

Dissertação de Mestrado

Modelo indicador da construtibilidade a partir da
análise geométrica do projeto

Tamyres Blenke Narloch



Universidade Federal de Santa Catarina
Programa de Pós-Graduação em
Arquitetura e Urbanismo

Tamyres Blenke Narloch

MODELO INDICADOR DA CONSTRUTIBILIDADE A PARTIR DA
ANÁLISE GEOMÉTRICA DO PROJETO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina, como um dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Orientadora: Prof^a Dr^a Eng^a Lisiane Ilha Librelotto.

Florianópolis
2015

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Narloch, Tamyres Blenke

Modelo indicador da construtibilidade a partir da
análise geométrica do projeto / Tamyres Blenke Narloch ;
orientadora, Lisiane Ilha Librelotto - Florianópolis, SC,
2015.

409 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em
Arquitetura e Urbanismo.

Inclui referências

1. Arquitetura e Urbanismo. 2. Indicador. 3.
Construtibilidade. 4. Projeto. 5. Desempenho. I.
Librelotto, Lisiane Ilha. II. Universidade Federal de
Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e
Urbanismo. III. Título.

Tamyres Blenke Narloch

MODELO INDICADOR DA CONSTRUTIBILIDADE A PARTIR DA
ANÁLISE GEOMÉTRICA DO PROJETO

Esta dissertação foi julgada e aprovada perante banca examinadora de trabalho final, outorgando à aluna o título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo, área de concentração Projeto e Tecnologia do Ambiente Construído, do Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo – PósARQ, da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

Prof. Dr. Eng. Fernando Barth
Coordenador(a) do Programa de Pós Graduação em Arquitetura
e Urbanismo

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Eng. Lisiane Ilha Librelotto - Orientadora/ Moderadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Pós-Dr. Eng. Roberto
de Oliveira
Universidade Federal de
Santa Catarina

Prof. Pós-Dr. Arq. Alice
Theresinha Cybis Pereira
Universidade Federal de
Santa Catarina

Prof. PhD Eng. Cristine do
Nascimento Mutti
Universidade Federal de
Santa Catarina

Prof. Pós-Dr. Eng. Luiz
Fernando Mahlmann
Heineck
Universidade Estadual do
Ceará

Florianópolis, 2015

AGRADECIMENTOS

Enfim cheguei ao momento tão esperado desta dissertação, onde posso finalmente agradecer aos que fizeram parte desta jornada. Se estou aqui a escrever os agradecimentos, é porque muitos contribuíram para isso, me deram oportunidades, me aconselharam, cederam um ombro amigo ou mesmo me fizeram parar quando estava cansada.

Destes homenageio primeiramente ao nosso Pai, nosso Deus que permite que tudo seja possível, que nos dá asas para seguirmos nosso rumo, mas que nos traz o chão para pousarmos, a segurança.

À minha família, que sempre foi minha base, minha estrutura. Aos meus pais, Walter Marcos Blenke e Rute Schroeder Blenke, que me apoiam no estudo, que me davam uma mesada mais caprichada quando tirava o tão esperado 10, que me compravam livros e mais livros para me incentivar na leitura, que me deixaram sair de casa para estudar quando recém tinha deixado a infância, mas que estavam presentes ainda com a distância, como senti saudades de tomar o café da manhã com minha família antes de ir para a escola...

Ao meu marido, Carlos Eduardo Narloch, este que merecia um diploma também por esta dissertação! Quantas vezes teve de ouvir meus anseios, minhas dúvidas, me aconselhar, ficar acordado até tarde comigo... É muito bom ter este Engenheiro Civil maravilhoso para me apoiar, mas isso lhe deu uma responsabilidade também e graças a ele pude chegar até aqui. Esta é a pessoa que continuou a me comprar livros, que sabia de cor toda a minha apresentação do mestrado, que trouxe um café para que eu pudesse continuar a escrever, que me mandou ir dormir! O grande amor da minha vida!

À minha irmã querida, Christiane Schroeder Blenke, minha melhor amiga. Que mesmo sendo Engenheira Mecânica, é parte Engenheira Civil, por ter a paciência de ouvir minhas histórias, minhas descobertas nos estudos. Não foram poucas as vezes em que ela parava de estudar para sua prova para ver o que eu estava estudando para a minha. Obrigada por sempre me apoiar, por sempre acreditar que tomei a melhor decisão.

Ao meu pug! Sim! Ao meu cachorro Bruce, que foi o responsável por todos os momentos de descontração enquanto precisava de concentração. Por querer dormir em cima do meu

teclado, por mexer no meu mouse, por passar o dia deitado ao meu lado enquanto escrevia, por me fazer rir disso tudo e deixar tudo mais leve e mais simples. É este o amor incondicional que nos faz ver o que realmente importa na vida.

Ao meu amigo, Francisco Barbosa Hackbarth, um Engenheiro de corpo e alma. Que no início deste trabalho era meu chefe, tornando possível todo este estudo. E que se tornou um grande amigo, uma pessoa que se dedica integralmente a tudo o que faz e às pessoas que o rodeiam. Aquela pessoa que te faz enxergar o que é certo.

À minha amiga, colega de estudos e que foi, durante um tempo, colega de trabalho também, Mayara Amin de Lima! Foi muito bom ter uma pessoa com o qual compartilhar isso tudo, que estava fazendo exatamente o mesmo que eu. Com as mesmas aflições, as mesmas conquistas, o mesmo esforço! Posso dizer que tudo o que passamos foi dobrado, pois nos preocupamos uma com a outra. Mas também posso dizer que o peso que tínhamos que carregar foi dividido por dois, já que tê-la ao meu lado tornou tudo mais leve. Obrigada!

À minha orientadora, Lisiane Ilha Librelotto, que soube me ouvir, mas que soube dizer não também. Obrigada por todo este bom senso, por saber me deixar livre para desenvolver meu estudo, mas por ser firme e guiar meu caminho. É esta mistura de liberdade e segurança que deu forma a esta dissertação.

À professora Cristine do Nascimento Mutti, por incentivar e achar formas de tornar este estudo possível. Ao professor Luiz Fernando Mahlmann Heineck, por sua sinceridade e sabedoria. Ao professor Roberto de Oliveira, por seu espírito questionador. E à professora Alice Theresinha Cybis Pereira, por sua capacidade de ver toda esta teoria aplicada! E a todos os professores que já tive até aqui, pois cada um moldou uma parte do que me tornei.

Agradeço também a construtora que cedeu seus dados, seu tempo e também meu tempo enquanto fui funcionária. As portas foram abertas por ela!

É impossível citar todos aqui, cada pedacinho de mim e deste trabalho foi fruto do esforço de muitas pessoas. Espero poder retribuir e possibilitar novos começos para outros também!

