,60</b>			

Tabela A1.98 - Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 10BNB1

Edifício: 10BNB1		P.T.= 10				
Área quadriláteros $A_{pt}$ m <sup>2</sup>	n° de quadros $nQ$ un	$\sum a$ m	$\sum b$ m	$\sqrt{\frac{A_{pt}}{nQ}}$ $a = b$	$\sum a / nQ$ a	$\sum b / nQ$ b
282,26	16,00	56,72	75,42	4,20	3,55	4,71
Valor adotado para $a_m$	4,20					
Valor adotado para $b_m$	4,71					
Mmp ( $a_m \times b_m$ )	19,80					

Tabela A1.99 - Índices de consumo de concreto e aço para o edifício 10BNB1

Edifício: 10BNB1		P.T.= 10				
Elementos estruturais	Concreto (C)	Aço (A)	Área quadrilátero ( $A_{pt}$ )	Índice I1 $A/A_{pt}$	Índice I2 $A/C$	Índice I3 $C/A_{pt}$
unidade	m <sup>3</sup>	kg	m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
P+V+L	505,00	65.035,00	2.822,60	23,04	128,78	0,18

$$y = 13 * 2 * \text{normal}(x; 18,067554; 6,951585)$$

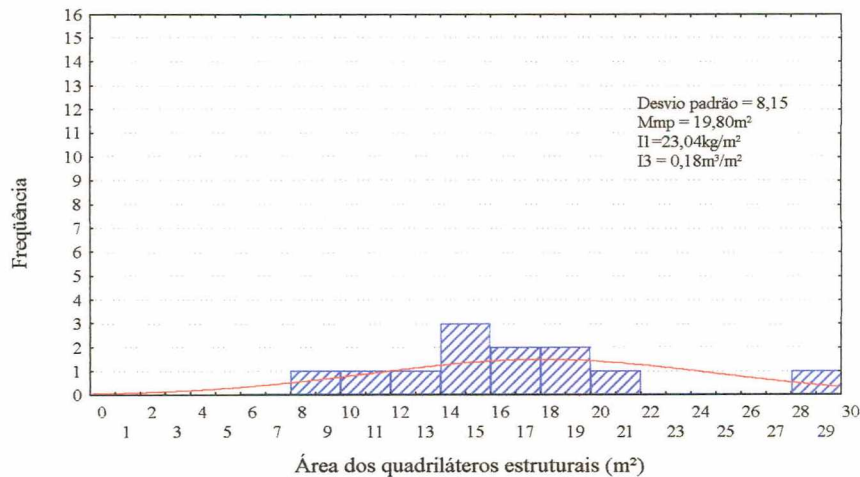


Figura A1.39 – Perfil modular do Edifício 10BNB1

Tabela A1.100 - Quadriláteros estruturais para o edifício 10BM1 (valores de "a" e "b")

Edifício: 10BM1		P.T.= 10		
Quadros	a	b	nQ	área
1	2,99	5,49	2	32,83
2	2,99	3,93	2	23,50
3	1,95	3,90	1	7,61
4	1,84	3,51	1	6,46
5	1,95	3,27	1	6,38
6	1,95	2,96	1	5,77
7	3,66	5,25	1	19,22
8	1,73	3,90	2	13,49
9	1,73	3,27	1	5,66
10	1,73	2,96	2	10,24
11	3,66	5,32	2	38,94
12	2,80	6,69	2	37,46
13	1,45	5,31	2	15,40
14	4,14	4,24	2	35,11
15	3,30	3,39	1	11,19
16	1,75	3,32	4	23,24
17	2,14	2,63	4	22,51
18	2,93	3,62	2	21,21
19	2,64	3,16	2	16,68
20	1,34	3,60	2	9,65
21	3,79	4,61	2	34,94
	<b>96,32</b>	<b>155,01</b>	<b>39</b>	<b>397,49</b>
área total P.T.		<b>3.974,93</b>		

Tabela A1.101 - Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 10BM1

Edifício: 10BM1		P.T.= 10				
Área quadriláteros $A_{pt}$	nº de quadros $nQ$	$\sum a$	$\sum b$	$\sqrt{\frac{A_{pt}}{nQ}}$	$\sum a/nQ$	$\sum b/nQ$
m <sup>2</sup>	un	m	m	$a = b$	a	b
397,49	39,00	96,32	155,01	3,19	2,47	3,97
Valor adotado para $a_r$	3,19					
Valor adotado para $b_r$	3,97					
Mmp ( $a_m \times b_m$ )	12,69					

Tabela A1.102 - Índices de consumo de concreto e aço para o edifício 10BM1

Edifício: 10BM1			P.T.= 10			
Elementos estruturais	Concreto (C)	Aço (A)	Área quadrilátero (Apt)	Índice I1 A/Apt	Índice I2 A/C	Índice I3 C/Apt
unidade	m <sup>3</sup>	kg	m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
P+V+L	597,00	44.842,00	3.974,93	11,28	75,11	0,15

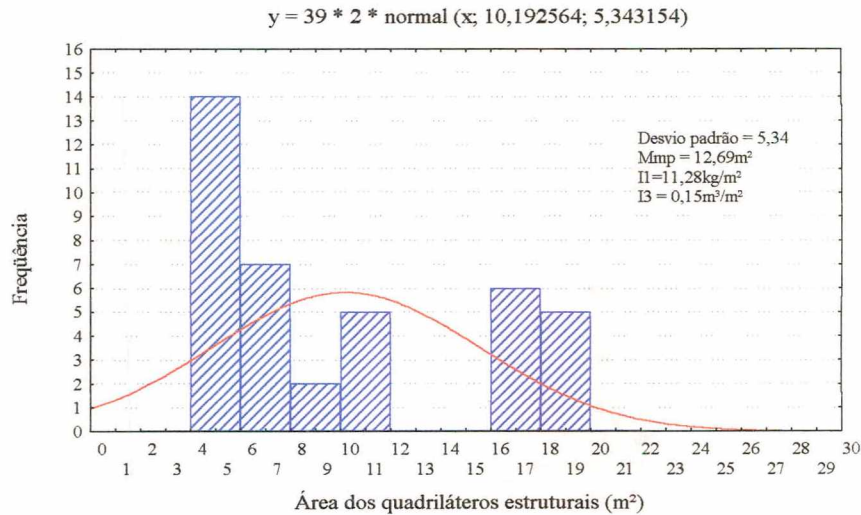


Figura A1.40 – Perfil modular do Edifício 10BM1

Tabela A1.103 - Quadriláteros estruturais para o edifício 10CNT1 (valores de "a" e "b")

Edifício: 10CNT1			P.T.= 10	
Quadros	a	b	nQ	área
1	3,22	5,55	1	17,87
2	3,77	4,87	1	18,36
3	3,30	4,78	1	15,77
4	3,52	6,27	1	22,07
5	3,70	4,38	1	16,21
6	4,30	5,72	1	24,60
7	3,27	3,50	1	11,45
8	3,93	4,62	1	18,16
9	5,07	5,10	1	25,86
10	3,77	4,50	1	16,97
11	3,77	5,72	1	21,56
12	3,90	3,90	1	15,21
13	3,12	5,85	1	18,25
14	2,67	4,33	1	11,56
15	4,69	4,80	1	22,51
16	3,87	4,28	1	16,56
17	3,27	4,15	1	13,57
18	4,30	4,65	1	20,00
19	4,65	5,38	1	25,02
20	4,15	8,80	1	36,52
21	2,10	9,64	1	20,24
	<b>78,34</b>	<b>110,79</b>	<b>21</b>	<b>408,31</b>
área total P.T.		<b>4.083,11</b>		



Tabela A1.104 - Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 10CNT1

Edifício: 10CNT1			P.T.= 10			
Área quadriláteros $A_{pt}$ m <sup>2</sup>	nº de quadros $nQ$ un	$\sum a$ m	$\sum b$ m	$\sqrt{\frac{A_{pt}}{nQ}}$ $a = b$	$\sum a/nQ$ $a$	$\sum b/nQ$ $b$
408,31	21,00	78,34	110,79	4,41	3,73	5,28
Valor adotado para $a_m$	4,41					
Valor adotado para $b_m$	5,28					
Mmp ( $a_m \times b_m$ )	23,26					

Tabela A1.105 - Índices de consumo de concreto e aço para o edifício 10CNT1

Edifício: 10CNT1			P.T.= 10			
Elementos estruturais	Concreto (C) m <sup>3</sup>	Aço (A) kg	Área quadrilátero (Apt) m <sup>2</sup>	Índice I1 A/Apt kg/m <sup>2</sup>	Índice I2 A/C kg/m <sup>3</sup>	Índice I3 C/Apt m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
P+V+L	419,00	37.900,00	4.083,11	9,28	90,45	0,10

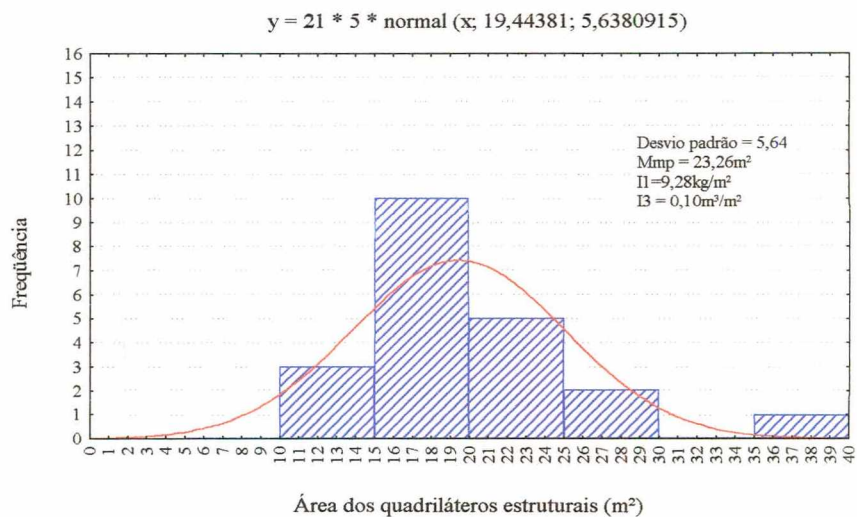


Figura A1.41 – Perfil modular do Edifício 10CNT1

Tabela A1.106 - Quadriláteros estruturais para o edifício 12CNT2 (valores de "a" e "b")

Edifício: 12CNT2		P.T.= 12		
Quadros	a	b	nQ	área
1	4,15	6,06	4	100,60
2	4,86	6,06	4	117,81
3	5,15	6,06	4	124,84
4	1,92	3,57	1	6,85
5	2,88	3,57	1	10,28
6	3,43	3,57	1	12,25
7	3,57	3,57	1	12,74
	<b>68,44</b>	<b>87,00</b>	<b>16</b>	<b>385,36</b>
área total P.T.		<b>4.624,37</b>		

Tabela A1.107 - Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 12CNT2

Edifício: 12CNT2			P.T.= 12			
Área quadriláteros $A_{pt}$	nº de quadros $nQ$	$\sum a$	$\sum b$	$\sqrt{\frac{A_{pt}}{nQ}}$	$\sum a/nQ$	$\sum b/nQ$
m <sup>2</sup>	un	m	m	$a = b$	a	b
385,36	16,00	68,44	87,00	4,91	4,28	5,44
Valor adotado para $a_m$	4,91					
Valor adotado para $b_m$	5,44					
Mmp ( $a_m \times b_m$ )	26,69					

Tabela A1.108 - Índices de consumo de concreto e aço para o edifício 12CNT2

Edifício: 12CNT2			P.T.= 12			
Elementos estruturais	Concreto (C)	Aço (A)	Área quadrilátero ( $A_{pt}$ )	Índice I1 $A/A_{pt}$	Índice I2 $A/C$	Índice I3 $C/A_{pt}$
unidade	m <sup>3</sup>	kg	m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
P+V+L	961,00	110.616,00	4.624,37	23,92	115,11	0,21

$$y = 16 * 2 * \text{normal}(x; 24,085; 8,4818696)$$

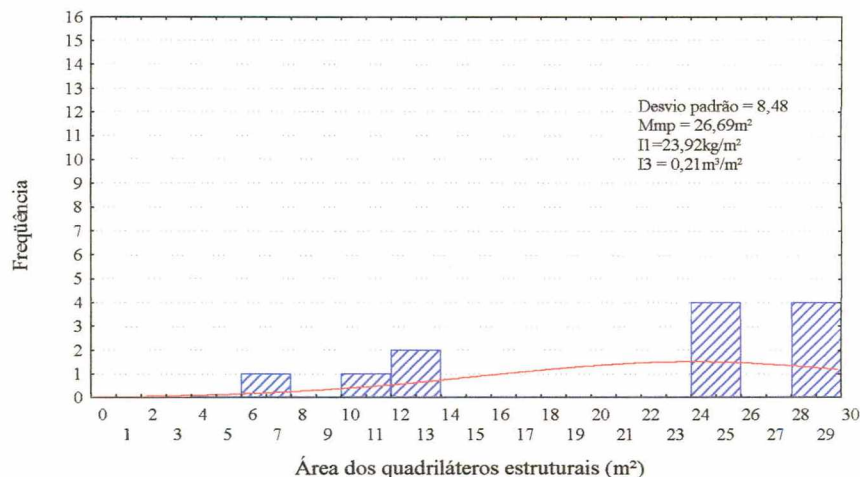


Figura A1.42 – Perfil modular do Edifício 12CNT2

Tabela A1.109- Quadriláteros estruturais para o edifício 12FM1 (valores de "a" e "b")

Edifício: 12FM1			P.T.= 12	
Quadros	a	b	nQ	área
1	6,49	7,15	4	185,61
2	4,65	6,05	4	112,53
3	3,5	5,63	4	78,82
4	2,85	5,5	1	15,68
5	1,85	5,63	2	20,83
6	2,85	6,05	1	17,24
	<b>67,96</b>	<b>98,13</b>	<b>16</b>	<b>430,71</b>
área total P.T.		<b>5.168,55</b>		

Tabela A1.110 - Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 12FM1

Edifício: 12FM1		P.T.= 12				
Área quadriláteros $A_{qt}$	nº de quadros $nQ$	$\sum a$	$\sum b$	$\sqrt{\frac{A_{qt}}{nQ}}$	$\sum a/nQ$	$\sum b/nQ$
m <sup>2</sup>	un	m	m	$a = b$	a	b
430,71	16,00	67,96	98,13	5,19	4,25	6,13
Valor adotado para $a_m$	5,19					
Valor adotado para $b_m$	6,13					
Mmp ( $a_m \times b_m$ )	31,82					

Tabela A1.111 - Índices de consumo de concreto e aço para o edifício 12FM1

Edifício: 12FM1		P.T.= 12				
Elementos estruturais	Concreto (C)	Aço (A)	Área quadrilátero (Apt)	Índice I1 $A/Apt$	Índice I2 $A/C$	Índice I3 $C/Apt$
unidade	m <sup>3</sup>	kg	m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
P+V+L	1.034,00	91.920,00	5.168,55	17,78	88,90	0,20

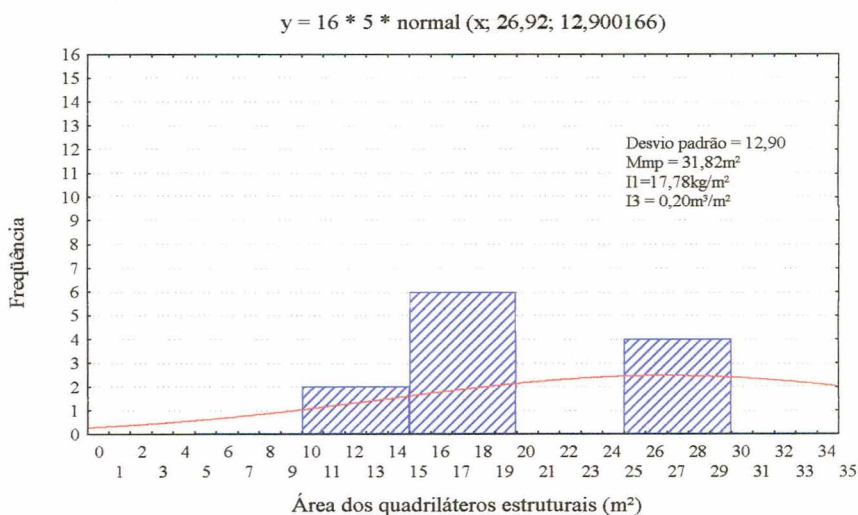


Figura A1.43 – Perfil modular do Edifício 12FM1



Tabela A1.112 - Quadriláteros estruturais para o edifício 12AM1 (valores de "a" e "b")

Edifício: 12AM1			P.T.= 12	
Quadros	a	b	nQ	área
1	6,35	7,32	2	92,96
2	3,53	5,98	2	42,22
3				
4	2,55	6,27	2	31,98
4a	2,77	3,22	2	17,84
4b	2,77	3,26	2	18,06
4c	2,77	3,50	2	19,39
4d	2,12	4,44	2	18,83
5	5,52	6,42	2	70,88
6	5,52	7,18	2	79,27
7	3,67	5,74	1	21,07
8	3,67	5,75	1	21,10
	<b>75,14</b>	<b>106,67</b>	<b>20</b>	<b>433,59</b>
área total P.T.		<b>5.203,04</b>		

Tabela A1.113 - Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 12AM1

Edifício: 12AM1		P.T.= 12				
Área quadriláteros $A_{qt}$	nº de quadros $nQ$	$\sum a$	$\sum b$	$\sqrt{\frac{A_{qt}}{nQ}}$	$\sum a/nQ$	$\sum b/nQ$
m <sup>2</sup>	un	m	m	$a = b$	a	b
433,59	20,00	75,14	103,78	4,66	3,76	5,19
Valor adotado para $a_n$	4,66					
Valor adotado para $b_n$	5,19					
Mmp ( $a_m \times b_m$ )	24,16					

Tabela A1.114 - Índices de consumo de concreto e aço para o edifício 12AM1

Edifício: 12AM1			P.T.= 12			
Elementos estruturais	Concreto (C)	Aço (A)	Área quadrilátero ( $A_{qt}$ )	Índice I1 ( $A/A_{qt}$ )	Índice I2 ( $A/C$ )	Índice I3 ( $C/A_{qt}$ )
unidade	m <sup>3</sup>	kg	m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
P+V+L	1.250,00	111.397,00	5.203,04	21,41	89,12	0,24

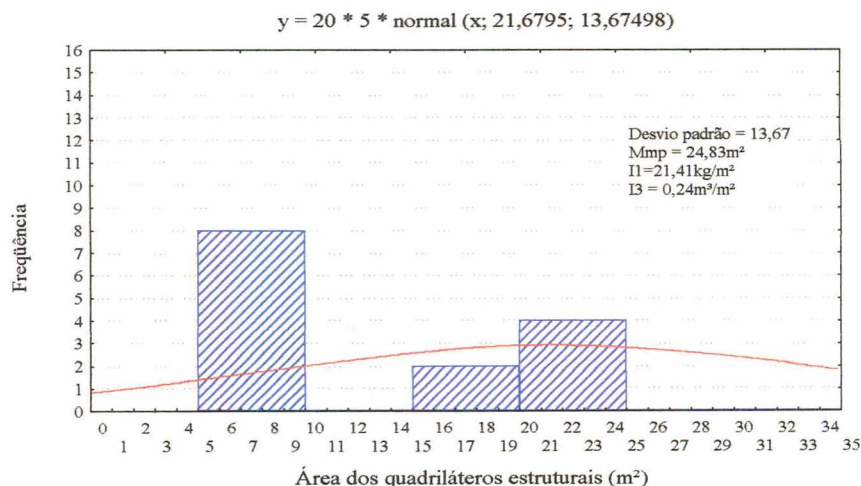


Figura A1.44 – Perfil modular do Edifício 12AM1

Tabela A1.115 - Quadriláteros estruturais para o edifício 12CNT1 (valores de "a" e "b")