*Corte sua própria lenha. Assim, ela aquecerá
você duas vezes.*

Henry Ford

RESUMO

Na construção civil, grande parte das decisões tomadas na etapa de projeto impacta diretamente no custo, prazo, segurança, qualidade da obra e na satisfação do cliente. Com base nisso, o objetivo desta dissertação é desenvolver um método para implementação de indicadores de construtibilidade a partir da análise do projeto, buscando orientar as etapas para a execução do empreendimento. Desta forma, é possível avaliar a construtibilidade dos projetos arquitetônico e estrutural antes mesmo da aprovação do projeto na prefeitura, da elaboração dos projetos complementares, do desenvolvimento do orçamento da obra, dentre diversas outras tarefas subsequentes. Assim, o modelo deve propiciar às construtoras uma possibilidade de intervenção antecipada, evitando retrabalhos. Foram aplicadas as 4 fases da pesquisa-ação em parceria com uma construtora e incorporadora do norte do estado de Santa Catarina (Brasil): pesquisa aprofundada com a revisão bibliográfica, conceitos, modelos e abordagens de medição de desempenho; exploratória com o diagnóstico da construtora e verificação das possibilidades de intervenção através da análise de custos e do processo de projeto; ação com o estabelecimento e implantação da intervenção através da aplicação dos indicadores levantados na bibliografia e criados pela autora em 2 empreendimentos para o estudo piloto; e avaliação com a definição do modelo indicador de construtibilidade através da análise dos resultados do estudo piloto, com a aplicação em um terceiro empreendimento para levantamento de valores de benchmarking interno e com as conclusões do trabalho. Com os 24 indicadores apresentados nesta dissertação e seus valores de *benchmarking*, pôde-se concluir que os mesmos fornecem a análise da construtibilidade de um projeto, que a análise crítica dos projetos é uma etapa importante no processo de desenvolvimento de uma construtora e que a definição de diretrizes também pode melhorar o resultados dos indicadores.

Palavras-chave: Indicador. Construtibilidade. Projeto. Desempenho.

ABSTRACT

In construction, most of the decisions taken at the design stage directly impacts on cost, schedule, safety, quality of workmanship and customer satisfaction. Based on this, the aim of this work is to develop a method for implementing constructability indicators from the project analysis, seeking to guide the steps for implementing the project. Thus, it is possible to assess the constructability of architectural and structural designs even before the approval of the project at City Hall, the elaboration of complementary projects, the development of the project budget, among several other subsequent tasks. Thus, the model should provide to developers a possibility of early intervention, avoiding rework. They applied the four stages of action research in partnership with a builder and developer of the northern state of Santa Catarina (Brazil): in-depth survey of the literature review, concepts, models and performance measurement approaches; Exploratory with the diagnosis of construction and verification of possibilities of intervention through cost analysis and design process; action with the establishment and implementation of intervention by applying the indicators raised in the literature and created by the author in two projects for the pilot study; and evaluation with the definition of constructability indicator model by analyzing the results of the pilot study, with the application in a third venture for lifting internal benchmarking values and with the conclusions. With the 24 indicators presented in this thesis and its benchmarking values, it could be concluded that they provide the analysis of the constructability of a project, the critical analysis of projects is an important step in the development process of a construction company and the setting Guidelines can also improve the results of the indicators.

Keywords: Indicator. Constructability. Project. Performance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo de impactos das tomadas de decisão com falhas de comunicação.....	34
Figura 2 - Possibilidades de reduzir falhas do edifício em relação ao avanço do custo do empreendimento.....	36
Figura 3 – Proposta de intervenção em nível setorial	42
Figura 4 – Etapas do trabalho dentro do método de pesquisa utilizado.....	44
Figura 5 – Modelo multidimensional de análise do conceito de desempenho.....	51
Figura 6 – Relação entre conceitos de construtibilidade	56
Figura 7 - Mapa de explicitação das estratégias	60
Figura 8 – Relevância dos tópicos conforme classificação dos interventores.....	61
Figura 9 – Elementos do sistema da qualidade para a construção de edificações.....	64
Figura 10 – Importância relativa média dos indicadores do grupo projeto.....	66
Figura 11 – Indicadores relevantes segundo a percepção das categorias de participantes	69
Figura 12 – Composição do custo de um edifício habitacional ..	80
Figura 13 – Variação do custo por metro quadrado construído em função da superfície do apartamento	82
Figura 14 – Lei do tamanho	83
Figura 15 – Variação do custo dos edifícios em função do índice de compacidade	87
Figura 16 – Evolução dos custos das fachadas com as formas dos edifícios.....	87
Figura 17 – Custos de diferentes tipos e tamanhos de sacadas	89
Figura 18 – Comparação de custos entre diversos tipos de sacadas	90
Figura 19 – Tipologia de sacadas nobres e simples	91
Figura 20 – Variação do custo por m ² em função da quantidade de paredes interiores.....	95
Figura 21 – Variação do custo da parte vertical da estrutura em diferentes materiais em função da altura do edifício	96
Figura 22 – Variação do custo do edifício em função do índice de compacidade da mesma forma, mas de diferentes alturas edificadas	97
Figura 23 – Perímetro das fachadas e índice de compacidade de	

edifícios sem considerar arestas	98
Figura 24 – Participação do custo financeiro em dois edifícios de mesma superfície e diferentes alturas.....	99
Figura 25 – Variação do custo de construção em edifícios de habitação em função da altura.....	100
Figura 26 – Edifício habitacional em Londres do arquiteto John Shaw.....	101
Figura 27 – Tipologias de edifícios laminares	102
Figura 28 – Custos das tipologias A e B em função do tamanho das unidades privativas.....	103
Figura 29 – Custos das tipologias A e B em função da altura do edifício	103
Figura 30 – Principais etapas do trabalho dentro do método...	114
Figura 31 – Capítulos do trabalho nas fases da pesquisa-ação (1ª parte)	115
Figura 32 – Capítulos do trabalho nas fases da pesquisa-ação (2ª parte)	116
Figura 33 – Capítulos do trabalho nas fases da pesquisa-ação (3ª parte)	117
Figura 34 – Modelo estrutura-conduta-desempenho	118
Figura 35 – Modelo de painel de controle	129
Figura 36 – Modelo de painel de controle para comparação entre os empreendimentos.....	131
Figura 37 – Estrutura organizacional.....	134
Figura 38 – Sequência de implantação dos indicadores.....	138
Figura 39 – Fluxo de projetos da construtora em estudo	140
Figura 40 – Parâmetros para tomada de decisão	142
Figura 41 – Fachada do empreendimento M.....	174
Figura 42 – Pavimento tipo do empreendimento M.....	175
Figura 43 – Fachada do empreendimento S	179
Figura 44 – Pavimento tipo do empreendimento S	180
Figura 45 – Gráfico da equação geral dos indicadores.....	196
Figura 46 – Fachada do empreendimento V	212
Figura 47 – Pavimento tipo da torre A do empreendimento V .	213
Figura 48 – Pavimento tipo da torre B do empreendimento V .	214
Figura 49 – Aumento de área comum devido ao layout dos apartamentos de 4 quartos da torre A do empreendimento V .	224
Figura 50 – Formato dos dormitórios do empreendimento S...	226
Figura 51 – Índices do empreendimento M relativos aos melhores resultados.....	241
Figura 52 – Índices do empreendimento S relativos aos melhores	

resultados	242
Figura 53 – Índices do empreendimento V relativos aos melhores resultados	243
Figura 54 – Índices das torres A e B do empreendimento M relativos aos melhores resultados.....	244
Figura 55 – Índices das torres A e B do empreendimento S relativos aos melhores resultados.....	245
Figura 56 – Índices da torre A do empreendimento V relativos aos melhores resultados	246
Figura 57 – Índices da torre B do empreendimento V relativos aos melhores resultados	247
Figura 58 – Gráfico radar com sobreposição dos empreendimentos M, S e V.....	251
Figura 59 – Gráfico radar com sobreposição das torres dos empreendimentos M, S e V.....	253
Figura 60 – Gráfico radar da simplificação do projeto	256
Figura 61 – Gráfico radar da padronização	257
Figura 62 – Gráfico radar da sequência executiva e interdependência entre atividades	258
Figura 63 – Gráfico radar da acessibilidade e espaços adequados para o trabalho	259
Figura 64 – Metodologia para definição dos itens de controle da rotina.....	278
Figura 65 – Metodologia geral da medição.....	280
Figura 66 – Metodologia para identificação de indicadores de desempenho de Gil (1993).....	283
Figura 67 – Modelo para medição de desempenho	284
Figura 68 – Estratégias e estrutura de indicadores	286
Figura 69 – Metodologia do modelo <i>Family Nevada Quality Forum</i>	288
Figura 70 – Metodologia do modelo <i>Sandia National Laboratories</i>	289
Figura 71 – Metodologia do modelo da Universidade da Califórnia	295
Figura 72 – Critérios de excelência da gestão.....	302
Figura 73 – Etapas do programa de excelência da gestão	303

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Principais elementos conceituais de desenvolvimento tecnológico, racionalização e construtibilidade.....	53
Quadro 2 – Definições de <i>benchmarking</i>	57
Quadro 3 – Resumo da análise dos indicadores que melhor descrevem os tópicos classificados pelos interventores	62
Quadro 4 – Relação de indicadores de qualidade e produtividade	67
Quadro 5 - Percentuais de custos de alguns subsistemas sobre o custo total da obra	70
Quadro 6 – Princípios de construtibilidade	73
Quadro 7 – Indicadores de desempenho para avaliação da construtibilidade.....	75
Quadro 8 – Índice de construtibilidade	77
Quadro 9 – Participação média de espaços e instalações nos custos de construção e manutenção	78
Quadro 10 – Participação média de cada tarefa nos custos de construção de um edifício habitacional.....	78
Quadro 11 – Impacto da redução da área nos custos.....	81
Quadro 12 – Variação dos custos de construção de unidades de habitação em função da superfície por unidade	82
Quadro 13 – Impacto da forma nos custos.....	84
Quadro 14 – Variação do custo de construção em função do índice de compactidade do edifício.....	86
Quadro 15 – Área mínima e forma dos principais ambientes	88
Quadro 16 – Relação entre áreas (estar, dormitório, úmida e seca) em habitações	89
Quadro 17 – Área total de garagem por vaga	92
Quadro 18 – Áreas equivalentes em edificações	93
Quadro 19 – Relação entre área equivalente total e área privativa total	94
Quadro 20 – Área de uso comum do edifício por apartamento..	94
Quadro 21 – Densidade de planos verticais interiores em relação a planta	94
Quadro 22 – Variação do custo de construção entre tipologias com circulação central (A e B) e lateral (C e D).....	104
Quadro 23 – Custo de construção de alguns tipos de edificações residenciais.....	105
Quadro 24 – Indicadores para avaliação econômica de estruturas resistentes em prédios residenciais	105

Quadro 25 – Impacto da racionalização construtiva nos custos de um empreendimento	109
Quadro 26 – Modelo de quadro de análise dos indicadores	120
Quadro 27 – Modelo do quadro de indicadores para o estudo piloto	122
Quadro 28 – Resumo da caracterização dos empreendimentos M e S	123
Quadro 29 – Modelo de quadro de variáveis e dados.....	124
Quadro 30 – Modelo do quadro dos resultados dos indicadores	125
Quadro 31 – Modelo do quadro dos indicadores do Modelo Indicador de Construtibilidade	127
Quadro 32 – Resumo da caracterização do empreendimento V	128
Quadro 33 – Análise dos indicadores da bibliografia	145
Quadro 34 – Análise de outros indicadores.....	168
Quadro 35 – Indicadores calculados para os tipos de apartamento do empreendimento M.....	177
Quadro 36 – Indicadores calculados para o empreendimento M	178
Quadro 37 – Indicadores calculados para os tipos de apartamento do empreendimento S	182
Quadro 38 – Indicadores calculados para o empreendimento S	183
Quadro 39 – Análise de resultados do estudo piloto e proposta de melhorias.....	185
Quadro 40 – Índices do Modelo Indicador de Construtibilidade	197
Quadro 41 – Modelo Indicador de Construtibilidade a partir da Análise do Projeto	198
Quadro 42 – Indicadores calculados para os tipos de apartamento do empreendimento V	216
Quadro 43 – Indicadores calculados para o empreendimento V	217
Quadro 44 – Agrupamento dos resultados dos indicadores dos empreendimentos M, S e V.....	219
Quadro 45 – Índice Geral de Viabilidade (Ivia) dos Empreendimentos	220
Quadro 46 – Valores de <i>benchmarking</i> para o Índice Geral de Construtibilidade (Igc) dos empreendimentos	220
Quadro 47 – Valores de <i>benchmarking</i> para o Índice Geral de Construtibilidade (Igc) das torres	221

Quadro 48 – Valores de <i>benchmarking</i> para o Índice de Compacidade Considerando a Altura da Torre (Icma) das torres	222
Quadro 49 – Valores de <i>benchmarking</i> para o Índice de Otimização da Área Comum no Pavimento Tipo (Icom) das torres	223
Quadro 50 – Valores de <i>benchmarking</i> para o Índice de Otimização do Formato dos Dormitórios (Idor) dos empreendimentos.....	225
Quadro 51 – Valores de <i>benchmarking</i> para o Índice Econômico de Compacidade do Pavimento Tipo (Iecm) das torres	227
Quadro 52 – Valores de <i>benchmarking</i> para o Índice de Otimização das Esquadrias no Pavimento Tipo (Iesq) das torres	227
Quadro 53 – Valores de <i>benchmarking</i> para o Índice de Otimização das Garagens (Igar) dos empreendimentos.....	228
Quadro 54 – Valores de <i>benchmarking</i> para o Índice de Área Média de Lajes (Ilaj) das torres.....	229
Quadro 55 – Valores de <i>benchmarking</i> para o Índice de Modulação no Pavimento Tipo (Imod) das torres.....	229
Quadro 56 – Valores de <i>benchmarking</i> para o Índice de Padronização de Esquadrias (Ipes) dos empreendimentos.....	230
Quadro 57 – Valores de <i>benchmarking</i> para o Índice de Densidade de Pilares (Ipil) das torres.....	230
Quadro 58 – Valores de <i>benchmarking</i> para o Índice de Padronização de Lajes (Ipla) dos empreendimentos	231
Quadro 59 – Valores de <i>benchmarking</i> para o Índice de Padronização de Pilares (Ippi) dos empreendimentos.....	231
Quadro 60 – Valores de <i>benchmarking</i> para o Índice de Área Privativa (Ipri) dos empreendimentos	232
Quadro 61 – Valores de <i>benchmarking</i> para o Índice de Avaliação do Processo Construtivo Adotado (Ipro) dos empreendimentos.....	232
Quadro 62 – Valores de <i>benchmarking</i> para o Índice de Padronização de Vigas (Ipvi) dos empreendimentos	233
Quadro 63 – Valores de <i>benchmarking</i> para o Índice de Otimização do Formato das Sacadas (Isac) dos empreendimentos.....	233
Quadro 64 – Valores de <i>benchmarking</i> para o Índice de Sacadas Recuadas (Isar) das torres.....	233
Quadro 65 – Valores de <i>benchmarking</i> para o Índice de área com	