Edifício: 12CNT1			P.T.= 12	
Quadros	a	b	nQ	área
1	5,90	7,03	2	82,95
2	5,00	6,23	2	62,30
3	1,63	1,87	1	3,05
4	3,60	4,05	1	14,58
5	2,65	4,64	1	12,30
6	2,65	3,15	1	8,35
7	2,65	6,29	1	16,67
8	3,60	4,72	2	33,98
9	4,33	5,30	2	45,90
10	3,15	5,30	2	33,39
11	5,30	6,30	2	66,78
12	6,55	6,69	2	87,64
	<b>80,84</b>	<b>103,14</b>	<b>19</b>	<b>467,89</b>
área total P.T.		<b>5.614,62</b>		

Tabela A1.116 - Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 12CNT1

Edifício: 12CNT1		P.T.= 12				
Área quadriláteros $A_{pt}$	nº de quadros $nQ$	$\sum a$	$\sum b$	$\sqrt{\frac{A_{pt}}{nQ}}$	$\sum a/nQ$	$\sum b/nQ$
m <sup>2</sup>	un	m	m	$a = b$	a	b
467,89	19,00	80,84	103,14	4,96	4,25	5,43
Valor adotado para $a_n$	4,96					
Valor adotado para $b_n$	5,43					
Mmp ( $a_m \times b_m$ )	26,94					

Tabela A1.117 - Índices de consumo de concreto e aço para o edifício 12CNT1

Edifício: 12CNT1			P.T.= 12			
Elementos estruturais	Concreto (C)	Aço (A)	Área quadrilátero ( $A_{pt}$ )	Índice I1 $A/A_{pt}$	Índice I2 $A/C$	Índice I3 $C/A_{pt}$
unidade	m <sup>3</sup>	kg	m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
P+V+L	910,00	86.160,00	5.614,62	15,35	94,68	0,16

$$y = 19 * 5 * \text{normal}(x; 24,62684; 12,556836)$$

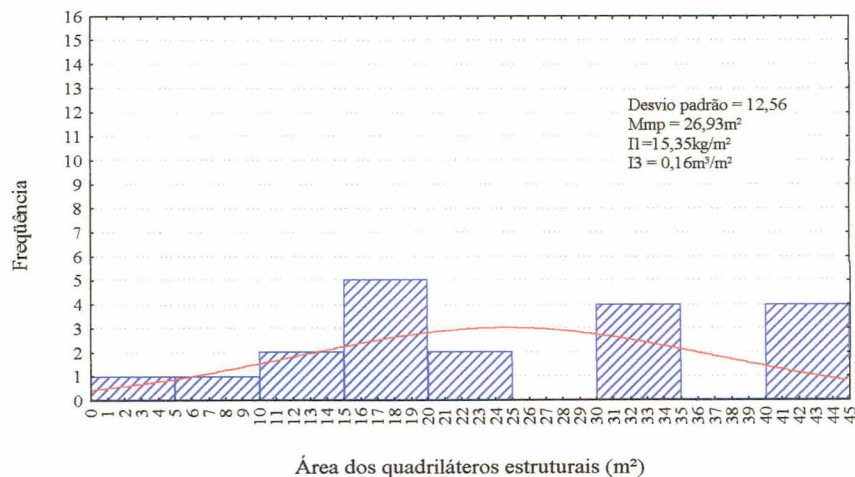


Figura A1.45 – Perfil modular do Edifício 12CNT1



Tabela A1.118 - Quadriláteros estruturais para o edifício 14DM1 (valores de "a" e "b")

Edifício: 14DM1			P.T.= 14	
Quadros	a	b	nQ	área
1	3,42	4,72	1	16,14
2	3,42	3,52	1	12,04
3	2,20	3,57	1	7,85
4	4,74	5,97	2	56,60
5	5,84	7,3	2	85,26
6	4,03	5,26	2	42,40
7	4,03	4,71	2	37,96
	<b>46,32</b>	<b>58,29</b>	<b>11</b>	<b>258,25</b>
área total P.T.		<b>3.615,54</b>		

Tabela A1.119 - Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 14DM1

Edifício: 14DM1			P.T.= 14			
Área quadriláteros $A_{pt}$	nº de quadros $nQ$	$\sum a$	$\sum b$	$\sqrt{\frac{A_{pt}}{nQ}}$	$\sum a/nQ$	$\sum b/nQ$
m <sup>2</sup>	un	m	m	$a = b$	a	b
258,25	11,00	46,32	58,29	4,85	4,21	5,30
Valor adotado para $a_n$	4,85					
Valor adotado para $b_n$	5,30					
Mmp ( $a_m \times b_m$ )	25,68					

Tabela A1.120 - Índices de consumo de concreto e aço para o edifício 14DM1

Edifício: 14DM1			P.T.= 14			
Elementos estruturais	Concreto (C)	Aço (A)	Área quadrilátero ( $A_{pt}$ )	Índice I1	Índice I2	Índice I3
unidade	m <sup>3</sup>	kg	m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
P+V+L	605,00	62.144,00	3.615,54	17,19	102,72	0,17

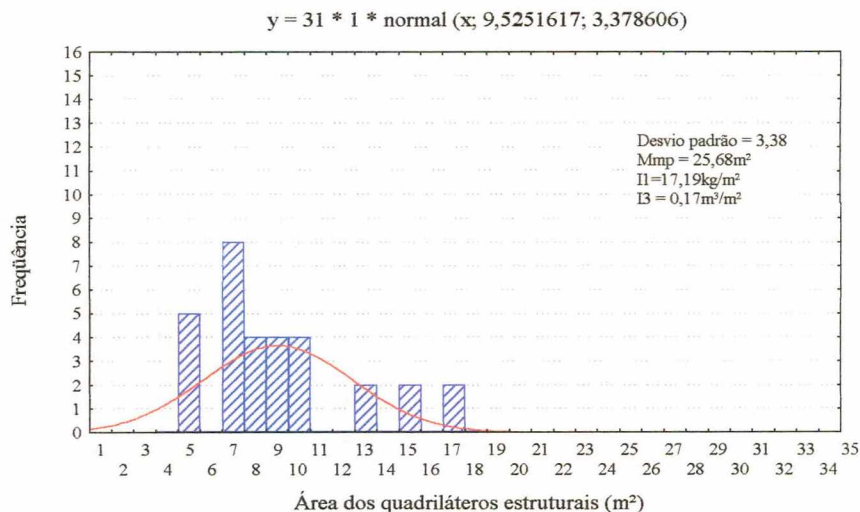


Figura A1.46 – Perfil modular do Edifício 14DM1

Tabela A1.121 - Quadriláteros estruturais para o edifício 14FM1 (valores de "a" e "b")

Edifício: 14FM1		P.T.= 14		
Quadros	a	b	nQ	área
1	2,80	2,85	4	31,92
2	2,80	2,90	4	32,48
3	2,80	3,40	4	38,08
4	2,80	2,80	4	31,36
5	2,95	4,55	2	26,85
6	1,93	2,80	4	21,62
7	3,18	4,85	2	30,85
8	3,85	4,65	1	17,90
9	1,55	3,85	1	5,97
10	3,85	4,50	1	17,33
11	3,15	3,25	4	40,95
	<b>86,63</b>	<b>103,80</b>	<b>31</b>	<b>295,29</b>
área total P.T.		4.134,09		

Tabela A1.122 - Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 14FM1

Edifício: 14FM1		P.T.= 14				
Área quadriláteros $A_{pt}$	nº de quadros $nQ$	$\sum a$	$\sum b$	$\sqrt{\frac{A_{pt}}{nQ}}$	$\sum a/nQ$	$\sum b/nQ$
m <sup>2</sup>	un	m	m	$a = b$	a	b
295,29	31,00	86,63	103,80	3,09	2,79	3,35
Valor adotado para $a_m$	3,09					
Valor adotado para $b_m$	3,35					
Mmp ( $a_m \times b_m$ )	10,33					

Tabela A1.123 - Índices de consumo de concreto e aço para o edifício 14FM1

Edifício: 14FM1			P.T.= 14			
Elementos estruturais	Concreto (C)	Aço (A)	Área quadrilátero (A <sub>pt</sub> )	Índice I1 A/A <sub>pt</sub>	Índice I2 A/C	Índice I3 C/A <sub>pt</sub>
unidade	m <sup>3</sup>	kg	m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
P+V+L	508,00	36.400,00	4.134,09	8,80	71,65	0,12

$$y = 11 * 6,956 * \text{normal}(x; 23,47727; 11,224315)$$

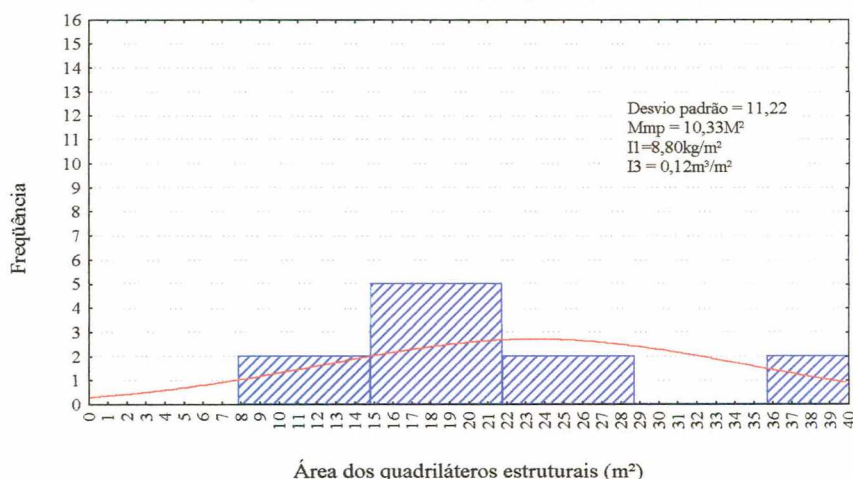


Figura A1.47 – Perfil modular do Edifício 14FM1



Tabela A1.124 - Quadriláteros estruturais para o edifício 15FNT1 (valores de "a" e "b")

Edifício: 15FNT1			P.T.= 15	
Quadros	a	b	nQ	área
1	6,65	7,05	1	46,88
2	4,95	7,40	1	36,63
3	3,90	4,95	1	19,31
4	1,95	2,10	1	4,10
5	1,95	4,55	1	8,87
6	4,05	7,40	1	29,97
7	3,90	4,40	1	17,16
8	1,95	4,75	1	9,26
9	3,15	4,05	1	12,76
	<b>32,45</b>	<b>46,65</b>	<b>9</b>	<b>184,94</b>
área total P.T.		<b>2.774,03</b>		

Tabela A1.125 - Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 15FNT1

Edifício: 15FNT1		P.T.= 15				
Área quadriláteros $A_{pt}$ m <sup>2</sup>	nº de quadros $nQ$ un	$\sum a$ m	$\sum b$ m	$\sqrt{\frac{A_{pt}}{nQ}}$ $a = b$	$\sum a/nQ$ a	$\sum b/nQ$ b
184,94	9,00	32,45	46,65	4,53	3,61	5,18
Valor adotado para $a_m$	4,53					
Valor adotado para $b_m$	5,18					
Mmp ( $a_m \times b_m$ )	23,50					

Tabela A1.126 - Índices de consumo de concreto e aço para o edifício 15FNT1

Edifício: 15FNT1			P.T.= 15			
Elementos estruturais	Concreto (C) m <sup>3</sup>	Aço (A) kg	Área quadrilátero (Apt) m <sup>2</sup>	Índice I1 A/Apt kg/m <sup>2</sup>	Índice I2 A/C kg/m <sup>3</sup>	Índice I3 C/Apt m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
P+V+L	446,00	44.500,00	2.774,03	16,04	99,78	0,16

$$y = 9 * 5 * \text{normal}(x; 20,54889; 14,35607)$$

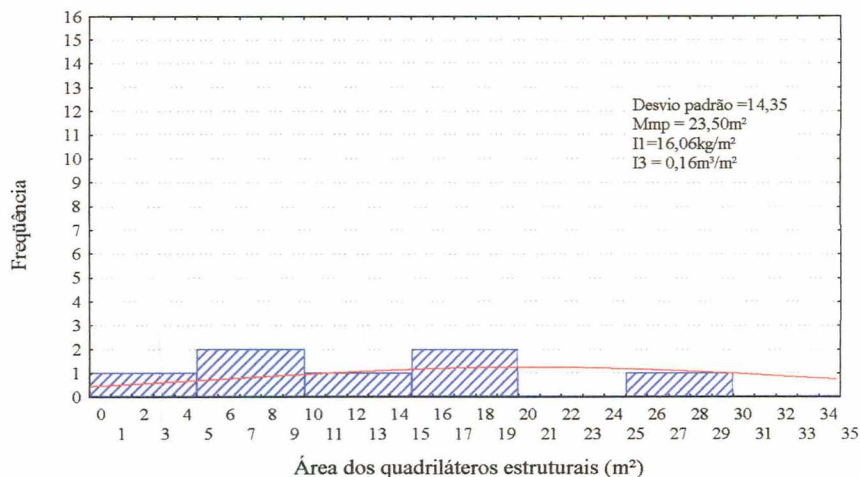


Figura A1.48 – Perfil modular do Edifício 15FNT1

Tabela A1.127 - Quadriláteros estruturais para o edifício 15FM1 (valores de "a" e "b")

Edifício: 15FM1			P.T.= 15	
Quadros	a	b	nQ	área
1	2,95	4,30	2	25,37
2	3,80	6,20	1	23,56
3	1,75	2,65	2	9,28
4	3,40	5,15	1	17,51
5	4,35	7,35	2	63,95
6	6,38	6,45	2	82,30
7	2,55	3,45	2	17,60
	<b>43,16</b>	<b>59,75</b>	<b>12</b>	<b>239,56</b>
área total P.T.		<b>3.593,36</b>		

Tabela A1.128 - Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 15FM1

Edifício: 15FM1		P.T.= 15				
Área quadriláteros $A_{pt}$	nº de quadros $nQ$	$\sum a$	$\sum b$	$\sqrt{\frac{A_{pt}}{nQ}}$	$\sum a/nQ$	$\sum b/nQ$
m <sup>2</sup>	un	m	m	$a = b$	a	b
239,56	12,00	43,16	59,75	4,47	3,60	4,98
Valor adotado para $a_m$	4,47					
Valor adotado para $b_m$	4,98					
Mmp ( $a_m \times b_m$ )	22,25					

Tabela A1.129 - Índices de consumo de concreto e aço para o edifício 15FM1

Edifício: 15FM1			P.T.= 15			
Elementos estruturais	Concreto (C)	Aço (A)	Área quadrilátero ( $A_{pt}$ )	Índice I1 $A/A_{pt}$	Índice I2 $A/C$	Índice I3 $C/A_{pt}$
unidade	m <sup>3</sup>	kg	m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
P+V+L	594,00	50.100,00	3.593,36	13,94	84,34	0,17

$$y = 12 * 5 * \text{normal}(x; 19,964166; 13,58367)$$

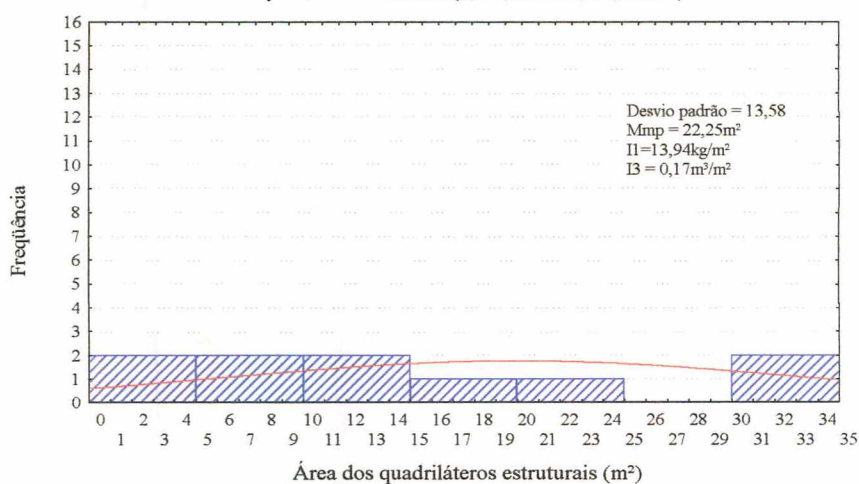


Figura A1.49 – Perfil modular do Edifício 15FM1



Tabela A1.130 - Quadriláteros estruturais para o edifício 15EM1 (valores de "a" e "b")

Edifício: 15EM1			P.T.= 15	
Quadros	a	b	nQ	área
1	3,47	5,44	1	18,88
2	4,13	5,44	1	22,47
3	5,79	5,97	4	138,27
4	3,24	5,00	4	64,80
5	2,93	3,90	4	45,71
6	4,67	5,91	4	110,40
7	4,37	4,67	4	81,63
	<b>91,60</b>	<b>112,68</b>	<b>22</b>	<b>482,15</b>
área total P.T.		<b>7.232,21</b>		

Tabela A1.131 - Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 15EM1

Edifício: 15EM1		P.T.= 15				
Área quadriláteros $A_{pt}$	nº de quadros $nQ$	$\sum a$	$\sum b$	$\sqrt{\frac{A_{pt}}{nQ}}$	$\sum a/nQ$	$\sum b/nQ$
m <sup>2</sup>	un	m	m	$a = b$	a	b
482,15	22,00	91,60	112,68	4,68	4,16	5,12
Valor adotado para $a_m$	4,68					
Valor adotado para $b_m$	5,12					
Mmp ( $a_m \times b_m$ )	23,98					

Tabela A1.132 - Índices de consumo de concreto e aço para o edifício 15EM1

Edifício: 15EM1			P.T.= 15			
Elementos estruturais	Concreto (C)	Aço (A)	Área quadrilátero ( $A_{pt}$ )	Índice I1 $A/A_{pt}$	Índice I2 $A/C$	Índice I3 $C/A_{pt}$
unidade	m <sup>3</sup>	kg	m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
P+V+L	1.337,00	104.495,00	7.232,21	14,45	78,16	0,18