Piso Seco no Pavimento Tipo (Isec) das torres.....	234
Quadro 66 – Valores de <i>benchmarking</i> para o Índice de Otimização das Circulações no Pavimento Tipo (Itip) dos empreendimentos.....	235
Quadro 67 – Valores de <i>benchmarking</i> para o Índice de Área Útil no Pavimento Tipo (Iuti) das torres.....	235
Quadro 68 – Valores de <i>benchmarking</i> para o Índice de Densidade de Vigas (Ivig) das torres.....	236
Quadro 69 – Resumo com os melhores índices dos empreendimentos M, S e V.....	237
Quadro 70 – Índices relativos dos empreendimentos M, S e V.....	240
Quadro 71 – Fatores de construtibilidade dos indicadores do modelo.....	254
Quadro 72 – Definições do sistema de medição.....	290
Quadro 73 – Indicadores de desempenho conforme suas características.....	291
Quadro 74 – Indicadores conforme as 4 perspectivas.....	292
Quadro 75 – Metodologia para o estabelecimento de indicadores de desempenho.....	293
Quadro 76 – Sistema de indicadores para <i>benchmarking</i>	297
Quadro 77 – Relação entre indicadores de desenvolvimento de produtos/ processos e questionário.....	306
Quadro 78 – Relação entre indicadores de produção e manutenção e questionário.....	307
Quadro 79 – Resultados dos indicadores da conduta.....	309
Quadro 80 – Indicadores de construtibilidade para o estudo piloto.....	311
Quadro 81 – Variáveis tabeladas Ka, Kc, Ks, Kg, Kp e Ke.....	325
Quadro 82 – Variáveis tabeladas K1 e K2.....	326
Quadro 83 – Variável tabelada K3.....	326
Quadro 84 – Variáveis do empreendimento M.....	327
Quadro 85 – Levantamento da variável Ae do empreendimento M.....	334
Quadro 86 – Levantamento da variável Aq do empreendimento M.....	338
Quadro 87 – Levantamento das variáveis Pa e Ar do empreendimento M.....	338
Quadro 88 – Levantamento das variáveis Nm e NI do empreendimento M.....	339
Quadro 89 – Levantamento das variáveis Na, Nc e Nt.....	340
Quadro 90 – Variáveis do empreendimento S.....	341

Quadro 91 – Levantamento da variável Ae do empreendimento S	348
Quadro 92 – Levantamento da variável Aq do empreendimento S	352
Quadro 93 – Levantamento das variáveis Pa e Ar do empreendimento S	352
Quadro 94 – Levantamento das variáveis Nm e NI do empreendimento S	353
Quadro 95 – Variáveis do empreendimento V	355
Quadro 96 – Levantamento da variável Ae do empreendimento V	365
Quadro 97 – Levantamento da variável Aq do empreendimento V	369
Quadro 98 – Levantamento das variáveis Pa e Ar do empreendimento V	370
Quadro 99 – Levantamento das variáveis Nm e NI do empreendimento V	371
Quadro 100 – Requisitos para os níveis A e B do SiAC.....	375
Quadro 101 – Porcentagem da área do pavimento tipo ocupada pela circulação.....	377
Quadro 102 – Índice de compacidade	378
Quadro 103 – Densidade de paredes	379
Quadro 104 – Relação entre o peso de aço e a área construída	380
Quadro 105 – Relação entre o volume de concreto e a área construída.....	380
Quadro 106 – Relação entre a área de formas e a área construída.....	381
Quadro 107 – Avaliação da construtibilidade do projeto do produto.....	384
Quadro 108 – Índice de cargas por estaca.....	387
Quadro 109 – Área de influência de estaca.....	388
Quadro 110 – Índice de forma em pilar, viga e laje do pilotis... ..	389
Quadro 111 – Questionário para caracterização da conduta empresarial.....	395

LISTA DE SIGLAS

Aa	Área de cada sacada do apartamento
Ac	Área de uso comum no pavimento tipo
Ad	Área de cada dormitório do apartamento
Ae	Área equivalente total, onde a área real de cada ambiente (inclusive das garagens), deve ser multiplicada pelo seu coeficiente de equivalência
Ag	Área total de garagem
Ai	Área privativa total (sem garagens)
Am	Área impermeabilizada no pavimento tipo
Ap	Área do pavimento tipo
Aq	Área das esquadrias do pavimento tipo
Ar	Projeção da área das paredes no pavimento tipo
Ao	Área construída do empreendimento
At	Área média dos apartamentos
Cv	Comprimento das vigas
DP	Desenvolvimento de Produtos/ Processos
ESA	Modelo de avaliação do desempenho nas dimensões econômica, social e ambiental
Hp	Pé direito de piso a piso do pavimento tipo
Icma	Índice de Compacidade Considerando a Altura da Torre
Icmp	Índice de Compacidade do Pavimento Tipo
Icns	Índice de Construtibilidade Segundo os Agentes do Projeto
Icom	Índice de Otimização da Área Comum no Pavimento Tipo
Icoz	Índice de Otimização do Formato das Cozinhas
Idor	Índice de Otimização do Formato dos Dormitórios
Iecm	Índice Econômico de Compacidade do Pavimento Tipo
Iesq	Índice de Otimização das Esquadrias no Pavimento Tipo
Iest	Índice de Otimização das Áreas de Estar dos Apartamentos
Ifac	Índice de Fachada no Pavimento Tipo
Igco	Índice Geral de Construtibilidade
Igar	Índice de Otimização das Garagens
Ilaj	Índice de Área Média de Lajes
Imod	Índice de Modulação no Pavimento Tipo

Ipes	Índice de Padronização de Esquadrias
Ipil	Índice de Densidade de Pilares
Ipla	Índice de Padronização de Lajes
Ippi	Índice de Padronização de Pilares
Ipri	Índice de Área Privativa
Ipro	Índice de Avaliação do Processo Construtivo Adotado
Ipvi	Índice de Padronização de Vigas
Isac	Índice de Otimização do Formato das Sacadas
Isal	Índice de Otimização do Formato de Salas de Estar e Jantar Integradas
Isar	Índice de Sacadas Recuadas
Isec	Índice de Área com Piso Seco no Pavimento Tipo
Itip	Índice de Otimização da Tipologia das Circulações no Pavimento Tipo
Iuti	Índice de Área Útil no Pavimento Tipo
Ivia	Índice Geral de Viabilidade
Ivig	Índice de Densidade de Vigas
Ka	Relação ótima entre área equivalente e área privativa conforme quantidade de vagas de garagem por apartamento (tabelado)
Kc	Área de uso comum ótima conforme a quantidade de apartamentos por andar (tabelado)
Kg	Área da garagem ótima conforme a área privativa do apartamento
Kp	Pé direito médio dividido pelas densidades ótimas em relação ao pavimento tipo (tabelado)
Ks	Coeficiente que relaciona o custo em CUB/m ² com o padrão do empreendimento
K1	Coeficiente em função da tipologia das circulações e da área média dos apartamentos (tabelado)
K2	Coeficiente em função da tipologia das circulações e da quantidade de pavimentos tipo (tabelado)
K3	Coeficiente em função do processo construtivo adotado e da quantidade de pavimentos tipo (tabelado)
Na	Itens não se aplica do <i>check list</i> .
Nc	Número de pontos obtidos no <i>check list</i> (Anexo C), sendo 1 ponto para sim, 0,5 ponto para parcialmente e 0 ponto para não.
Ne	Número de pilares diferentes (não considerar altura) no pavimento tipo

Ng	Número de vigas diferentes (não considerar comprimento) no pavimento tipo
Ni	Quantidade de pilares considerando que pilares com 2 a 3 m de comprimento em planta contam como 1,5 pilar; pilares com mais de 3 m contam como 2 pilares; pilares em forma de L contam como 2 pilares e pilares em forma de U contam como 3 pilares
Nj	Número de lajes no pavimento tipo
NI	Número de medidas levantadas, sendo 2 medidas internas por ambiente.
Nm	Número de medidas modulares, considerando 1 ponto para medidas múltiplas do módulo + 1 cm (junta de argamassa)
Nn	Número de apartamentos por andar
No	Quantidade de esquadrias de tipos diferentes (ex: porta e janela)
Np	Número de pavimentos tipo
Nq	Quantidade de esquadrias de tipos e dimensões diferentes (ex: porta de 60, porta de 80, janela de 120, janela de 150 cm de largura)
Nr	Número de arestas no perímetro
Ns	Número de lajes diferentes (considerar apenas espessura) no pavimento tipo
Nt	Número total de itens do <i>check list</i> .
Nv	Número total de vagas de garagem
Pa	Perímetro das paredes do pavimento tipo
PBQP-H	Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat
Pc	Perímetro das paredes curvas
Pe	Somatório dos perímetros laterais recuados das sacadas em relação a projeção da torre
Pl	Somatório dos perímetros laterais tanto recuados quanto em balanço das sacadas em relação à projeção da torre
PM	Produção e Manutenção
PósARQ	Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo
Pp	Perímetro do ambiente
Pr	Perímetro das paredes retas
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
CUB	Custo Unitário Básico da construção

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	33
1.1 PROBLEMA DA PESQUISA	35
1.1.1 Pergunta de pesquisa	37
1.1.2 Pressuposto da pesquisa.....	37
1.2 JUSTIFICATIVA	37
1.3 OBJETIVOS	40
1.3.1 Objetivo geral	40
1.3.2 Objetivos específicos	40
1.4 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA	40
1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	42
1.6 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	44
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	47
2.1 PRINCIPAIS CONCEITOS	48
2.1.1 Qualidade	48
2.1.2 Desempenho	49
2.1.3 Processo de projeto.....	51
2.1.4 Racionalização construtiva.....	53
2.1.5 Construtibilidade.....	54
2.1.6 Benchmarking	57
2.2 MODELOS E ABORDAGENS DE SISTEMAS DE MEDIÇÃO DE DESEMPENHO	58
2.2.1 Modelos e abordagens de medições de desempenho relacionadas ao processo de projeto com foco na construtibilidade.....	63
<i>2.2.1.1 Indicadores de qualidade e produtividade propostos por Lantelme (1994)</i>	<i>63</i>
<i>2.2.1.2 Indicadores de qualidade e produtividade propostos por Oliveira, Lantelme e Formoso (1995).....</i>	<i>66</i>
<i>2.2.1.3 Indicadores de qualidade de projeto para edificações por Oliveira e Freitas (1996).....</i>	<i>67</i>
<i>2.2.1.4 Indicadores de racionalidade propostos por Oliveira e Freitas (2001)</i>	<i>68</i>
<i>2.2.1.5 Análise comparativa de custos entre os sistemas construtivos: concreto armado e alvenaria estrutural de Silva (2003)</i>	<i>70</i>
<i>2.2.1.6 Diretrizes para a integração dos requisitos de construtibilidade ao processo de desenvolvimento de produtos de obras repetitivas de Rodrigues (2005).....</i>	<i>72</i>
<i>2.2.1.7 Indicadores de projeto para edifícios em alvenaria</i>	

<i>estrutural de Freire (2007)</i>	77
<i>2.2.1.8 O custo das decisões arquitetônicas de Mascaró (2010)</i>	77
<i>2.2.1.9 Análise de construtibilidade de Assahi (2014)</i>	106
<i>2.2.1.10 Custos comparativos de Franco (2014)</i>	108
<i>2.2.1.11 Indicadores de arquitetura de Melhado (2014)</i>	110
<i>2.2.1.12 Referências dos últimos 10 anos</i>	111
2.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO	112
3 MÉTODO, FERRAMENTAS E TÉCNICAS	113
3.1 FASE EXPLORATÓRIA	117
3.2 FASE DE PESQUISA APROFUNDADA	119
3.3 FASE DE AÇÃO	119
3.4 FASE DE AVALIAÇÃO	126
4 DESENVOLVIMENTO DO MODELO INDICADOR DA CONSTRUTIBILIDADE A PARTIR DA ANÁLISE GEOMÉTRICA DO PROJETO	133
4.1 DIAGNÓSTICO ATRAVÉS DO MODELO ESA	133
4.1.1 Avaliação da conduta empresarial	133
<i>4.1.1.1 Caracterização da empresa</i>	133
<i>4.1.1.2 Aplicação dos indicadores para avaliação da conduta empresarial</i>	134
4.1.2 Levantamento dos indicadores de desempenho empresariais	137
4.2 VERIFICAÇÃO DAS POSSIBILIDADES DE INTERVENÇÃO	137
4.2.1 Levantamento de pontos críticos	138
<i>4.2.1.1 Custo por tarefa</i>	138
<i>4.2.1.2 Modelagem dos processos</i>	139
4.3 ESTABELECIMENTO DA INTERVENÇÃO	141
4.3.1 Indicadores de construtibilidade para o estudo piloto apresentados na bibliografia	143
4.3.2 Novos indicadores de construtibilidade para o estudo piloto	168
4.3.3 Indicadores de construtibilidade selecionados para o estudo piloto	171
5 RESULTADOS	173
5.1 IMPLANTAÇÃO DA INTERVENÇÃO	173
5.1.1 Empreendimento M	173
<i>5.1.1.1 Caracterização do empreendimento M</i>	173
<i>5.1.1.2 Levantamento de dados do empreendimento M</i>	176
<i>5.1.1.3 Aplicação da proposta de indicadores de construtibilidade</i>	