E15PTC  $y = 22 * 2 * \text{normal}(x; 21,9158; 8,0437593)$

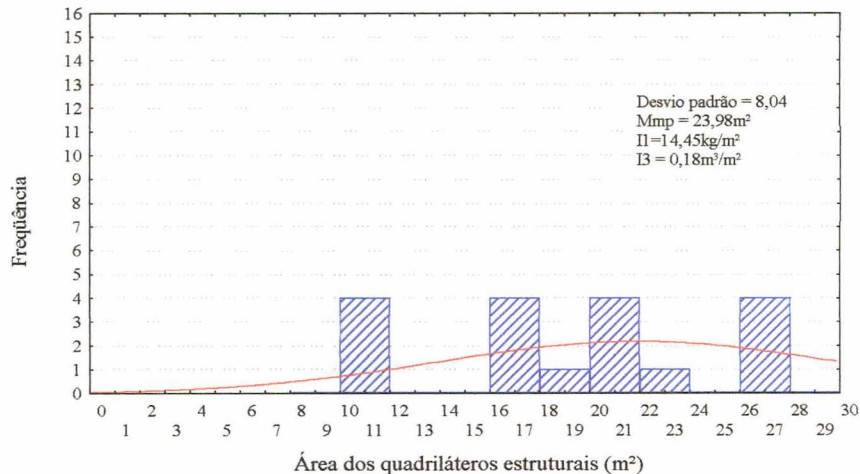


Figura A1.50 – Perfil modular do Edifício 15EM1

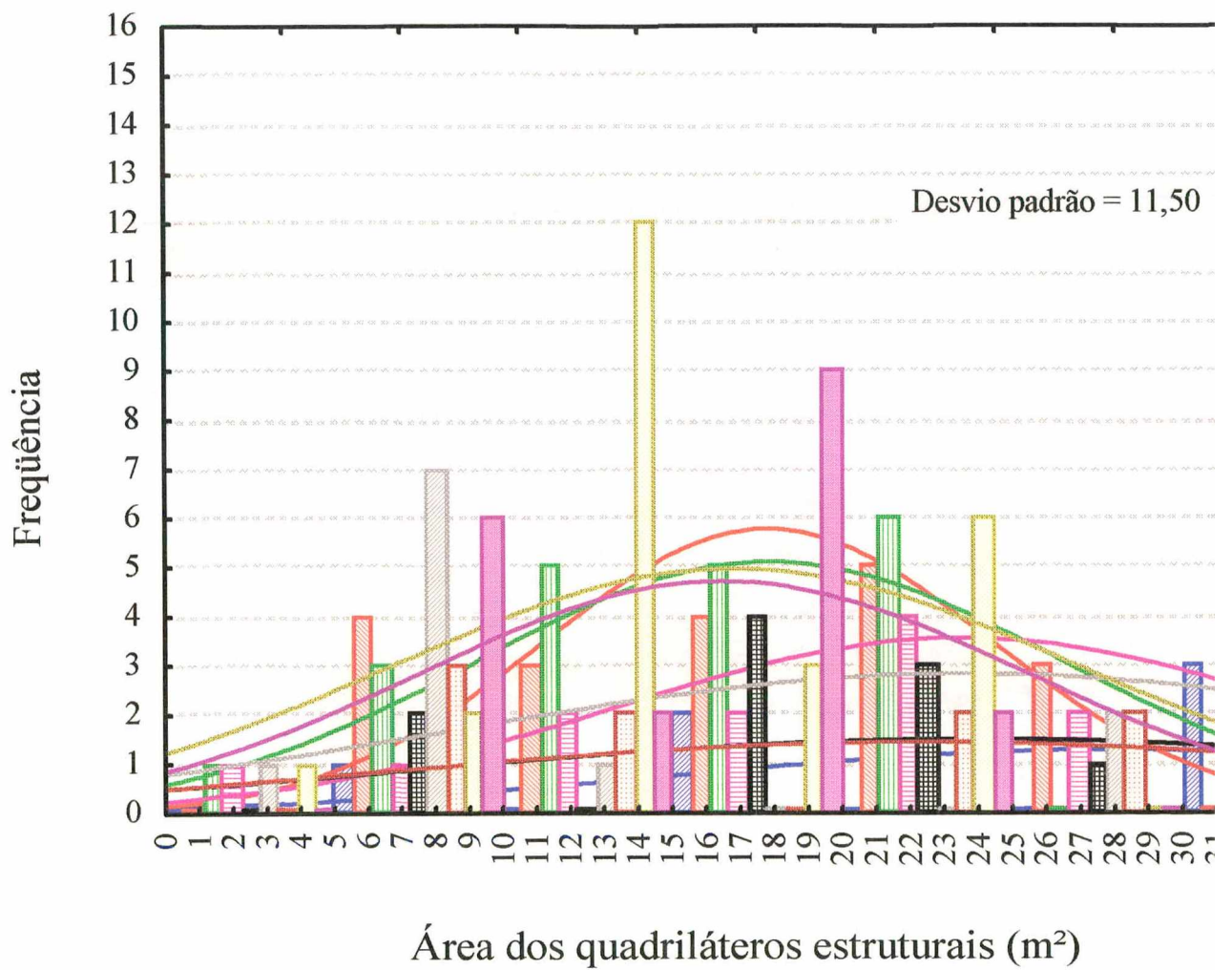


Figura A1.51 – Perfil modular dos Edifícios com mais de 15 pavimentos

Tabela A1.133 - Quadriláteros estruturais para o edifício 16ENT1 (valores de "a" e "b")

Edifício: 16ENT1			P.T.= 16	
Quadros	a	b	nQ	área
1	2,90	5,74	1	16,65
2	3,00	5,39	2	32,34
3	2,35	3,40	2	15,98
4	2,10	3,62	1	7,60
5	1,80	3,14	2	11,30
6	3,62	5,72	2	41,41
7	3,59	3,62	2	25,99
8	2,57	3,00	1	7,71
9	3,40	5,35	2	36,38
10	3,97	4,33	2	34,38
11	5,72	6,71	2	76,76
12	3,59	5,45	2	39,13
	<b>69,65</b>	<b>98,58</b>	<b>21</b>	<b>345,64</b>
área total P.T.		<b>5.530,24</b>		

Tabela A1.134 - Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 16ENT1

Edifício: 16ENT1		P.T.= 16				
Área quadriláteros $A_{pt}$	nº de quadros $nQ$	$\sum a$	$\sum b$	$\sqrt{\frac{A_{pt}}{nQ}}$	$\sum a/nQ$	$\sum b/nQ$
m <sup>2</sup>	un	m	m	$a = b$	a	b
345,64	21,00	69,65	98,58	4,06	3,32	4,69
Valor adotado para $a_m$	4,06					
Valor adotado para $b_m$	4,69					
Mmp ( $a_m \times b_m$ )	19,04					

Tabela A1.135 - Índices de concreto e aço para o edifício 16ENT1

Edifício: 16ENT1			P.T.= 16			
Elementos estruturais	Concreto (C)	Aço (A)	Área quadrilátero ( $A_{pt}$ )	Índice I1 $A/A_{pt}$	Índice I2 $A/C$	Índice I3 $C/A_{pt}$
unidade	m <sup>3</sup>	kg	m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
P+V+L	1.213,00	113.169,00	5.530,24	20,46	93,30	0,22

$$y = 21 * 5 * \text{normal}(x; 16,46; 8,887905)$$

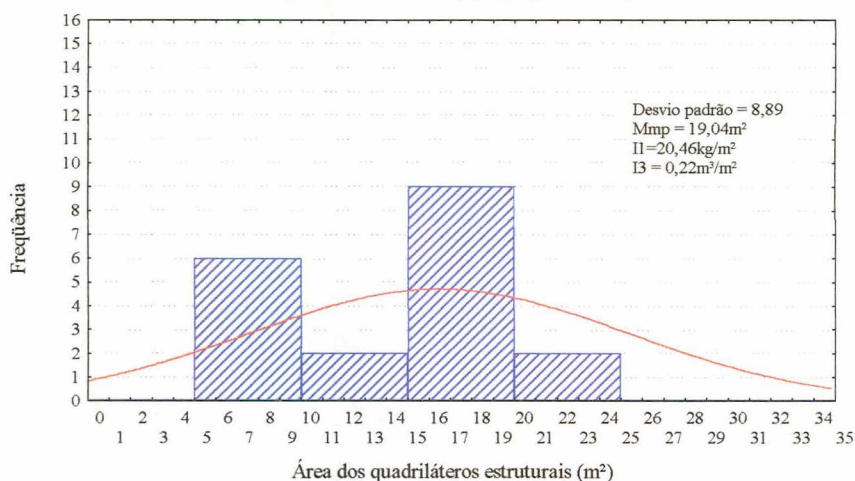


Figura A1.52 – Perfil modular do Edifício 16ENT1



Tabela A1.136 - Quadriláteros estruturais para o edifício 16EM2 (valores de "a" e "b")

Edifício: 16EM2			P.T.= 16	
Quadros	a	b	nQ	área
1	3,99	4,00	1	15,96
2	1,45	2,80	1	4,06
3	2,5	4	2	20,00
4	4,25	5,25	2	44,63
5	3,00	3,40	2	20,40
6	3,00	4,60	2	27,60
7	4,10	4,40	2	36,08
8	1,75	3,50	1	6,13
9	2,60	3,90	1	10,14
10	4,70	7,80	2	73,32
11	3,00	6,60	2	39,60
12	4,70	5,15	2	48,41
13	2,00	11,50	2	46,00
	<b>72,29</b>	<b>119,60</b>	<b>22</b>	<b>392,32</b>
área total P.T.	<b>6.277,12</b>			

Tabela A1.137 - Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 16EM2

Edifício: 16EM2		P.T.= 16				
Área quadriláteros $A_{pt}$ m <sup>2</sup>	nº de quadros $nQ$ un	$\sum a$ m	$\sum b$ m	$\sqrt{\frac{A_{pt}}{nQ}}$ $a = b$	$\sum a/nQ$ a	$\sum b/nQ$ b
392,32	22,00	72,29	119,60	4,22	3,29	5,44
Valor adotado para $a_m$	4,22					
Valor adotado para $b_m$	5,44					
Mmp ( $a_m \times b_m$ )	22,96					

Tabela A1.138 - Índices de concreto e aço para o edifício 16EM2

Edifício: 16EM2		P.T.= 16				
Elementos estruturais	Concreto (C)	Aço (A)	Área quadrilátero ( $A_{pt}$ )	Índice I1 $A/A_{pt}$	Índice I2 $A/C$	Índice I3 $C/A_{pt}$
unidade	m <sup>3</sup>	kg	m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
P+V+L	1.308,00	100.186,00	6.277,12	15,96	76,59	0,21

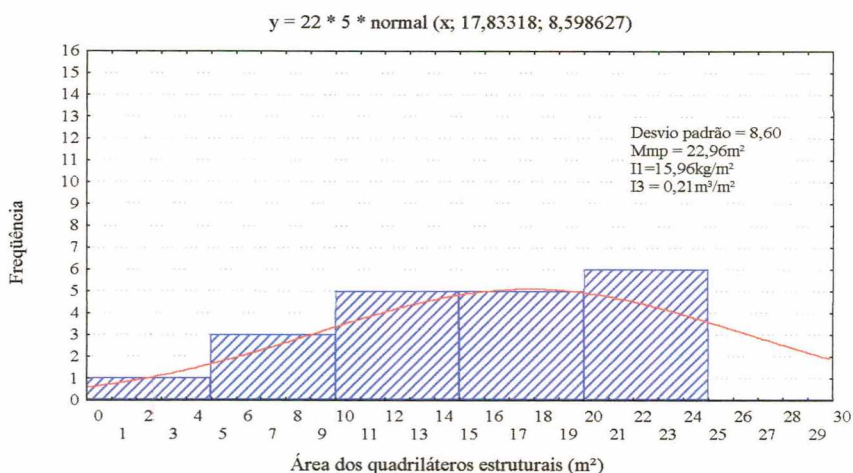


Figura A1.53 - Perfil modular do Edifício 16EM2

Tabela A1.139 - Quadriláteros estruturais para o edifício 16EM1 (valores de "a" e "b")

Edifício: 16EM1			P.T.= 16	
Quadros	a	b	nQ	área
1	5,20	11,20	1	58,24
2	3,00	5,20	1	15,60
3	2,04	2,25	1	4,59
4	2,80	3,00	1	8,40
5	2,70	3,00	1	8,10
6	3,70	4,50	2	33,30
7	3,60	6,78	2	48,82
8	4,30	5,20	2	44,72
9	2,80	4,47	2	25,03
10	2,75	4,47	2	24,59
11	3,12	4,47	2	27,89
12	3,29	4,47	2	29,41
13	3,81	5,55	2	42,29
14	3,00	3,81	2	22,86
15	3,39	3,81	2	25,83
	<b>83,26</b>	<b>119,71</b>	<b>25</b>	<b>419,67</b>
área total P.T.		6.714,74		

Tabela A1.140- Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 16EM1

Edifício: 16PEM1		P.T.= 16				
Área quadriláteros $A_{pt}$ m <sup>2</sup>	nº de quadros $nQ$ un	$\sum a$ m	$\sum b$ m	$\sqrt{\frac{A_{pt}}{nQ}}$ $a = b$	$\sum a/nQ$ a	$\sum b/nQ$ b
419,67	25,00	83,26	119,71	4,10	3,33	4,79
Valor adotado para $a_n$	4,10					
Valor adotado para $b_n$	4,79					
Mmp ( $a_m \times b_m$ )	19,62					

Tabela A1.141 - Índices de concreto e aço para o edifício 16EM1

Edifício: 16EM1		P.T.= 16				
Elementos estruturais	Concreto (C)	Aço (A)	Área quadrilátero ( $A_{pt}$ )	Índice I1 ( $A/A_{pt}$ )	Índice I2 ( $A/C$ )	Índice I3 ( $C/A_{pt}$ )
unidade	m <sup>3</sup>	kg	m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
P+V+L	1.179,00	97.672,00	6.714,74	14,55	82,84	0,18

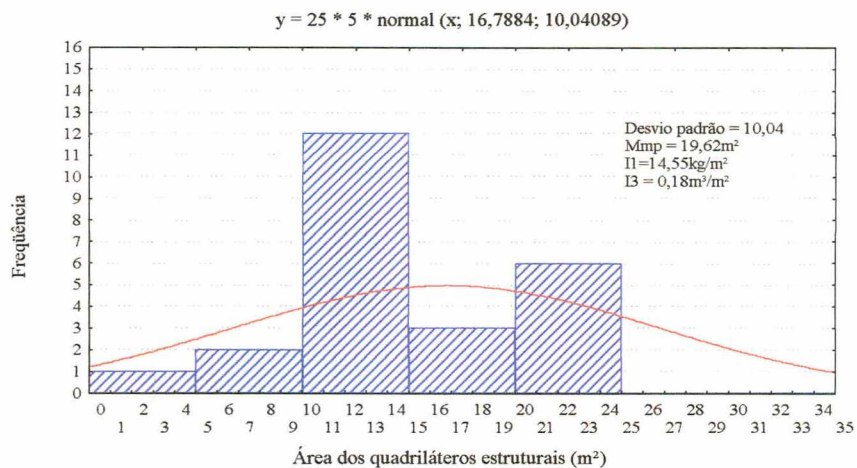


Figura A1.54 - Perfil modular do Edifício 16EM1



Tabela A1.142 - Quadriláteros estruturais para o edifício 17ENT1 (valores de "a" e "b")

Edifício: 17ENT1			P.T.= 17	
Quadros	a	b	nQ	área
1	2,85	3,29	1	9,38
2	2,60	5,13	2	26,68
3	4,50	5,10	2	45,90
4	1,68	3,52	2	11,83
5	6,34	7,73	2	98,02
6	3,62	7,30	2	52,85
	<b>40,33</b>	<b>60,85</b>	<b>11</b>	<b>244,65</b>
área total P.T.		<b>4.159,02</b>		

Tabela A1.143 - Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 17ENT1

Edifício: 17ENT1		P.T.= 17				
Área quadriláteros $A_{pt}$	nº de quadros $nQ$	$\sum a$	$\sum b$	$\sqrt{\frac{A_{pt}}{nQ}}$	$\sum a/nQ$	$\sum b/nQ$
m <sup>2</sup>	un	m	m	$a = b$	$a$	$b$
244,65	11,00	40,33	60,85	4,72	3,67	5,53
Valor adotado para $a_m$	4,72					
Valor adotado para $b_m$	5,53					
Mmp ( $a_m \times b_m$ )	26,09					

Tabela A1.144 - Índices de concreto e aço para o edifício 17ENT1

Edifício: 17ENT1		P.T.= 17				
Elementos estruturais	Concreto (C)	Aço (A)	Área quadrilátero ( $A_{pt}$ )	Índice I1 $A/A_{pt}$	Índice I2 $A/C$	Índice I3 $C/A_{pt}$
unidade	m <sup>3</sup>	kg	m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
P+V+L	723,00	69.411,00	4.159,02	16,69	96,00	0,17

$$y = 11 * 5 * \text{normal}(x; 22,241817; 15,252945)$$

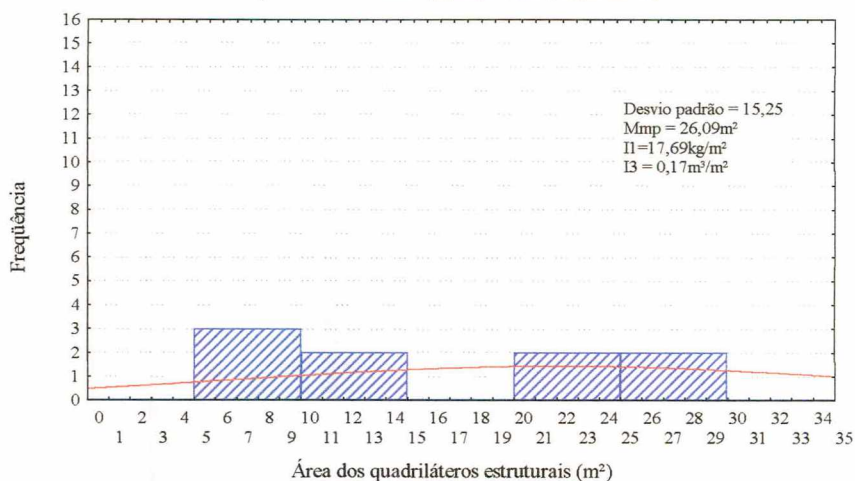


Figura A1.55 - Perfil modular do Edifício 17ENT1

Tabela A1.145 - Quadriláteros estruturais para o edifício 17EM1 (valores de "a" e "b")

Edifício: 17EM1			P.T.= 17	
Quadros	a	b	nQ	área
1	4,20	7,17	2	60,23
2	5,82	7,17	2	83,46
3	4,73	5,51	2	52,12
4	4,62	4,73	2	43,71
5	2,82	4,61	1	13,00
6	4,11	4,54	2	37,32
7	5,28	5,73	2	60,51
8	1,47	2,96	1	4,35
9	2,14	6,22	1	13,31
10	3,49	6,76	2	47,18
11	1,24	6,22	1	7,71
	<b>72,17</b>	<b>103,23</b>	<b>18</b>	<b>422,90</b>
área total P.T.		<b>7.189,37</b>		

Tabela A1.146 - Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 17EM1

Edifício: 17EM1		P.T.= 17				
Área quadriláteros $A_{pt}$ m <sup>2</sup>	nº de quadros $nQ$ un	$\sum a$ m	$\sum b$ m	$\sqrt{\frac{A_{pt}}{nQ}}$ $a = b$	$\sum a/nQ$ a	$\sum b/nQ$ b
422,90	18,00	72,17	103,23	4,85	4,01	5,74
Valor adotado para $a_m$	4,85					
Valor adotado para $b_m$	5,74					
Mmp ( $a_m \times b_m$ )	27,80					

Tabela A1.147 - Índices de concreto e aço para o edifício 17EM1

Edifício: 17EM1			P.T.= 17			
Elementos estruturais	Concreto (C)	Aço (A)	Área quadrilátero ( $A_{pt}$ )	Índice I1 $A/A_{pt}$	Índice I2 $A/C$	Índice I3 $C/A_{pt}$
unidade	m <sup>3</sup>	kg	m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
P+V+L	1.632,00	134.622,00	7.189,37	18,73	82,49	0,23

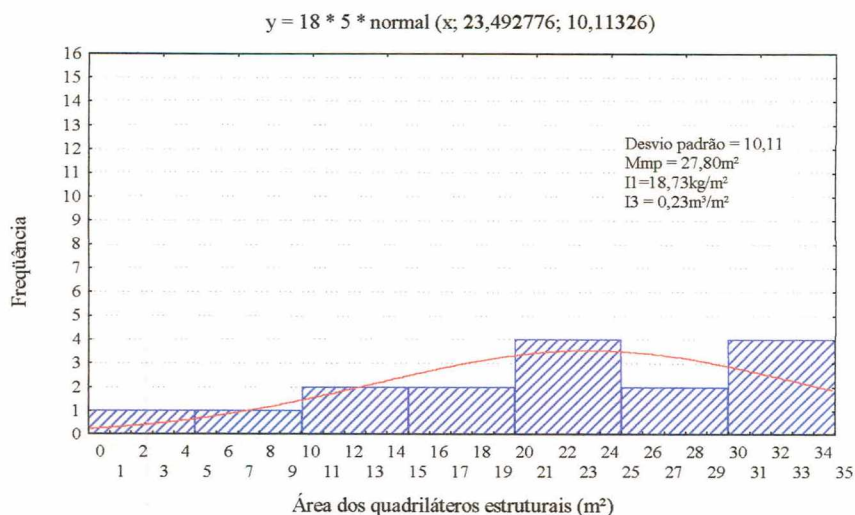


Figura A1.56 - Perfil modular do Edifício 17EM1



Tabela A1.148 - Quadriláteros estruturais para o edifício 18FNT1 (valores de "a" e "b")

Edifício: 18FNT1			P.T.= 18	
Quadros	a	b	nQ	área
1	3,55	4,50	1	15,98
2	4,50	5,20	1	23,40
3	4,95	5,10	1	25,25
4	5,55	9,40	1	52,17
5	4,20	4,75	1	19,95
6	4,20	4,40	1	18,48
7	2,10	3,50	1	7,35
8	3,60	4,30	1	15,48
9	6,50	9,15	1	59,48
10	3,25	6,35	1	20,64
11	2,10	3,35	1	7,04
12	3,60	5,85	1	21,06
	<b>48,10</b>	<b>65,85</b>	<b>12</b>	<b>286,26</b>
área total P.T.		<b>5.152,64</b>		

Tabela A1.149 - Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 18FNT1

Edifício: 18FNT1		P.T.= 18				
Área quadriláteros $A_{pt}$ m <sup>2</sup>	n° de quadros $nQ$ un	$\sum a$ m	$\sum b$ m	$\sqrt{\frac{A_{pt}}{nQ}}$ $a = b$	$\sum a/nQ$ a	$\sum b/nQ$ b
286,26	12,00	48,10	65,85	4,88	4,01	5,49
Valor adotado para $a_m$	4,88					
Valor adotado para $b_m$	5,49					
Mmp ( $a_m \times b_m$ )	26,80					

Tabela A1.150 - Índices de concreto e aço para o edifício 18FNT1

Edifício: 18FNT1		P.T.= 18				
Elementos estruturais	Concreto (C)	Aço (A)	Área quadrilátero ( $A_{pt}$ )	Índice I1 $A/A_{pt}$	Índice I2 $A/C$	Índice I3 $C/A_{pt}$
unidade	m <sup>3</sup>	kg	m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
P+V+L	868,00	78.480,00	5.152,64	15,23	90,41	0,17

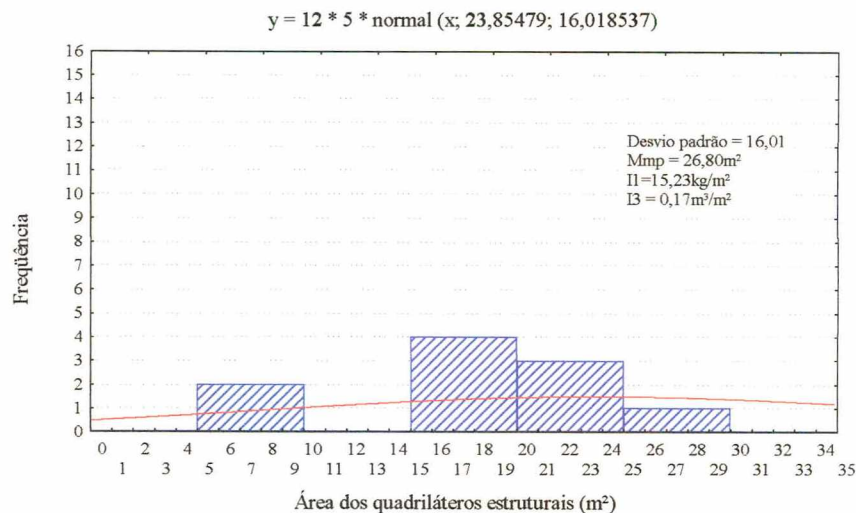


Figura A1.57 - Perfil modular do Edifício 18FNT1

Tabela A1.151 - Quadriláteros estruturais para o edifício 18EM1(valores de "a" e "b")

Edifício: 18EM1			P.T.= 18	
Quadros	a	b	nQ	área
1	1,60	4,25	1	6,80
2	1,90	4,00	1	7,60
3	3,04	4,99	1	15,17
4	3,04	3,20	1	9,73
5	4,35	5,65	1	24,58
6	3,02	4,19	1	12,65
7	3,60	5,20	1	18,72
8	4,10	6,18	1	25,34
9	4,75	4,90	1	23,28
10	4,40	4,60	1	20,24
11	4,30	4,40	1	18,92
12	3,94	6,60	1	26,00
13	3,14	7,39	1	23,20
14	3,56	5,22	1	18,58
15	3,39	6,99	1	23,70
16	4,92	5,34	1	26,27
17	2,65	5,55	1	14,71
18	2,65	3,25	1	8,61
19	3,65	3,90	1	14,24
	<b>66,00</b>	<b>95,80</b>	<b>19</b>	<b>338,34</b>
área total P.T.	<b>6.090,08</b>			

Tabela A1.152 - Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 18EM1

Edifício: 18EM1		P.T.= 18				
Área quadriláteros $A_{pt}$	nº de quadros $nQ$	$\sum a$	$\sum b$	$\sqrt{\frac{A_{pt}}{nQ}}$	$\sum a/nQ$	$\sum b/nQ$
m <sup>2</sup>	un	m	m	$a = b$	$a$	$b$
338,34	19,00	66,00	95,80	4,22	3,47	5,04
Valor adotado para $a_m$	4,22					
Valor adotado para $b_m$	5,04					
Mmp ( $a_m \times b_m$ )	21,28					

Tabela A1.153 - Índices de concreto e aço para o edifício 18EM1

Edifício: 18EM1			P.T.= 18			
Elementos estruturais	Concreto (C)	Aço (A)	Área quadrilátero ( $A_{pt}$ )	Índice I1 $A/A_{pt}$	Índice I2 $A/C$	Índice I3 $C/A_{pt}$
unidade	m <sup>3</sup>	kg	m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
P+V+L	1.295,00	114.114,00	6.090,08	18,74	88,12	0,21

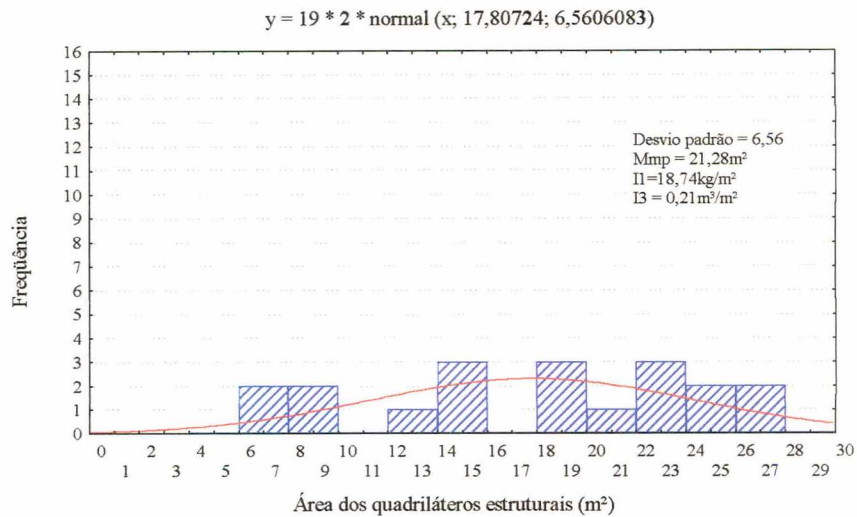


Figura A1.58 - Perfil modular do Edifício 18EM1

Tabela A1.154 - Quadriláteros estruturais para o edifício 20FM1 (valores de "a" e "b")

Edifício: 20FM1			P.T.= 20	
Quadros	a	b	nQ	área
1	4,05	4,35	1	17,62
2	3,80	4,35	1	16,53
3	2,15	3,70	1	7,96
4	5,10	8,80	1	44,88
5	4,30	7,30	1	31,39
6	3,80	8,40	1	31,92
7	5,45	6,05	1	32,97
8	6,00	6,45	1	38,70
	<b>34,65</b>	<b>49,40</b>	<b>8</b>	<b>221,97</b>
área total P.T.		<b>4.439,30</b>		

Tabela A1.155 - Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 20FM1

Edifício: 20FM1		P.T.= 20				
Área quadriláteros $A_{pt}$	nº de quadros $nQ$	$\sum a$	$\sum b$	$\sqrt{\frac{A_{pt}}{nQ}}$	$\sum a/nQ$	$\sum b/nQ$
m <sup>2</sup>	un	m	m	$a = b$	a	b
221,97	8,00	34,65	49,40	5,27	4,33	6,18
Valor adotado para $a_m$	5,27					
Valor adotado para $b_m$	6,18					
Mmp ( $a_m \times b_m$ )	32,53					



Tabela A1.156 - Índices de concreto e aço para o edifício 20FM1

Edifício: 20FM1			P.T.= 20			
Elementos estruturais	Concreto (C)	Aço (A)	Área quadrilátero (Apt)	Índice I1 A/Apt	Índice I2 A/C	Índice I3 C/Apt
unidade	m <sup>3</sup>	kg	m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
P+V+L	859,00	93.600,00	4.439,30	21,08	108,96	0,19

Tabela A1.157 - Quadriláteros estruturais para o edifício 28FM1 (valores de "a" e "b")

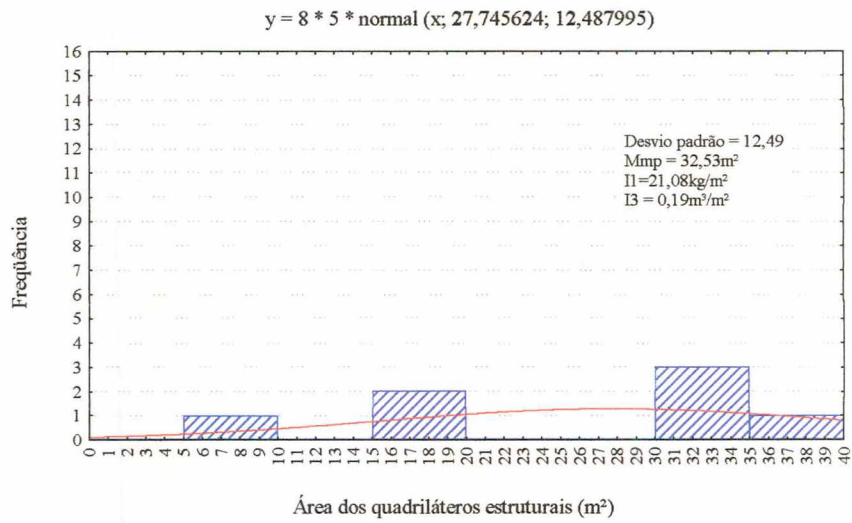
Edifício: 28FM1			P.T.= 28		
Quadros	a	b	nQ	área	
1	4,75	6,75	2	64,13	
2	4,80	6,15	2	59,04	
3	3,70	8,35	2	61,79	
4	1,95	3,70	2	14,43	
5	1,90	4,12	2	15,66	
6	1,90	2,00	1	3,80	
7	4,50	7,67	2	69,03	
8	5,61	7,91	2	88,75	
9	2,31	2,68	2	12,38	
10	2,70	5,05	1	13,64	
11	5,59	7,44	2	83,18	
12	2,70	3,60	1	9,72	
	<b>77,52</b>	<b>120,19</b>	<b>21</b>	<b>495,54</b>	
área total P.T.		<b>13.875,04</b>			

Tabela A1.158 - Medidas adotadas para "a" e "b" para o edifício 28FM1

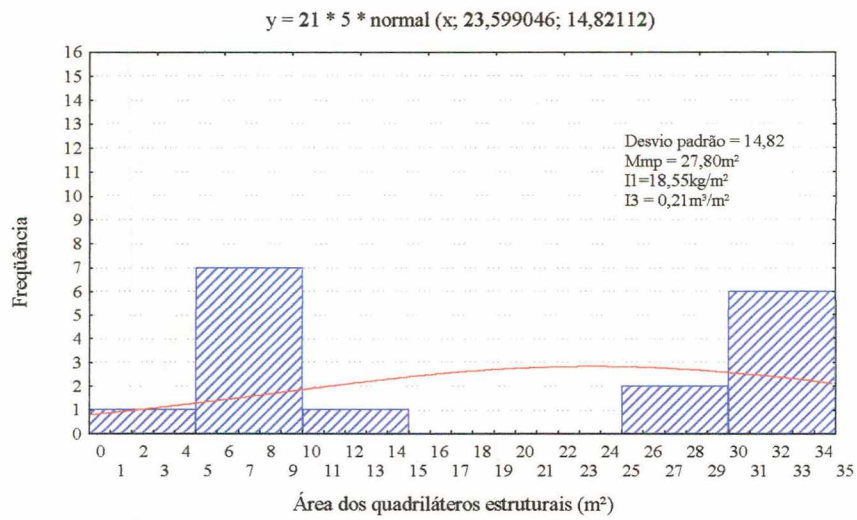
Edifício: 28FM1			P.T.= 28			
Área quadriláteros $A_{pt}$	nº de quadros $nQ$	$\sum a$	$\sum b$	$\sqrt{\frac{A_{pt}}{nQ}}$	$\sum a/nQ$	$\sum b/nQ$
m <sup>2</sup>	un	m	m	$a = b$	a	b
495,54	21,00	77,52	120,19	4,86	3,69	5,72
Valor adotado para $a_m$	4,86					
Valor adotado para $b_m$	5,72					
Mmp ( $a_m \times b_m$ )	27,80					

Tabela A1.159 - Índices de concreto e aço para o edifício 28FM1

Edifício: 28FM1			P.T.= 28			
Elementos estruturais	Concreto (C)	Aço (A)	Área quadrilátero (Apt)	Índice I1 A/Apt	Índice I2 A/C	Índice I3 C/Apt
unidade	m <sup>3</sup>	kg	m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
P+V+L	2.880,00	257.320,00	13.875,04	18,55	89,35	0,21