<i>no empreendimento M</i>	176
5.1.2 Empreendimento S	179
5.1.2.1 <i>Caracterização do empreendimento S</i>	179
5.1.2.2 <i>Levantamento de dados do empreendimento S</i>	181
5.1.2.3 <i>Aplicação da proposta de indicadores de construtibilidade no empreendimento S</i>	181
5.1.3 Análise dos resultados e propostas de melhorias	184
5.2 DEFINIÇÃO DO MODELO INDICADOR DA CONSTRUTIBILIDADE	194
5.2.1 Etapa do fluxo de projeto onde devem ser feitas as medições	194
5.2.2 Descrição dos indicadores, seus objetivos, variáveis e fórmulas	195
5.2.3 Periodicidade das medições	210
5.2.4 Responsáveis pelo processamento dos dados, inserção no banco de dados, análise de resultados e tomada de decisão	211
5.3 DEFINIÇÃO DE VALORES DE BENCHMARKING INTERNO	211
5.3.1 Empreendimento V	212
5.3.1.1 <i>Caracterização do empreendimento V</i>	212
5.3.1.2 <i>Levantamento de dados do empreendimento V</i>	215
5.3.1.3 <i>Aplicação do modelo indicador de construtibilidade no empreendimento V</i>	215
5.3.2 Revisão dos indicadores dos empreendimentos M e S conforme modelo definido e agrupamento dos resultados	218
5.3.3 Análise dos valores de benchmarking	220
5.3.3.1 <i>Índice Geral de Viabilidade (Ivia)</i>	220
5.3.3.2 <i>Índice Geral de Construtibilidade (Igc)</i>	220
5.3.3.3 <i>Índice de Compacidade Considerando a Altura da Torre (Icma)</i>	222
5.3.3.4 <i>Índice de Construtibilidade Segundo os Agentes do Projeto (Icns)</i>	222
5.3.3.5 <i>Índice de Otimização da Área Comum no Pavimento Tipo (Icom)</i>	222
5.3.3.6 <i>Índice de Otimização do Formato dos Dormitórios (Idor)</i>	224
5.3.3.7 <i>Índice Econômico de Compacidade do Pavimento Tipo (Iecm)</i>	227
5.3.3.8 <i>Índice de Otimização das Esquadrias no Pavimento Tipo (Iesq)</i>	227

5.3.3.9 Índice de Otimização das Garagens (Igar).....	227
5.3.3.10 Índice de Área Média de Lajes (Ilaj)	228
5.3.3.11 Índice de Modulação no Pavimento Tipo (Imod).....	229
5.3.3.12 Índice de Padronização de Esquadrias (Ipes).....	229
5.3.3.13 Índice de Densidade de Pilares (Ipil).....	230
5.3.3.14 Índice de Padronização de Lajes (Ipla)	230
5.3.3.15 Índice de Padronização de Pilares (Ippi).....	231
5.3.3.16 Índice de Área Privativa (Ipri).....	231
5.3.3.17 Índice de Avaliação do Processo Construtivo Adotado (Ipro).....	232
5.3.3.18 Índice de Padronização de Vigas (Ipvi).....	232
5.3.3.19 Índice de Otimização do Formato das Sacadas (Isac).....	233
5.3.3.20 Índice de Sacadas Recuadas (Isar).....	233
5.3.3.21 Índice de Área com Piso Seco no Pavimento Tipo (Isec).....	234
5.3.3.22 Índice de Otimização da Tipologia das Circulações no Pavimento Tipo (Itip).....	234
5.3.3.23 Índice de Área Útil no Pavimento Tipo (Iuti).....	235
5.3.3.24 Índice de Densidade de Vigas (Ivig).....	235
5.3.4 Resumo com os melhores índices.....	236
5.3.5 Painel de controle	238
6 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	249
6.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SÍNTESE DOS RESULTADOS	249
6.2 CONCLUSÕES.....	259
6.3 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	262
REFERÊNCIAS.....	265
APÊNDICE A – Modelos e abordagens de sistemas de medição de desempenho	273
APÊNDICE B – Quadros que relacionam os indicadores com as perguntas do questionário.....	305
APÊNDICE C – Avaliação dos indicadores da conduta.....	309
APÊNDICE D – Indicadores de construtibilidade selecionados para o estudo piloto.....	311
APÊNDICE E – Levantamento de dados do empreendimento M.....	327
APÊNDICE F – Levantamento de dados do empreendimento S	341
APÊNDICE G – Levantamento de dados do empreendimento V	355
ANEXO A – Requisitos do sistema de gestão da qualidade de	

PBQP-H (2012)	375
ANEXO B – Indicadores de projeto propostos por Oliveira, Lantelme e Formoso (1995).....	377
ANEXO C – Avaliação da construtibilidade do projeto do produto de Rodrigues (2005)	383
ANEXO D – Indicadores de projeto para edifícios em alvenaria estrutural de Freire (2007)	387
ANEXO E – Questionário para caracterização da conduta empresarial	395

1 INTRODUÇÃO

A construção civil possui algumas características particulares, dentre elas se destaca a quantidade de intervenientes (projetistas, construtores, usuários) buscando um único produto final. Estes intervenientes, muitas vezes, tem objetivos e prioridades diferentes, e suas decisões em relação ao projeto acabam influenciando outros fatores (prazo, qualidade, segurança, custo) não tão visíveis nas fases iniciais.

Este impacto na execução da obra, ocasionado pelas definições nas fases de projeto, precisa ser visualizado enquanto as possibilidades de interferência ainda são grandes e os custos são pequenos.

Com estas considerações, este trabalho foi elaborado de forma a mostrar como um modelo indicador pode ser desenvolvido de forma a mensurar a construtibilidade, ainda nas fases iniciais de desenvolvimento de um projeto e antes do início da execução do empreendimento.

Para isso, esta dissertação foi apresentada em nível de mestrado do Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina, na área de concentração Projeto e Tecnologia do Ambiente Construído e na linha de pesquisa Métodos e Técnicas Aplicadas ao Projeto em Arquitetura e Urbanismo.

Está direcionada às áreas de atuação e interesse dos sistemas construtivos e gestão da construção de edifícios, sob o tema indicadores de construtibilidade para medição do desempenho do processo de projeto da construção civil.

Diversos autores propõem indicadores que possam auxiliar a empresa a detectar itens em projetos que possam impactar significativamente nos prazos, custos, qualidade e segurança das obras. Como exemplo é possível citar em ordem cronológica: Oliveira (1995, 1996 e 2001), Lantelme (1994 e 1995), Formoso (1995), Freitas (1996 e 2001), Silva (2003), Costa (2005), Lima (2005), Rodrigues (2005), Barth (2005), Freire (2007), Mascaró (2010), Zucchetti (2010), Chalita (2010) e Melhado (2014), Assahi (2014) e Franco (2014).