**Figura A1.59 - Perfil modular do Edifício 20FM1**



**Figura A1.60 - Perfil modular do Edifício 28FM1**



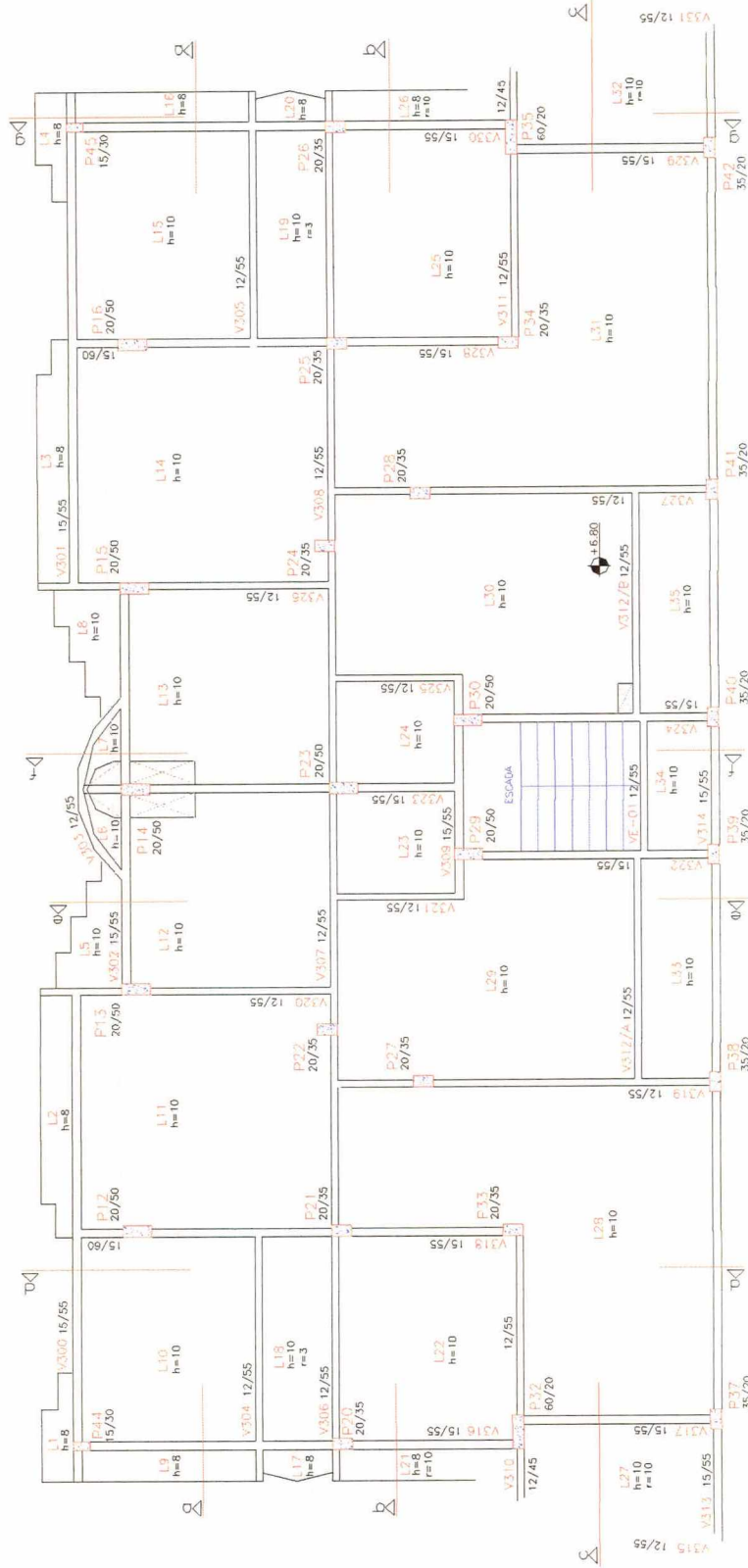


Figura A2.1 – Planta de fôrma do edifício 2EM1

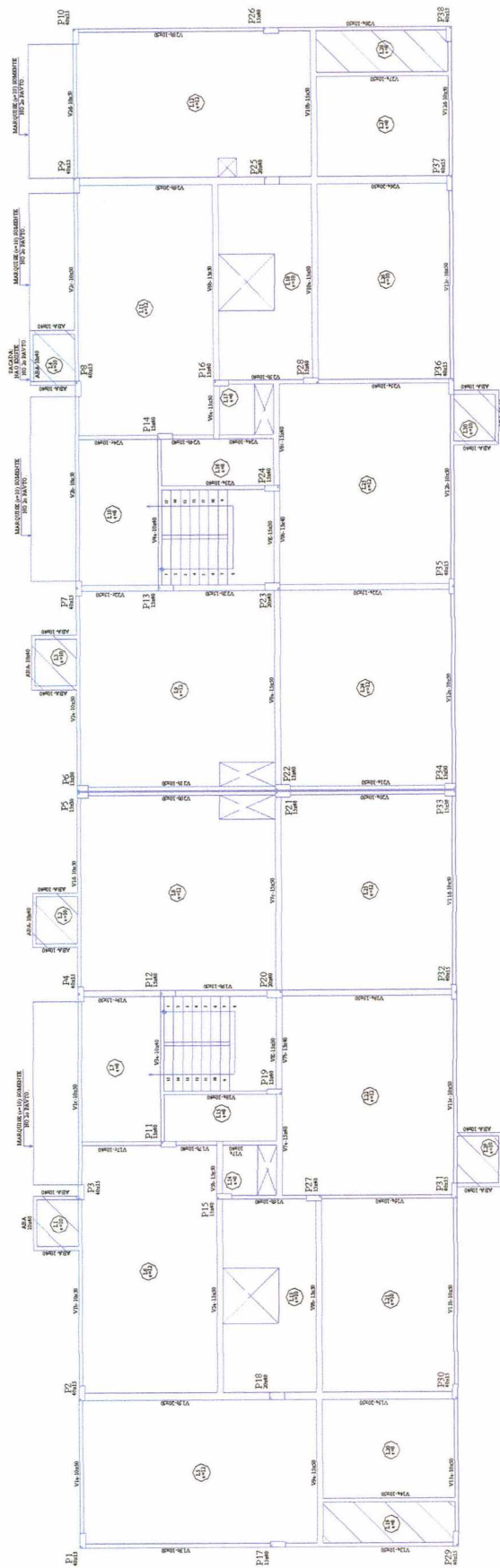


Figura A2.2 – Planta de fôrma do edifício 2FM1



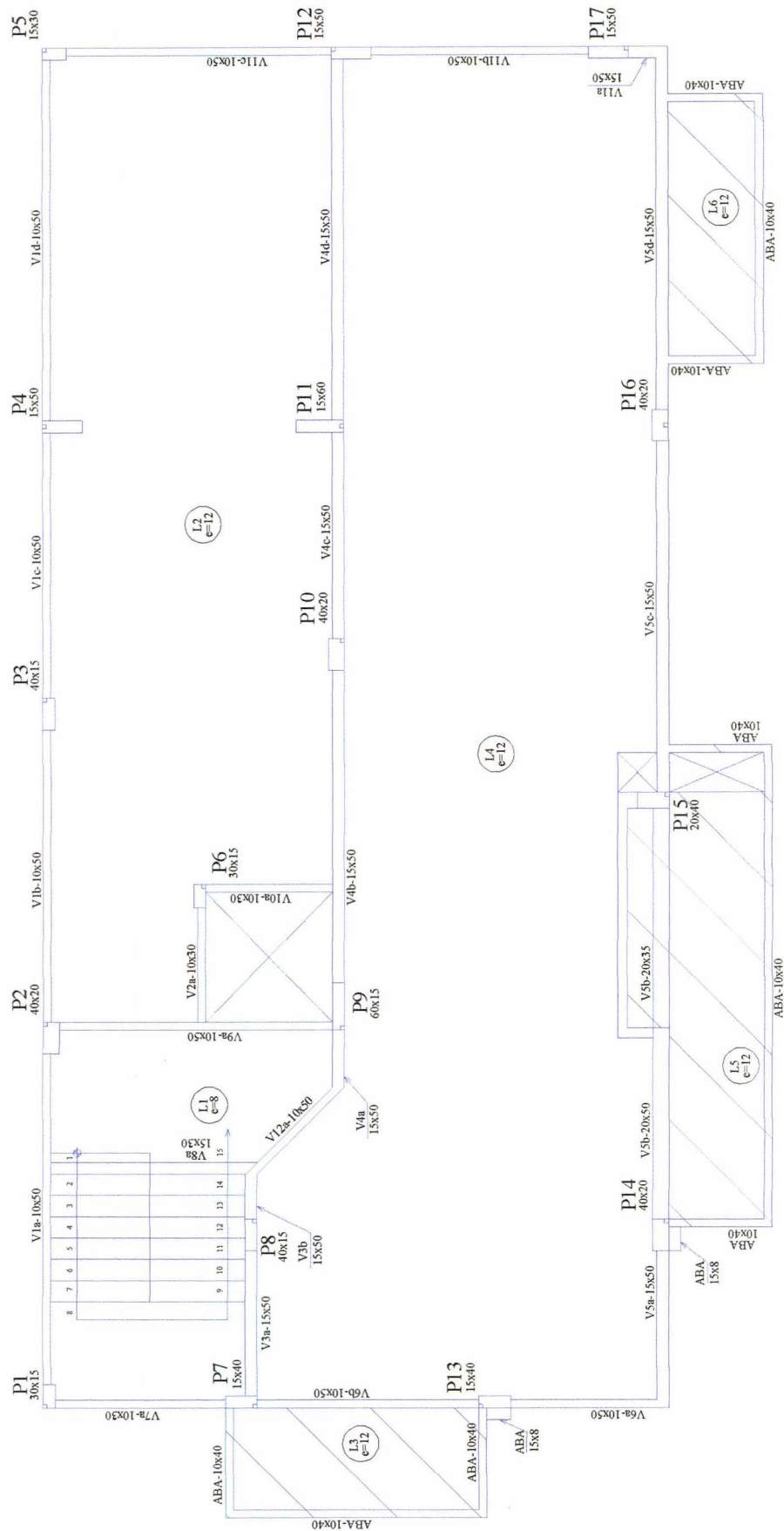


Figura A2.3 – Planta de forma do edifício 3FM1

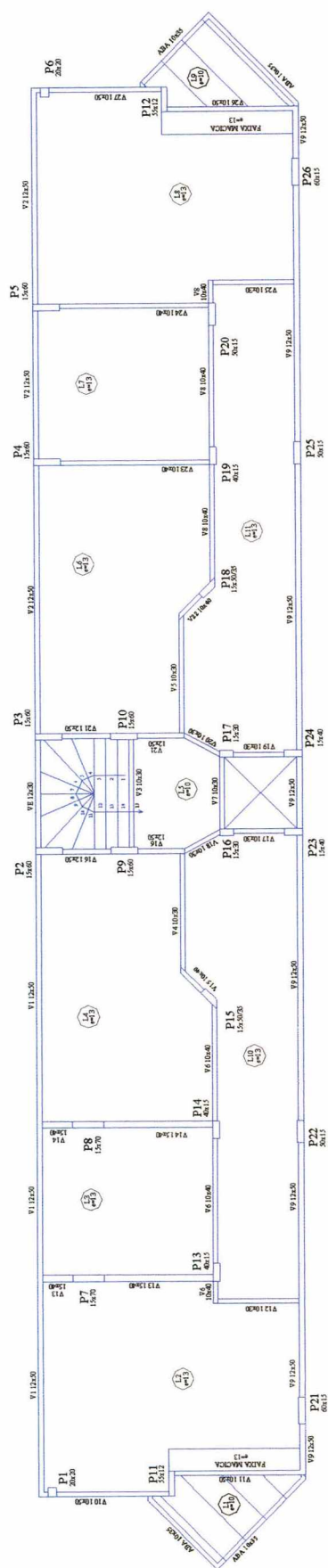


Figura A2.4 – Planta de fôrma do edifício 5FM1

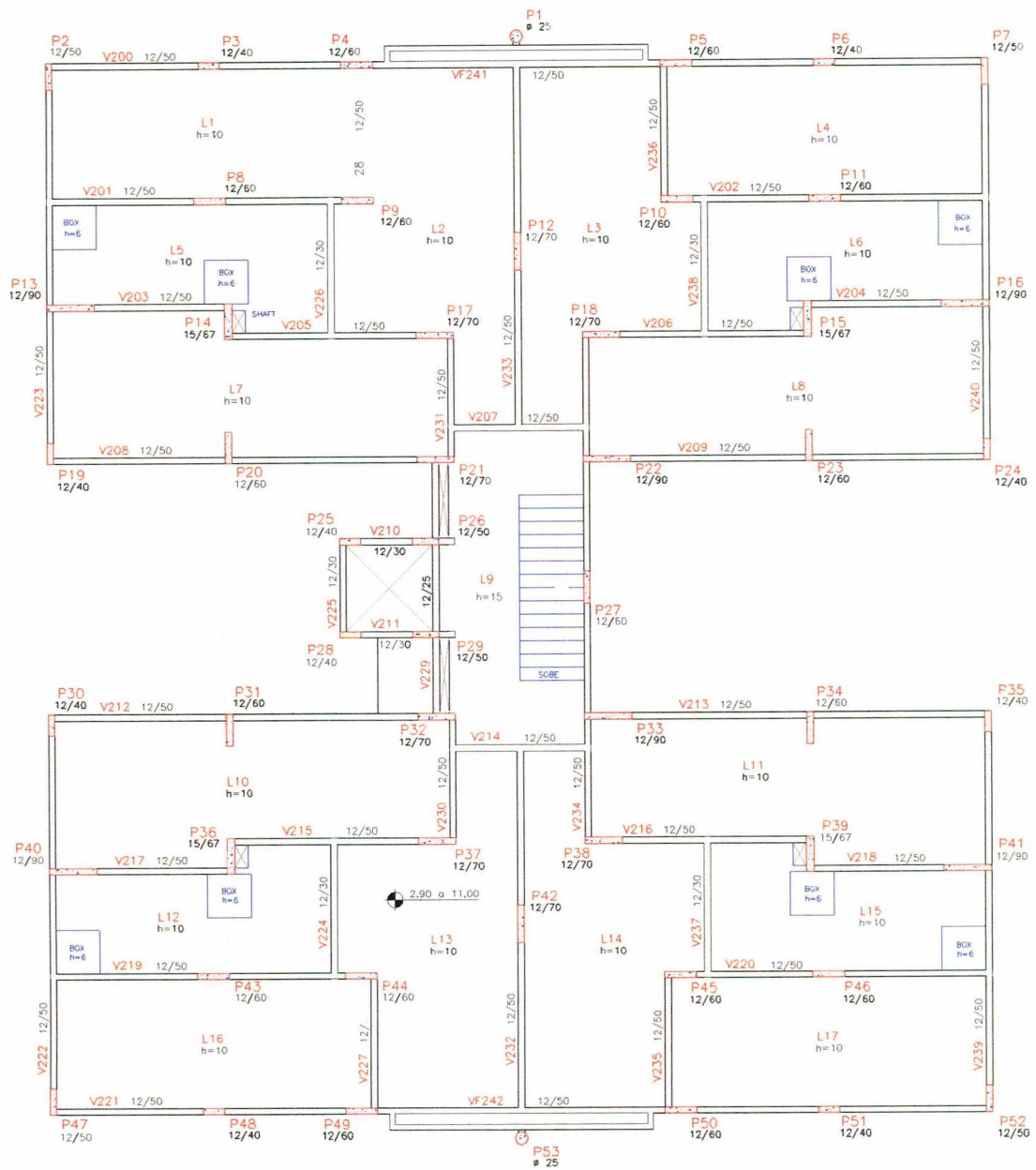


Figura A2.5 – Planta de fôrma do edifício 4EM2

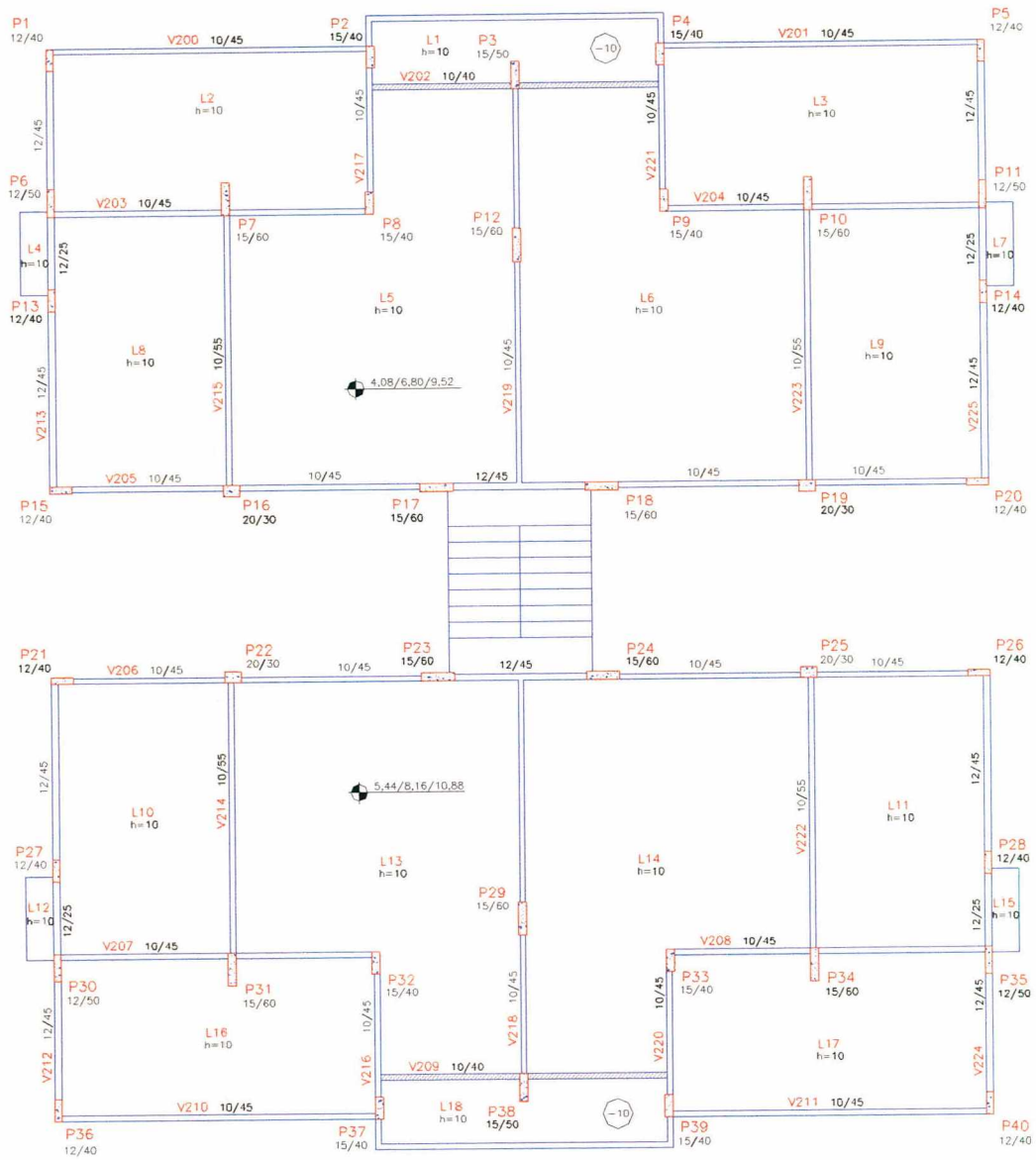


Figura A2.6 – Planta de fôrma do edifício 4EM1

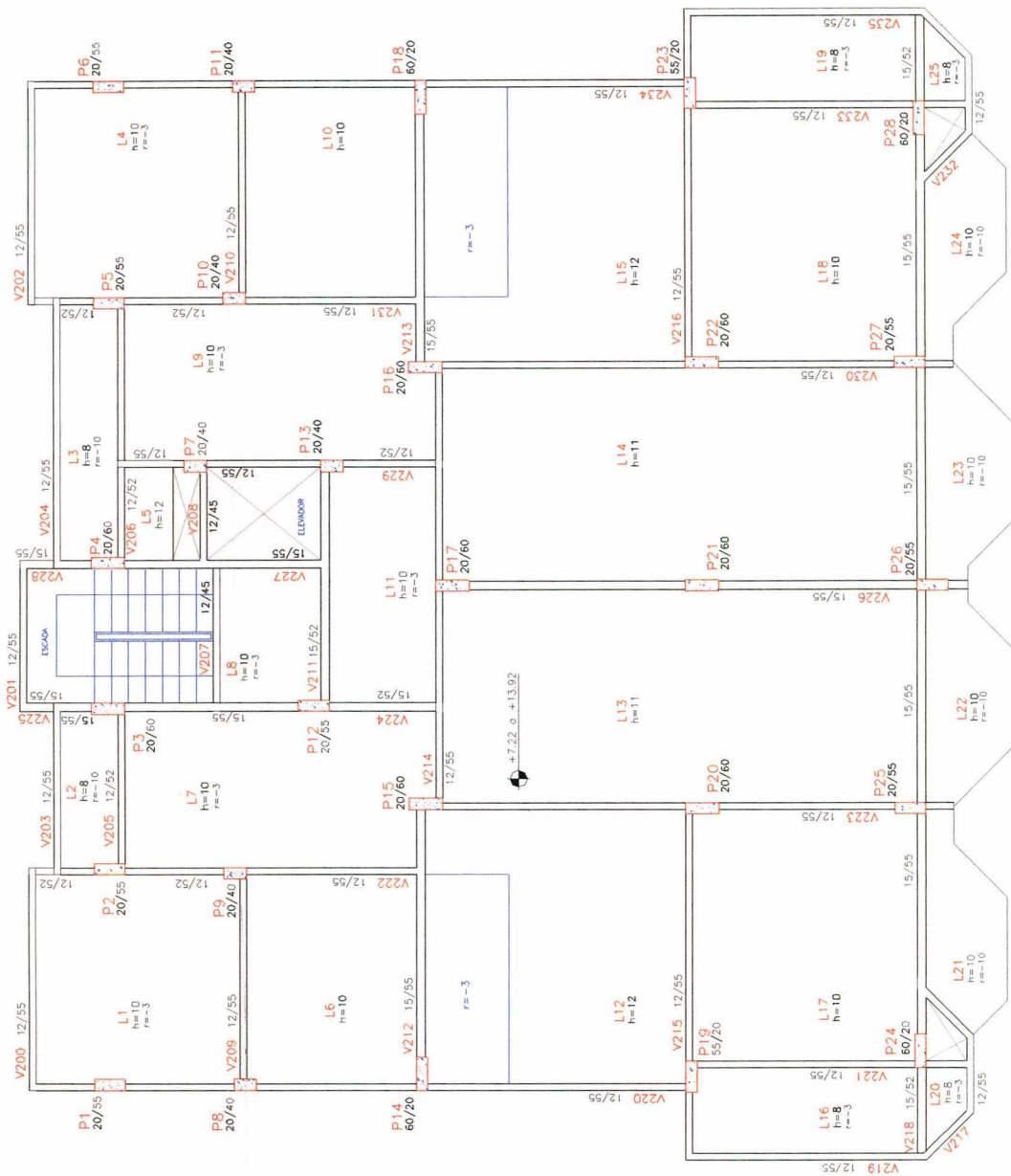


Figura A2.7 – Planta de fôrma do edifício 4EM3



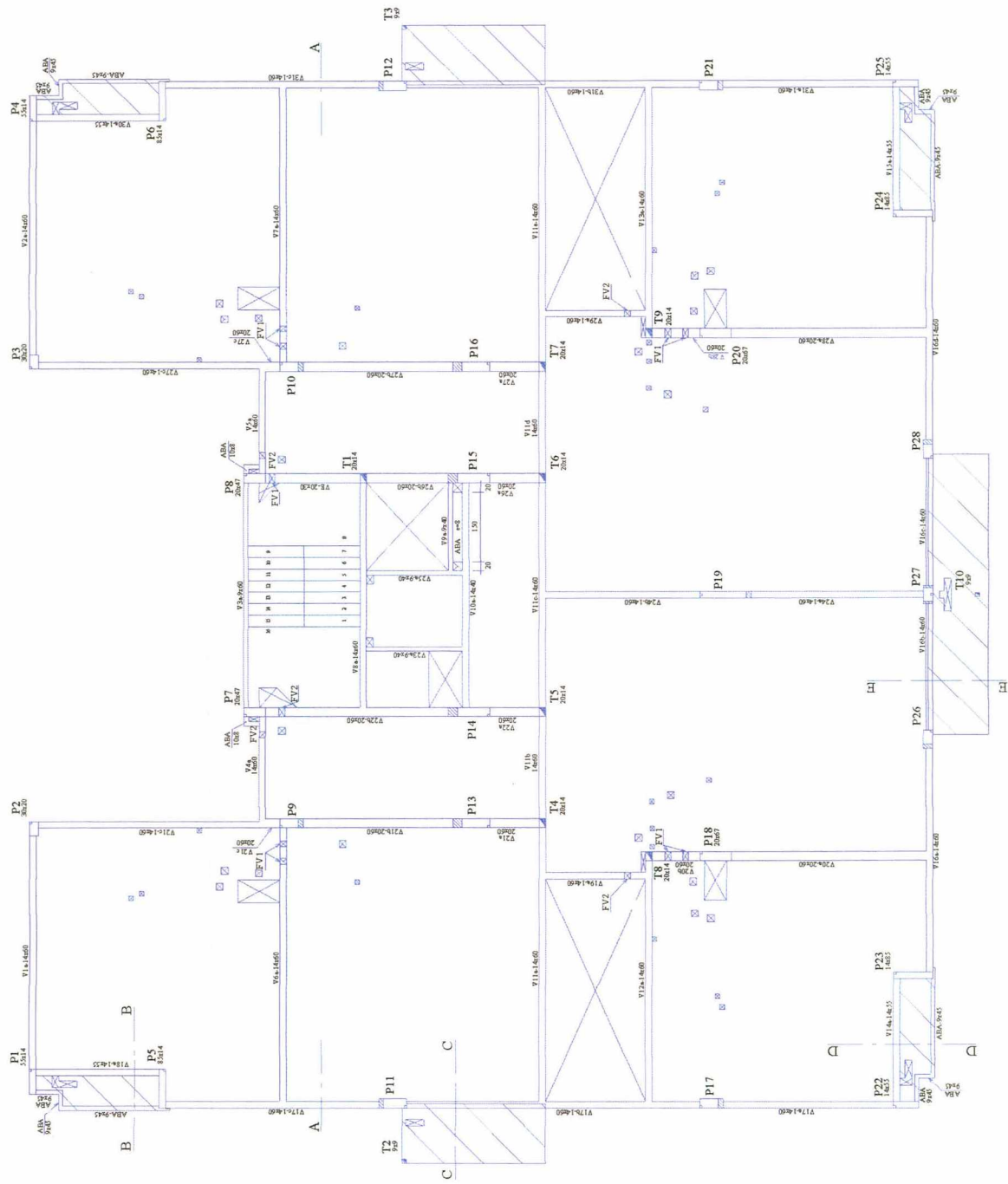


Figura A2.8 – Planta de fôrma do edifício 6FM1



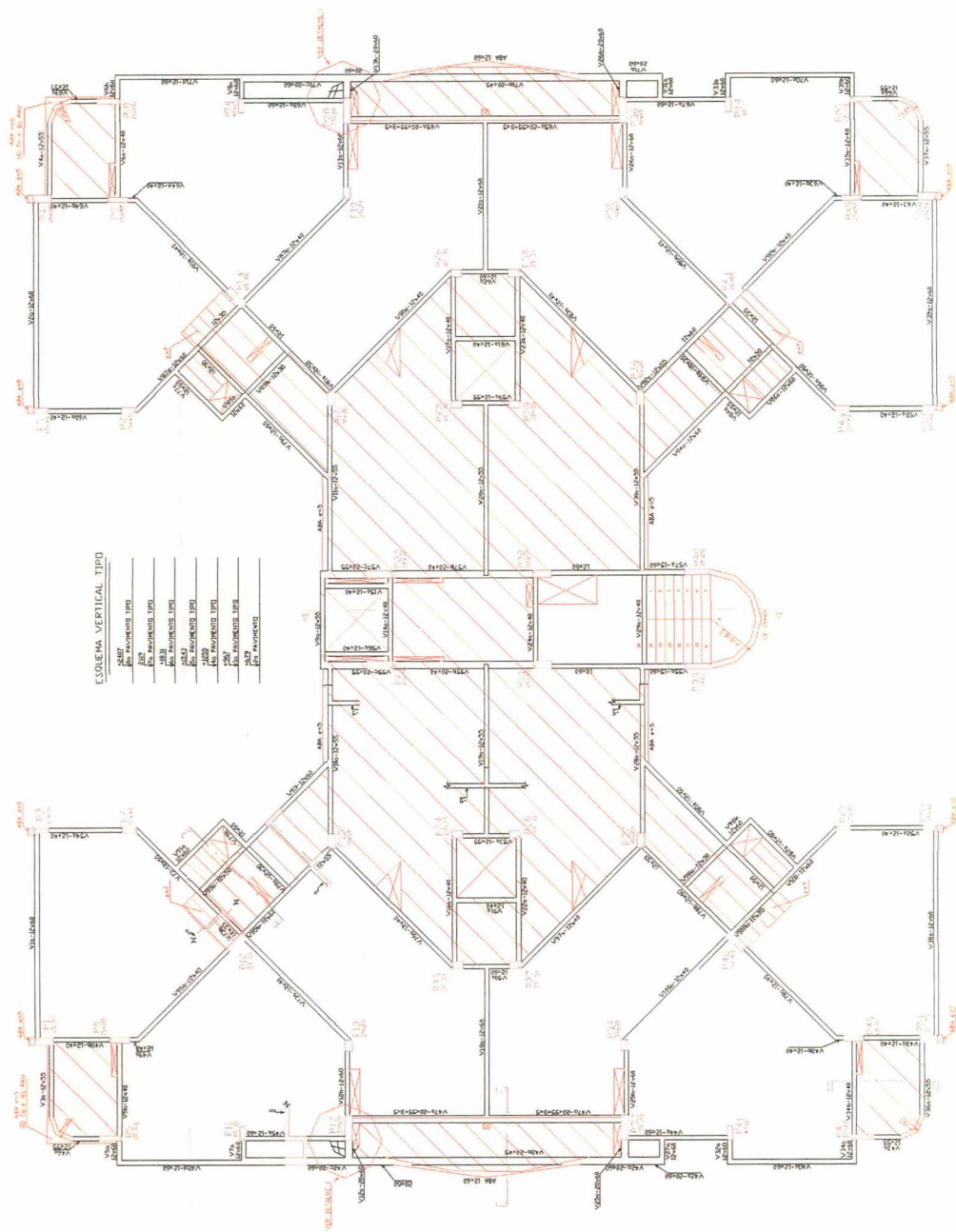


Figura A2.10 – Planta de fôrma do edifício 6FM2

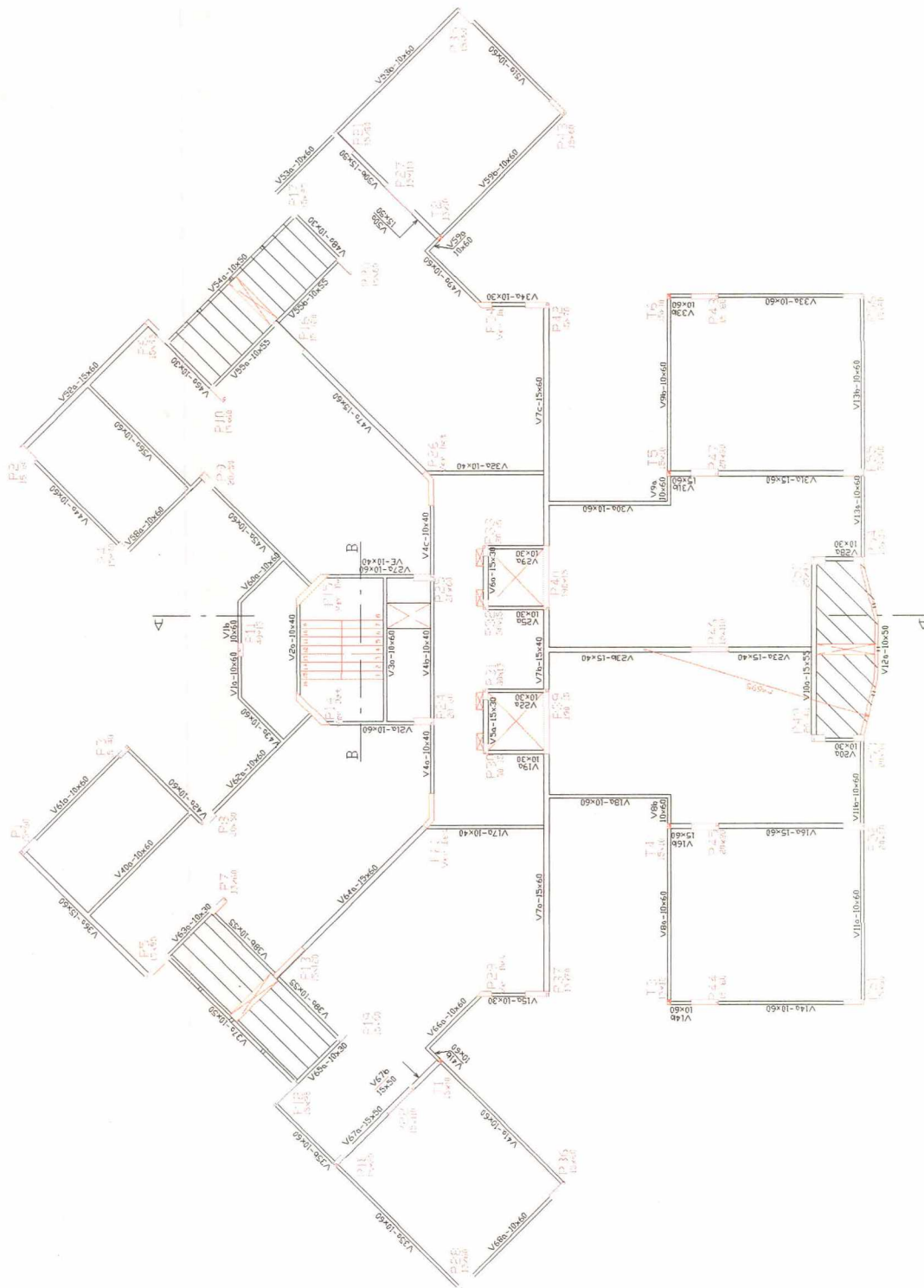


Figura A2.11 - Planta de fôrma do edifício 9FM1

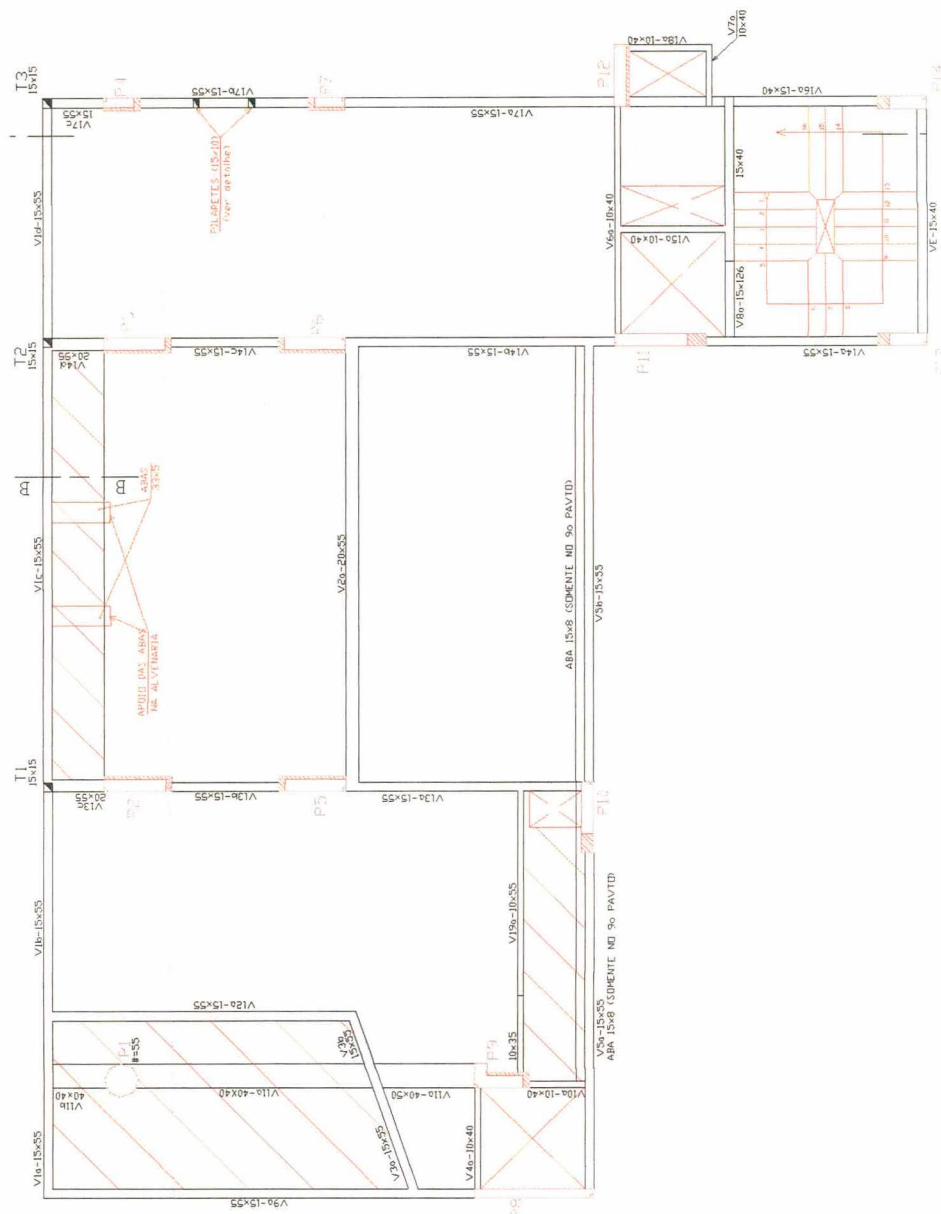


Figura A2.12 – Planta de fôrma do edifício 15FNT1



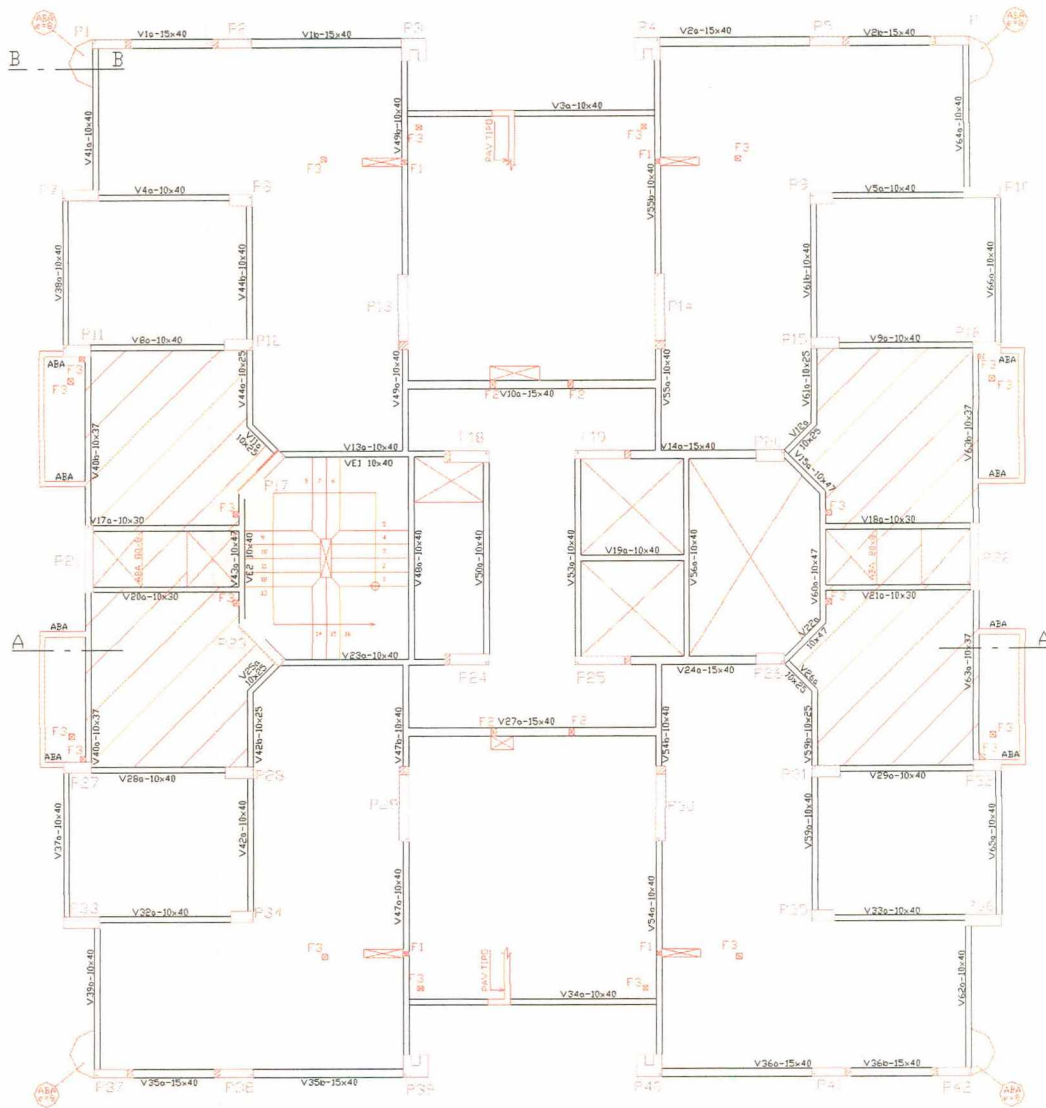