De acordo com Oliveira e Freitas (1998) o processo construtivo pode ser dividido em 3 etapas: concepção, execução e uso. A inserção da análise do ciclo de vida ampliou esta visão, segundo Sattler e Pereira (2006): deve-se considerar desde a

extração da matéria-prima para sua construção até o descarte/reuso do produto de sua demolição. Como etapa de concepção pode-se entender também a fase de projeto da edificação. Sua importância pode ser ratificada levando em consideração que os custos do empreendimento tem de 70 a 80% dos seus valores definidos já nos projetos (SATTLER; PEREIRA, 2006).

As falhas de comunicação entre os projetistas ocorrem principalmente por eles agregarem informações em seus projetos que estão fora de seu campo de atuação. A Figura 1 ilustra este tipo de situação, onde o projetista arquitetônico toma decisões relacionadas com a estética, conforto ambiental e funcionalidade, por exemplo, mas ao mesmo tempo estas decisões impactam diretamente em outras variáveis como, construtibilidade, durabilidade e adequação ao público alvo (OLIVEIRA; FREITAS, 2001).

Figura 1 - Exemplo de impactos das tomadas de decisão com falhas de comunicação



Fonte: adaptada de Oliveira e Freitas (2001), ilustração elaborada pela autora (2014).

Muitas das residências vernaculares foram produzidas em situações de dificuldade econômica, onde era necessário otimizar ao máximo os recursos disponíveis, sendo o desperdício algo inconcebível. Já a transição do século XIX para o XX foi marcada pela especulação imobiliária, o objetivo era o maior lucro possível, onde o construtor aceitava obedecer a certas regras, desde que pudesse trabalhar com altíssimos índices de construção (MASCARÓ, 2010). Taut (1914 *apud* MASCARÓ, 2010) menciona que no início do século XX já haviam manifestos em busca de uma renovação profissional dos arquitetos, buscando que o projeto do edifício atendesse as exigências sociais e financeiras de seus habitantes.

Considerando a definição de Melhado (1994) para o termo construtibilidade, deve-se buscar orientar todas as fases de um empreendimento para a execução.

Neste contexto os indicadores de construtibilidade estão inseridos nas etapas iniciais do desenvolvimento de um novo projeto, onde é possível que os agentes tomem decisões pensando na futura execução do empreendimento, otimizando o uso de materiais e mão-de-obra, padronizando as soluções, melhorando a comunicação, dentre diversas outras vantagens que serão citadas ao longo do desenvolvimento deste estudo.

1.1 PROBLEMA DA PESQUISA

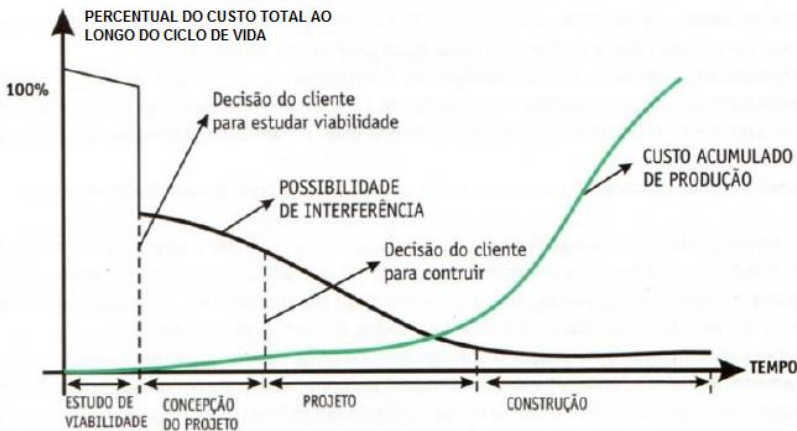
Hoje, na construtora em estudo, os projetistas trabalham com algumas diretrizes que estão mais ligadas à garantia de aprovação do projeto e à certeza de ser um sucesso de vendas do que pensando na produção, custos, prazos, qualidade e segurança da obra. Além disso, possuem certa liberdade de criação; assim é comum a tomada de decisão ser embasada apenas em função da estética do ambiente. Neste ponto esquecem que o cliente irá aceitar pagar apenas o que lhe agrega valor, por isso é importante que não se considere apenas o que o cliente deseja, mas o que ele está disposto a pagar.

Este assunto foi objeto de pesquisa de Souza (2008), que desenvolveu um modelo que auxilia as decisões mercadológicas de acordo com o estágio do ciclo de vida das famílias e com base nas teorias econômica, estatística, econométrica e algébrica. Onde analisa se o valor do imóvel está coerente com os anseios do público alvo. Segundo o autor, ao não conhecer as

aspirações dos possíveis clientes, a empresa está se submetendo a diversos riscos, tais como: comprometimento da venda, necessidade de redução no preço do imóvel e custos extras de manutenção no período de venda.

Todo o custo extra, relacionado à dificuldade de se executar uma etapa, seja em excesso de materiais empregados ou em mão de obra, senão previsto em orçamento, será pago pelos acionistas. Conforme Hammarlund e Josephson *apud* Melhado (2005), a maior chance de se reduzir falhas é nas etapas iniciais de projeto (Figura 2).

Figura 2 - Possibilidades de reduzir falhas do edifício em relação ao avanço do custo do empreendimento



Fonte: adaptada de Hammarlund e Josephson *apud* Melhado (2005).

Na Figura 2 não estão contempladas algumas das etapas do ciclo de vida do empreendimento, como manutenção e uso, por exemplo. De acordo com Sattler e Pereira (2006), a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) tem se destacado atualmente como uma ferramenta de escolha sob uma perspectiva exclusivamente ambiental. Para isso devem ser avaliados os impactos ambientais de todas as etapas de determinada atividade ou produto, desde a obtenção de matéria-prima, transporte, produção, até o uso e descarte.

Segundo Mascaró (2010), para que haja uma análise econômica correta, deve-se considerar na etapa de projeto a soma dos custos de construção, manutenção e uso (atualizados

no tempo) para a vida útil do edifício. No entanto, o estudo sobre custos de manutenção e uso no Brasil tem se mostrado precário, não se tendo um mínimo conhecimento, ainda que aproximado, sobre estes valores (MASCARÓ, 2010).

Ainda que as demais etapas estejam cada vez mais impactando nas decisões tomadas em projeto, o foco deste trabalho será na construtibilidade, que busca orientar as etapas para a execução do empreendimento, deixando a perspectiva ambiental a cargo da Avaliação do Ciclo de Vida.

No decorrer do estudo será possível verificar que a construtora analisada já possui diversos indicadores de desempenho empresariais, alinhados com suas estratégias e que avaliam mensalmente o seu desempenho, auxiliando a tomada de decisão da empresa como um todo. Ainda que estes indicadores possam ser melhorados, o decorrer deste estudo demonstra que já é possível que a empresa evolua, definindo indicadores que possam ser utilizados em cada setor na busca de objetivos mais específicos.