Figura A2.13 – Planta de fôrma do edifício 10FM1

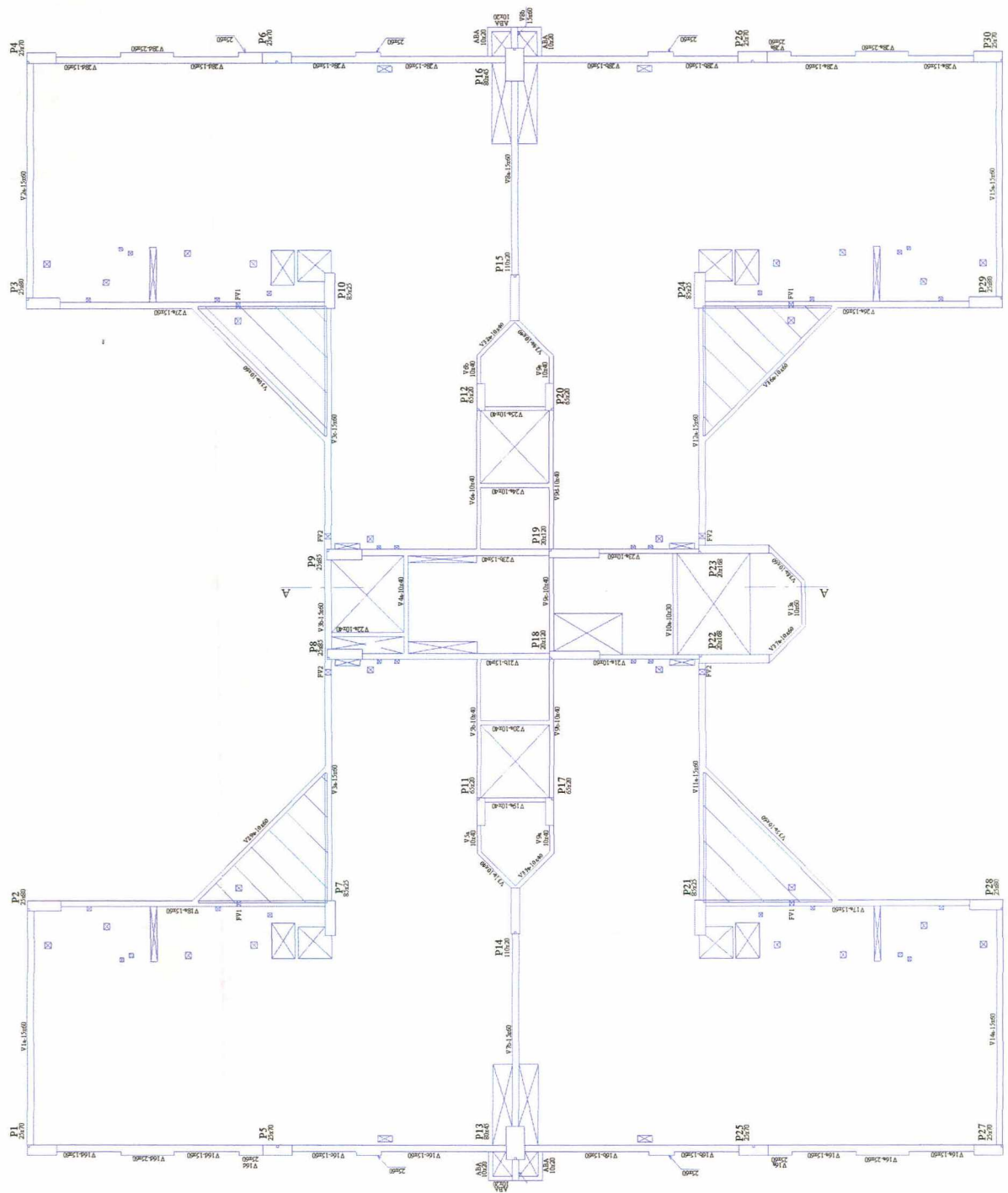


Figura A2.14 – Planta de fôrma do edifício 12FM1

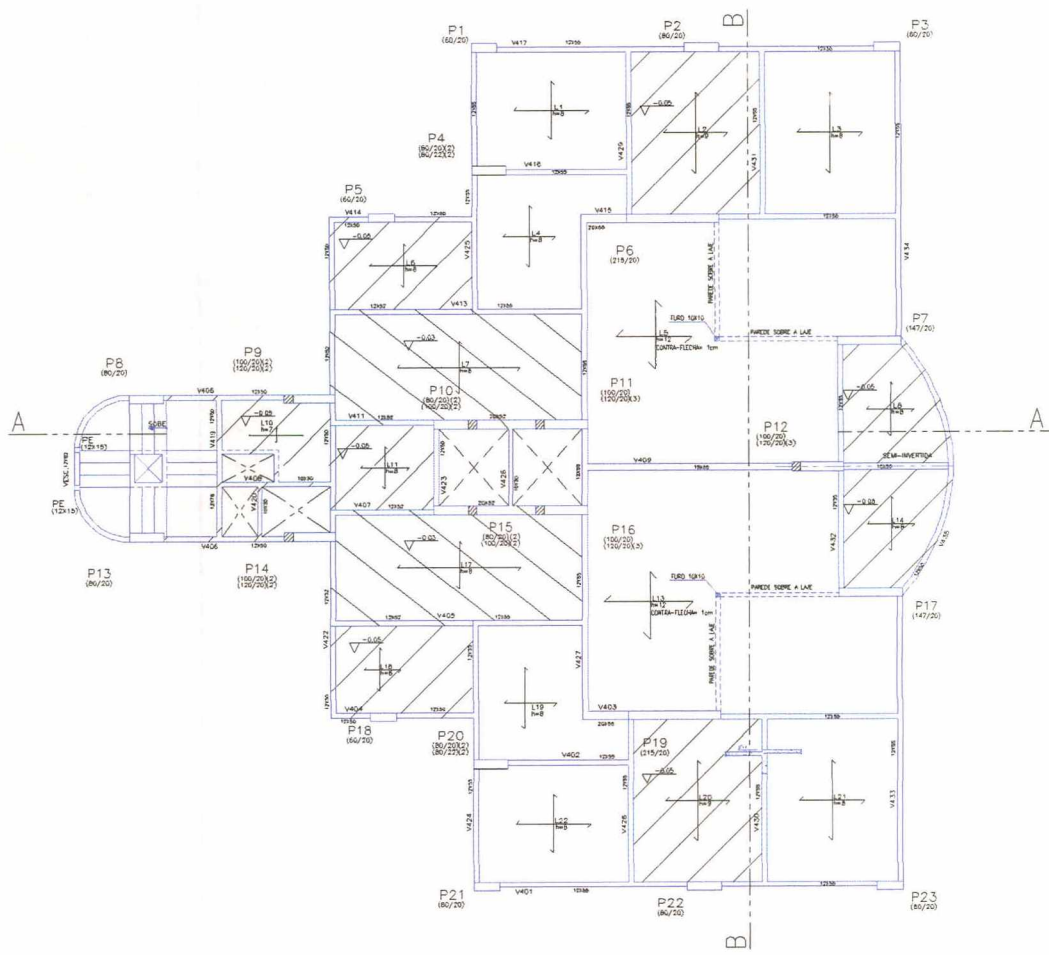


Figura A2.15 – Planta de fôrma do edifício 14DM1

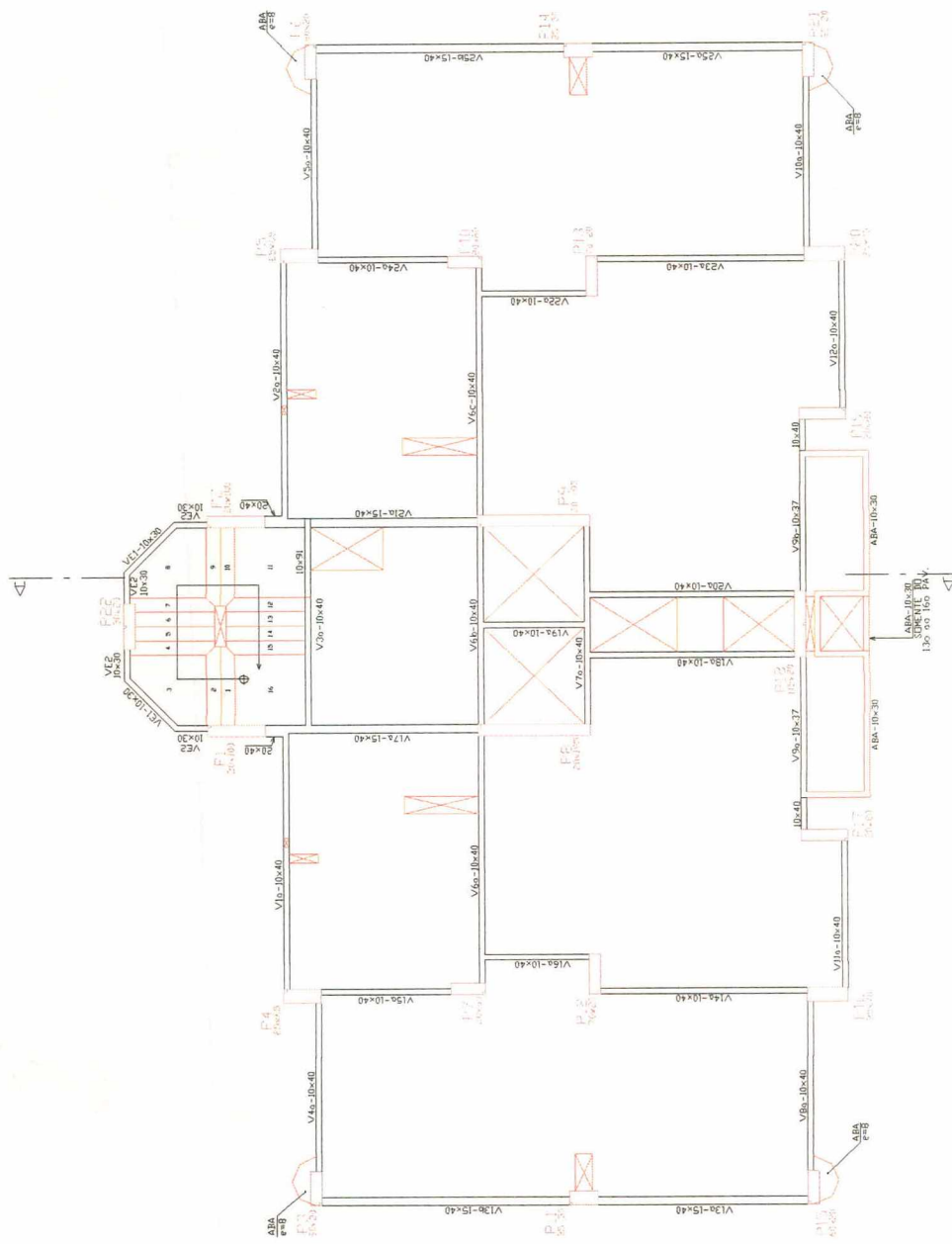


Figura A2.16 – Planta de fôrma do edifício 14FM1

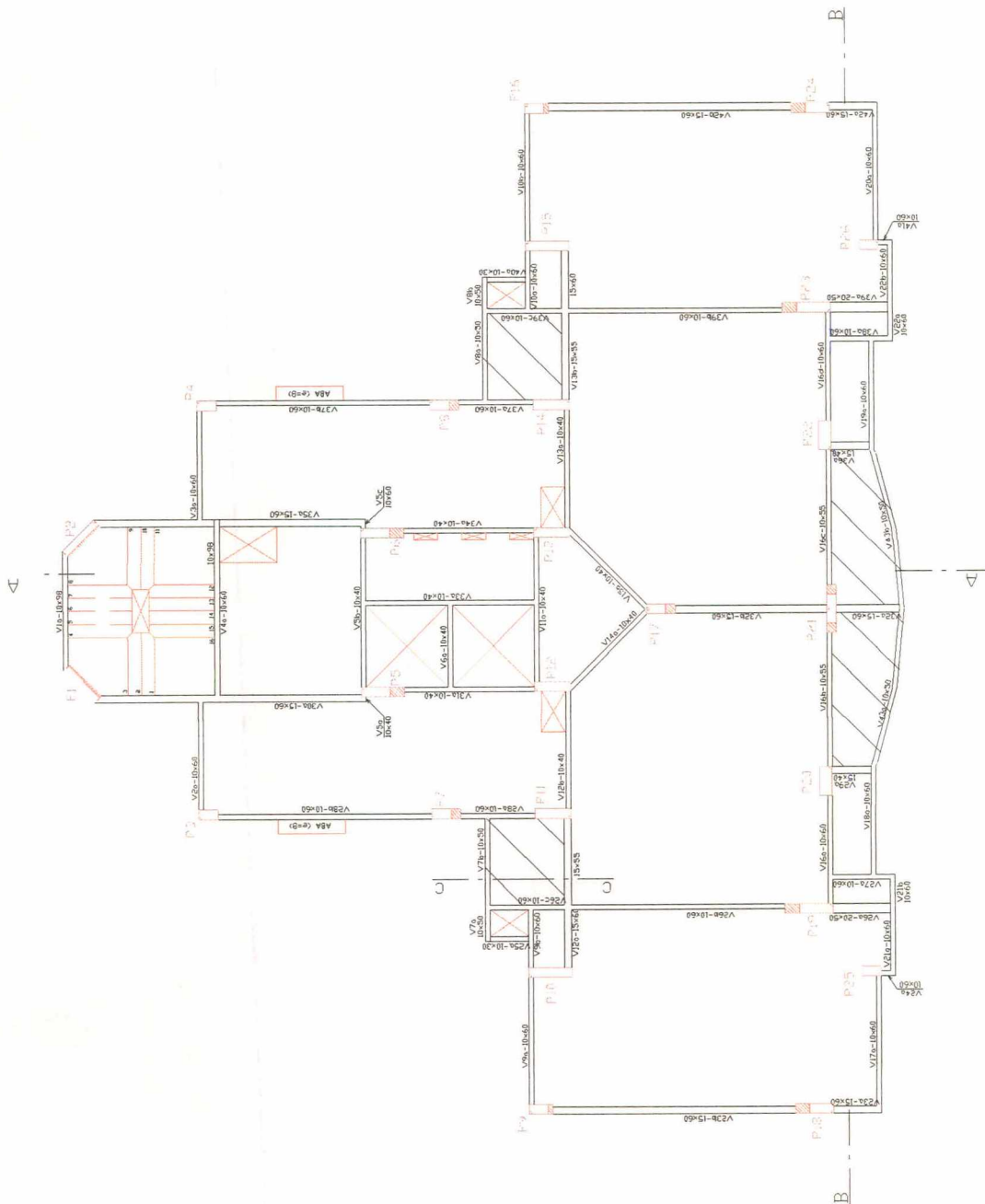


Figura A2.17 – Planta de fôrma do edifício 15FM1





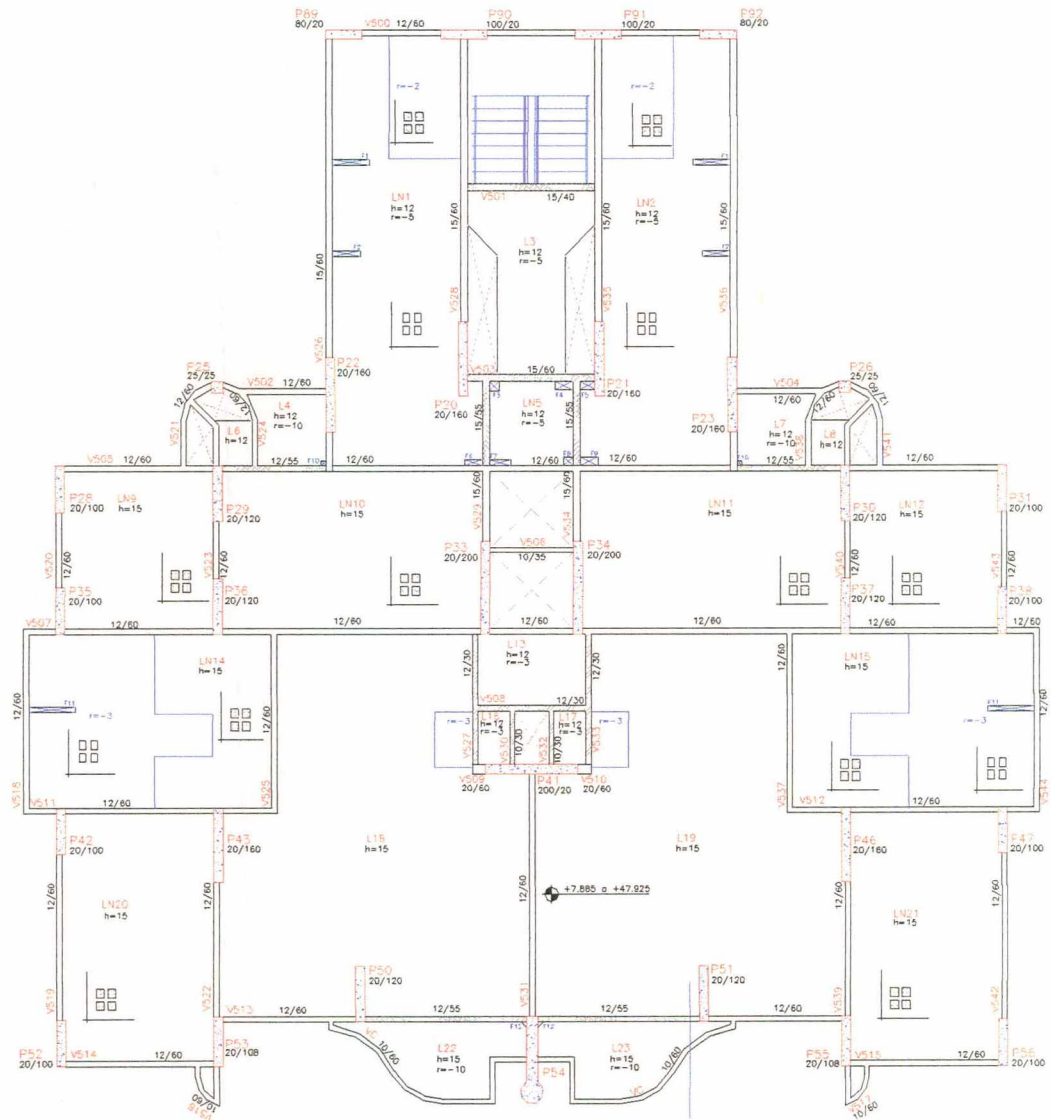


Figura A2.19 – Planta de fôrma do edifício 16ENT1

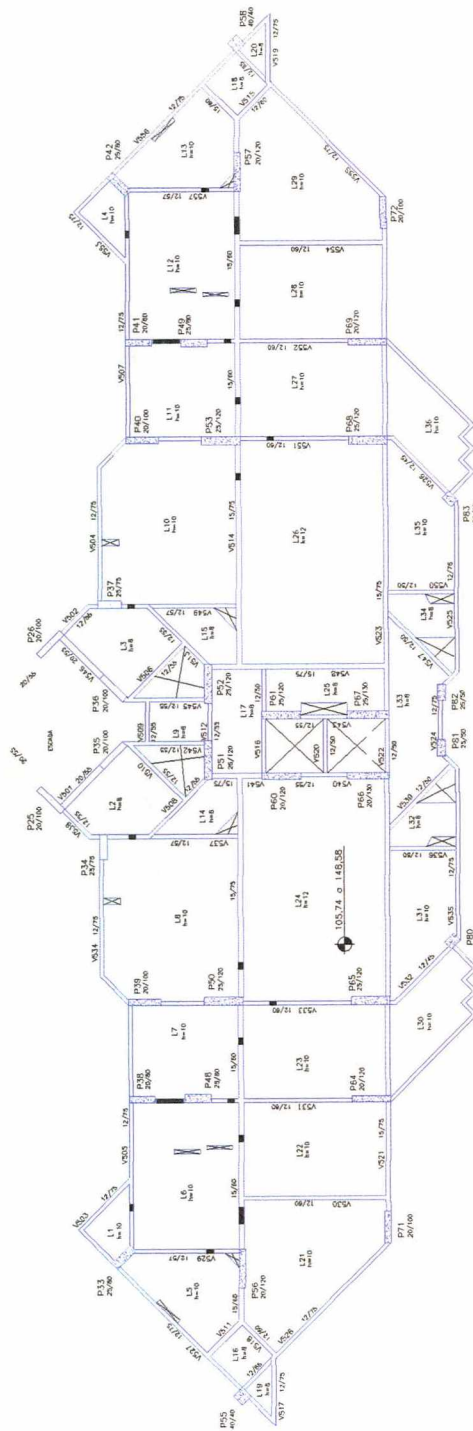


Figura A2.20 – Planta de fôrma do edifício 16EM2

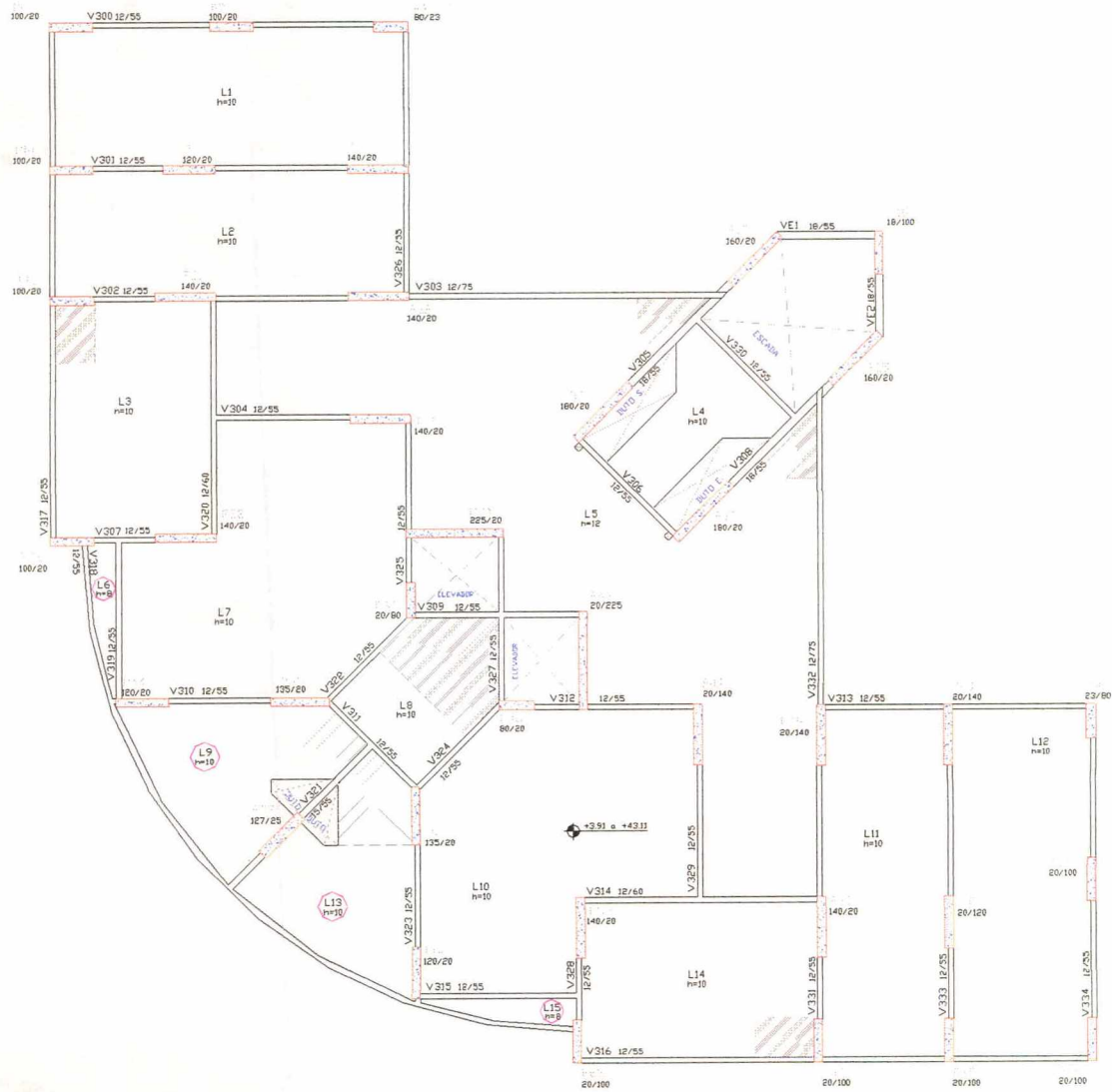


Figura A2.21 – Planta de fôrma do edifício 16EM1

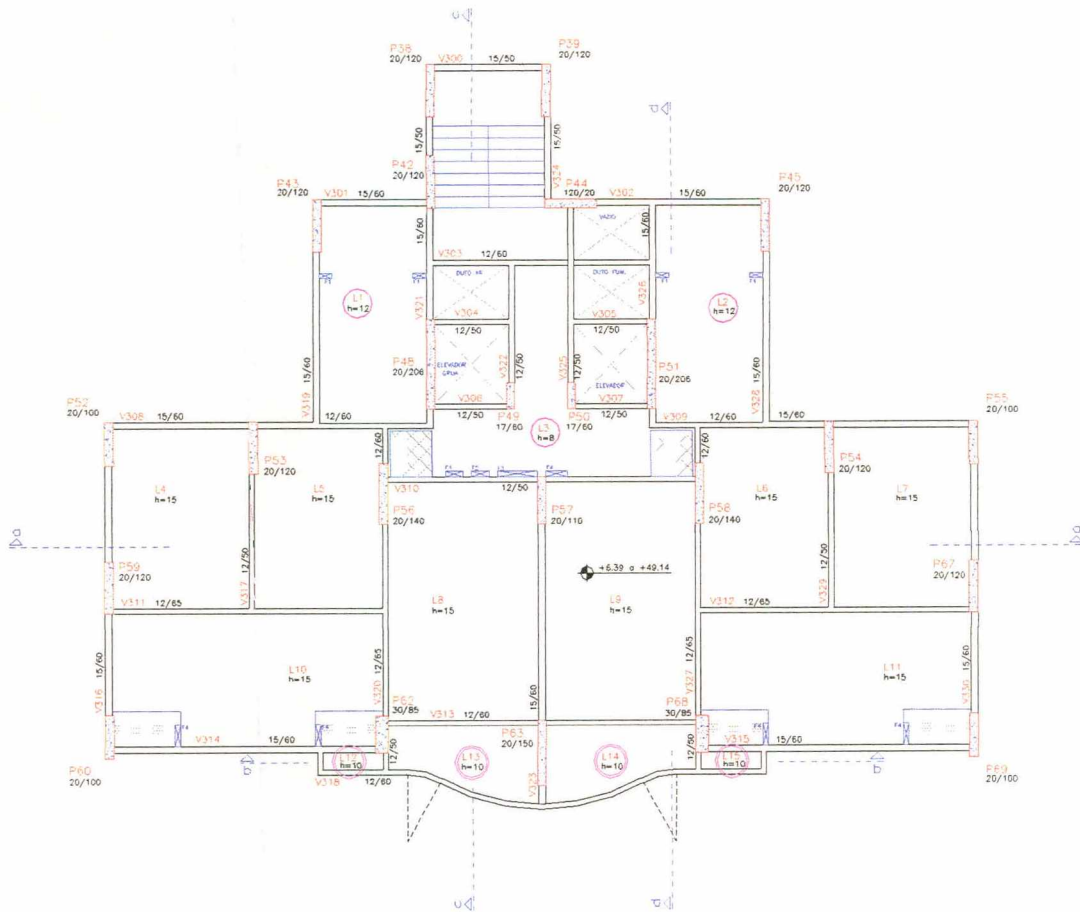


Figura A2.22 – Planta de fôrma do edifício 17ENT1



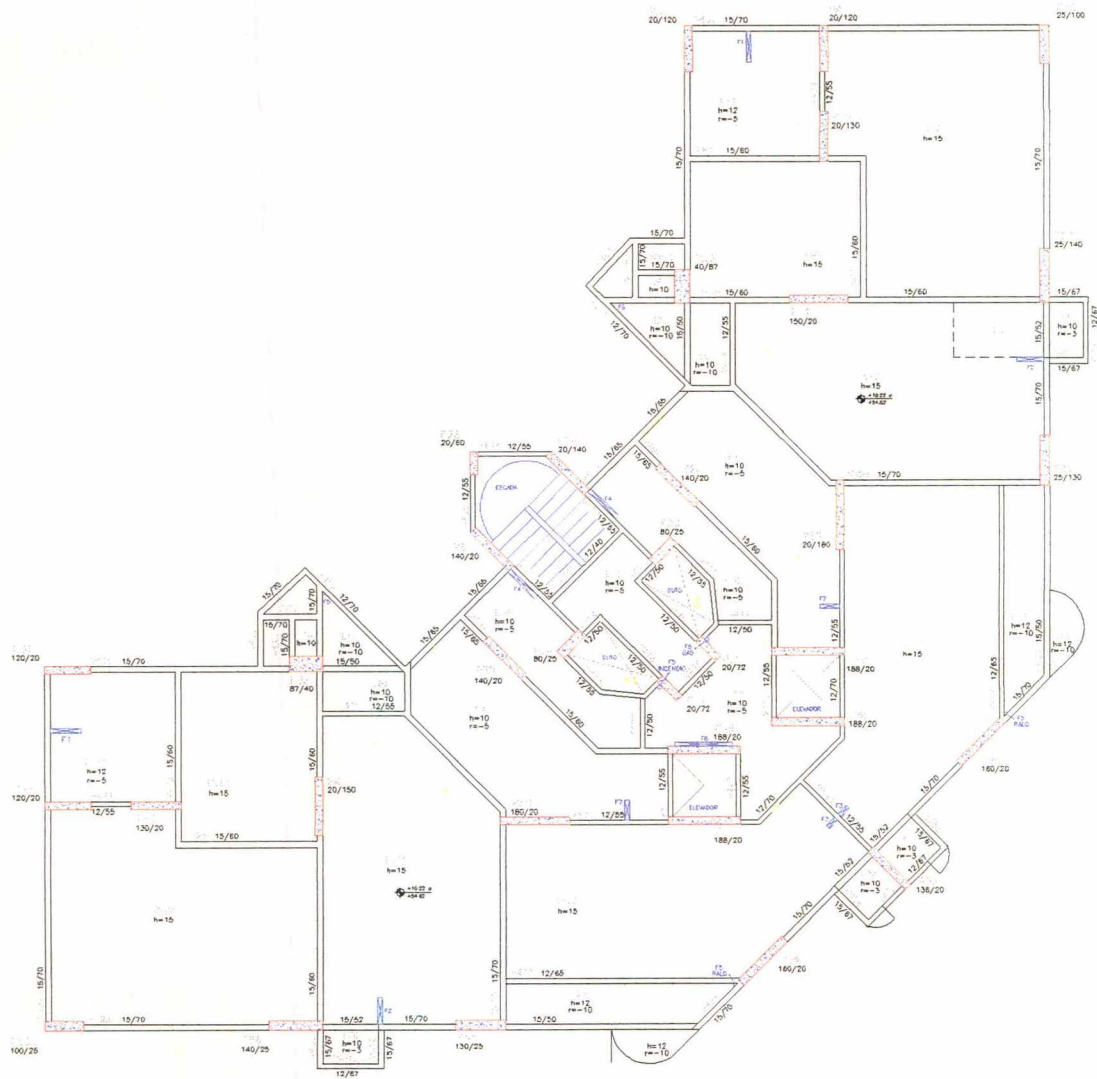


Figura A2.23 – Planta de fôrma do edifício 17EM1

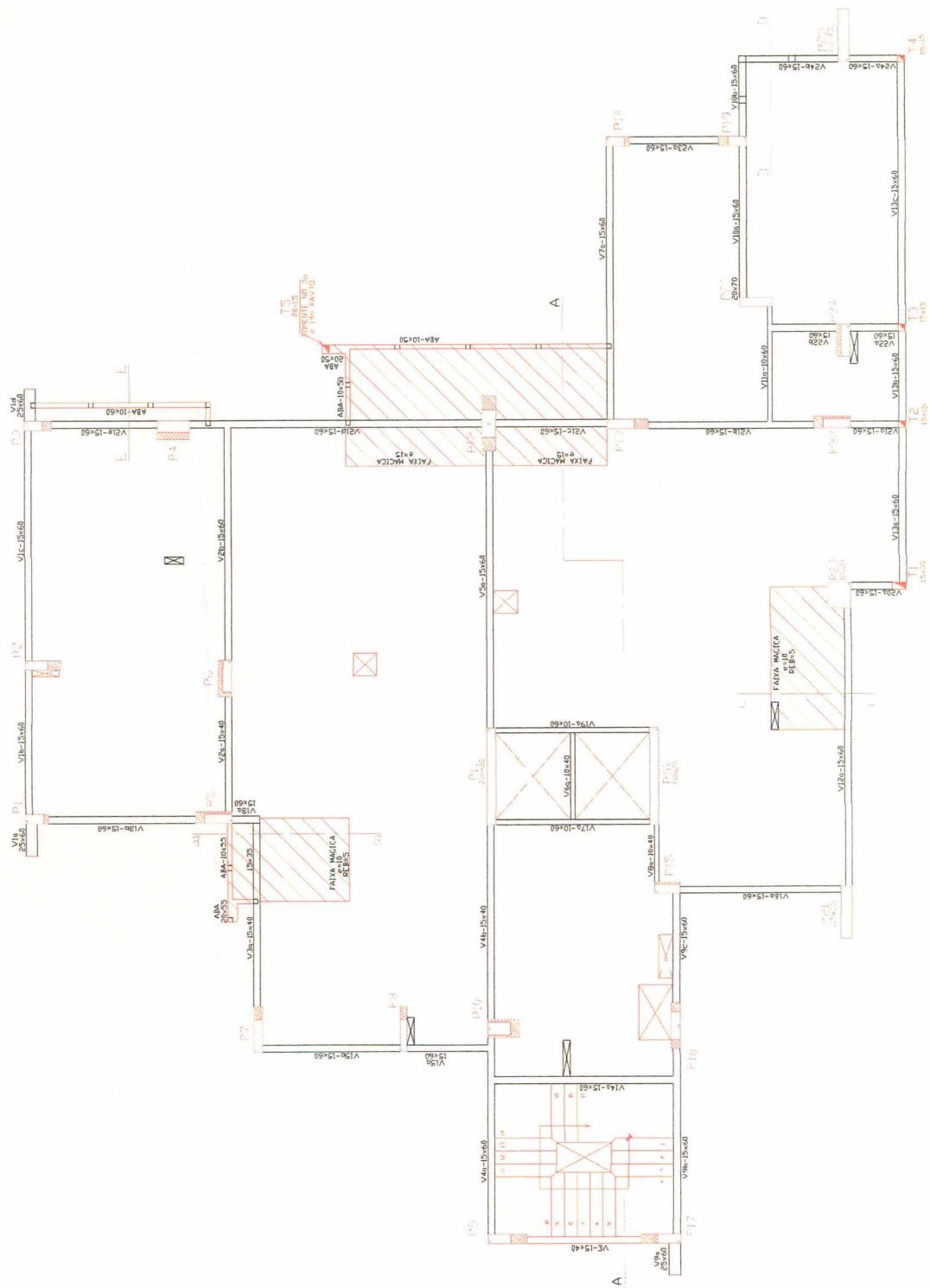


Figura A2.24 – Planta de forma do edifício 18FNT1



Figura A2.25 – Planta do edifício 18EM1

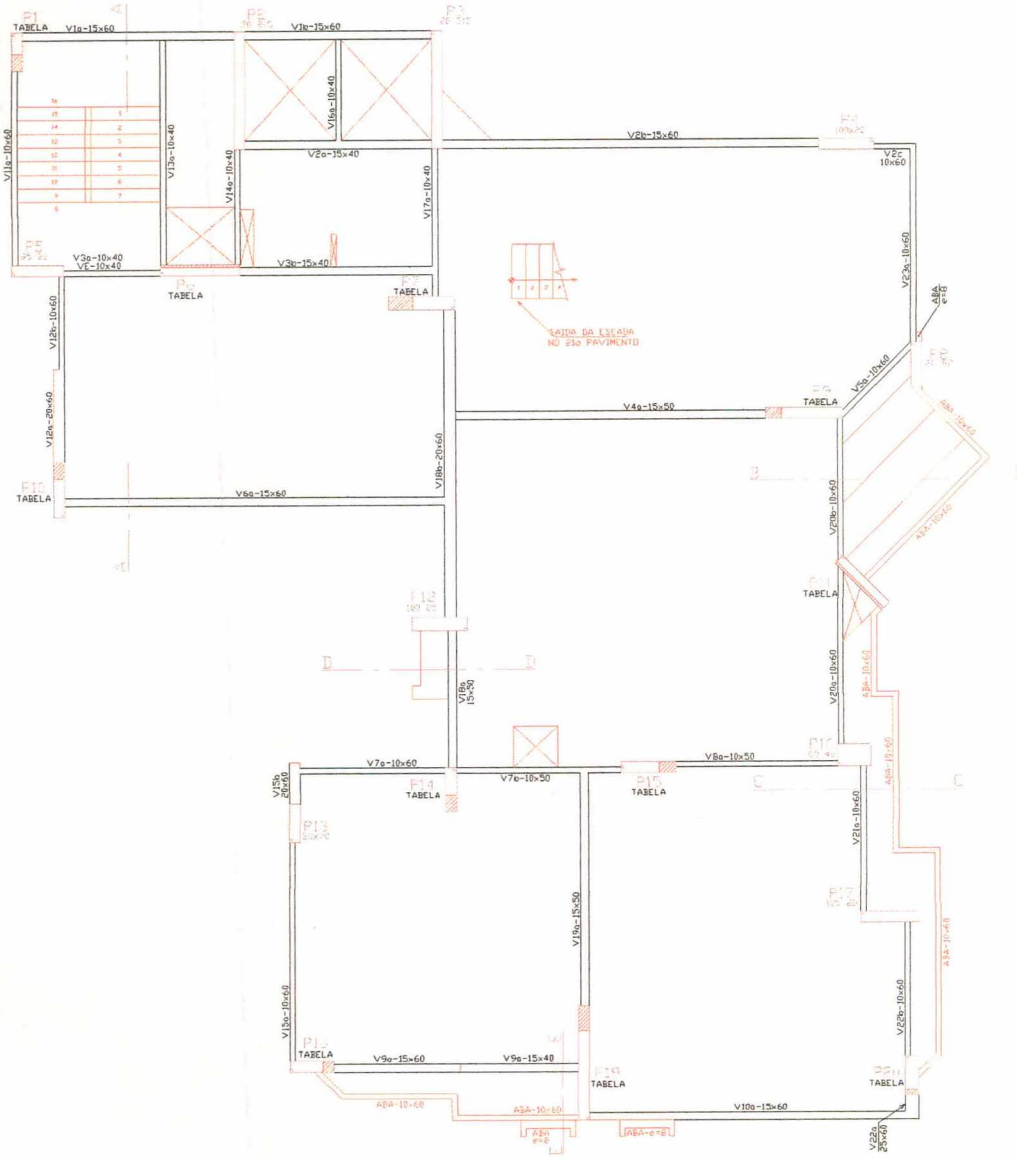


Figura A2.26 – Planta de fôrma do edifício 20FM1

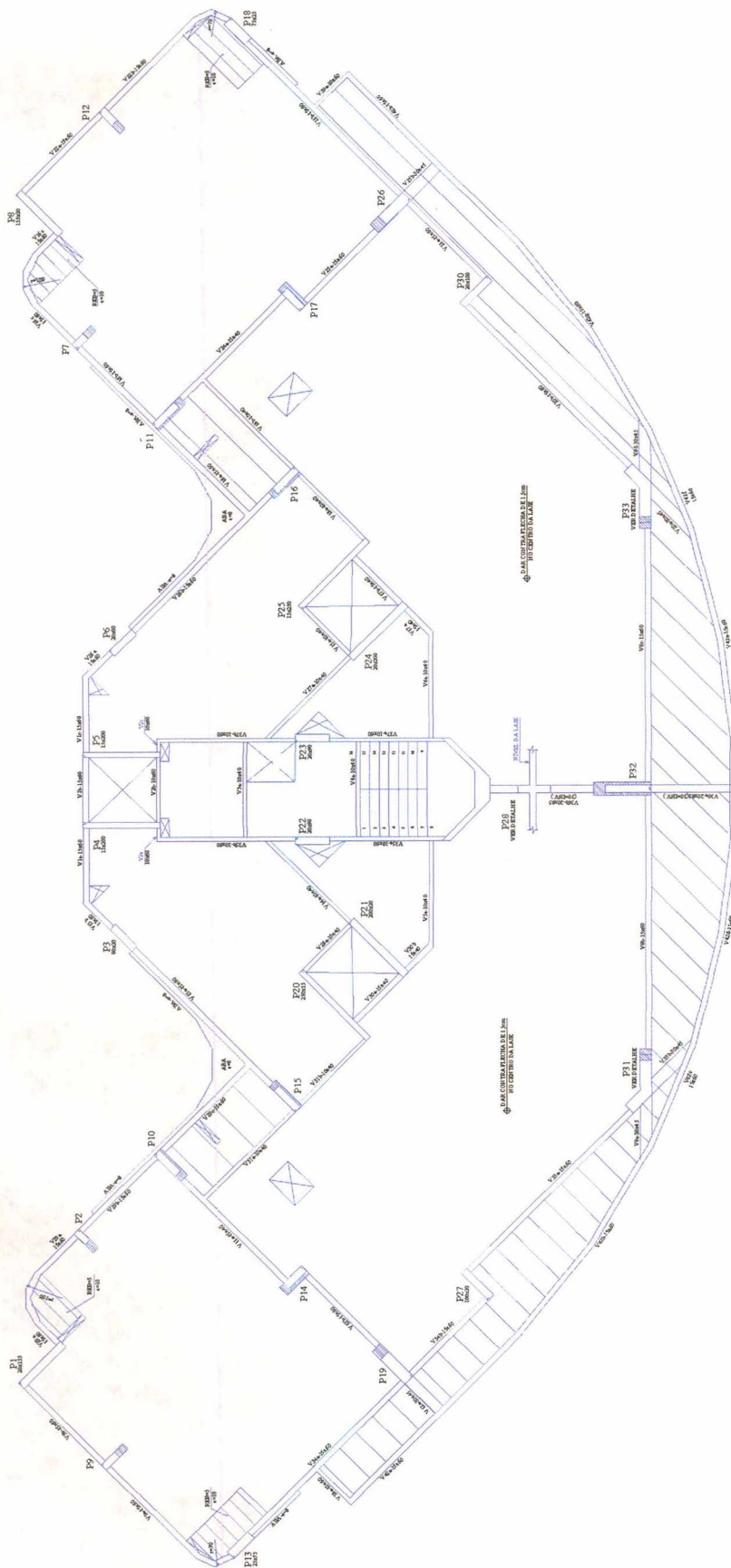


Figura A2.27 – Planta de fôrma do edifício 28FM1