1.1.1 Pergunta de pesquisa

Sendo assim, foi possível definir a pergunta de pesquisa: como criar um modelo que indique a construtibilidade a partir da análise geométrica dos projetos?

1.1.2 Pressuposto da pesquisa

O pressuposto que norteia o desenvolvimento desta pesquisa é: A construtibilidade pode ser medida através da implementação de um modelo indicador definido por meio de pesquisa bibliográfica, *bechmarking* e pela criação de novos indicadores que se adequem às necessidades da construtora.

1.2 JUSTIFICATIVA

O estudo foi desenvolvido juntamente com uma construtora e incorporadora do norte do estado de Santa Catarina que hoje contrata seus projetos de terceiros - uma prática comum em empresas deste tipo, principalmente com a dificuldade de se criar um setor com uma equipe que possua capacidade de atender a demanda com qualidade.

Este tipo de decisão pode trazer vários benefícios, como a delegação da gestão dos projetos contratados às empresas projetistas, a maior especialização dos profissionais, a possibilidade de contratar mais empresas em picos de demanda e também a não necessidade de dispensar profissionais em épocas com poucos lançamentos.

Isso acontece, pois a construção civil possui uma característica particular: uma grande quantidade de intervenores como, construtores, projetistas e usuários, com diferentes culturas e objetivos buscando um único produto final. Desta forma são comuns falhas de comunicação entre os participantes de uma determinada etapa (OLIVEIRA; FREITAS, 1998).

Grande parte das decisões tomadas na etapa de projeto irá impactar diretamente no custo, prazo, qualidade da obra e possivelmente na satisfação do cliente. Exemplos disso são:

- a) excessos de recortes em fachadas, que além de aumentarem a quantidade de material empregado, aumentam o custo da mão de obra e o tempo de execução;
- b) quantidade de paredes no pavimento: é possível desenvolver um projeto com um bom aproveitamento das paredes, otimizando sua espessura e os recortes, diminuindo assim quantidade de alvenaria, reboco, revestimentos e, conseqüentemente, todos os custos e prazos ligados a estas etapas, além disso, uma boa distribuição irá impactar em menos área de circulação e em menos peso na estrutura;
- c) robustez da estrutura: muitos projetistas são mais ousados e conseguem trabalhar com estruturas mais esbeltas, economizando material e diminuindo as cargas na fundação; quando o projetista não faz esta otimização, esta perda pode ser conceituada como perda por superprodução e já pode estar embutida desde a fase de projeto (SHINGO, 1981).

Fica claro, mediante o exposto, a importância de se levantar os dados presentes nos projetos, com indicadores que envolvam impactos no custo, prazo, qualidade e segurança quanto à satisfação dos clientes.

Na construtora em estudo, não só os projetos são contratados de terceiros, mas a mão de obra também. Quase a

totalidade dos serviços é feita por empreiteiros. Desta forma fica a cargo deles controlar a quantidade de mão de obra necessária.

Por isso, é necessário que o máximo possível dos processos estejam consolidados, deixando a cargo da obra apenas executá-los e não mais tomar decisões.

Para isso os projetos elaborados devem satisfazer as necessidades do empreendimento e da edificação, embasando as demais etapas do processo de produção com soluções e especificações que permitam o atingimento de melhores índices de produtividade nos processos e de qualidade nos produtos (NOVAES, 1998).

Segundo a proposta de Galdamez (2007) a medição de desempenho, bem como a inovação contínua podem ser largamente aplicadas para promover ações de melhorias vinculadas aos objetivos estratégicos e assim, monitorar os resultados.

Lantelme (1994, p. 97), ao final de um estudo sobre indicadores de qualidade e produtividade para a construção civil, sugere o desenvolvimento de novas pesquisas, sendo necessário:

(...) desenvolver diagnósticos em empresas de construção civil, em áreas específicas, utilizando-se os indicadores propostos ou ampliando-os segundo as necessidades das empresas, utilizando as informações para realizar intervenções e avaliando os progressos alcançados.

Apesar de a bibliografia apresentar diversos sistemas de medição prontos, a cultura das empresas, tipo de produto, processos, custo de gestão destes processos, estrutura organizacional, dentre diversos outros fatores, influenciam na implantação de qualquer tipo de programa de melhoria. Um sistema de indicadores é um exemplo disto, onde o mesmo deve ser adequado a cada realidade (LANTELME, 1994). Com esta consideração é possível ratificar a importância deste estudo, que demonstra as intervenções e os resultados da implantação de um sistema de indicadores de construtibilidade, sendo uma referência de como uma construtora pode embasar sua tomada de decisão em fatos e dados nos níveis operacionais e específicos dos processos de cada setor.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Desenvolver modelo para implementação de indicadores de construtibilidade a partir da análise geométrica do projeto.

1.3.2 Objetivos específicos

Para que o proposto neste estudo fosse alcançado, foi necessário atingir metas mais específicas:

- a) gerar conhecimento das atividades da construtora, para definir as possibilidades de intervenção e aumentar a possibilidade de alcançar os objetivos;
- b) desenvolver indicadores para os projetos arquitetônico e estrutural, produzindo informações para as tomadas de decisão;
- c) desenvolver medidas de *benchmarking* para estes indicadores.

Com os objetivos atingidos acredita-se ser possível avaliar a construtibilidade dos projetos arquitetônico e estrutural antes mesmo da aprovação do projeto na prefeitura, da elaboração dos projetos complementares, do desenvolvimento do orçamento da obra, dentre diversas outras tarefas subsequentes. Assim o modelo deve propiciar à construtora a possibilidade de intervenção antecipada evitando retrabalhos.

1.4 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA

A proposta é que a intervenção para medição de indicadores seja feita nas etapas iniciais do projeto, antes de sua aprovação na prefeitura, pois após a aprovação, as possibilidades de intervenção para melhoria diminuem muito. No entanto, nesta fase, geralmente estão disponíveis apenas o anteprojeto arquitetônico e eventualmente algumas formas do projeto estrutural, por isso o foco do trabalho foi nestes dois projetos e nas informações disponíveis nesta fase do fluxo, trabalhando com os dados de um projeto conceitual, anterior ao projeto legal.

Os projetos de instalações foram deixados de lado neste estudo, pois a maior parte de seus custos está diretamente

ligados a quantidade de banheiros, cozinhas e elevadores, por exemplo; e não ao caminharmento e material das instalações.

A metodologia proposta foi aplicada nesta construtora, de forma que os resultados que serão apresentados são todos referentes à ela, aos seus funcionários, à sua estrutura organizacional, aos seus projetistas e empreiteiros terceirizados.

O levantamento de dados, projetos e demais informações da construtora são todos referentes ao ano de 2014. Neste estudo foram analisados projetos para empreendimentos em estrutura convencional de concreto armado com alvenaria de vedação.

No estudo foi aplicado o Modelo ESA de Librelotto (2005) para realizar parte do diagnóstico, a fim de se ter um maior conhecimento das condutas (estratégicas) e de desempenho da empresa, embasando assim as definições das intervenções. Pois com estas informações foi possível verificar as possibilidades de atuação através do conhecimento da realidade da empresa.

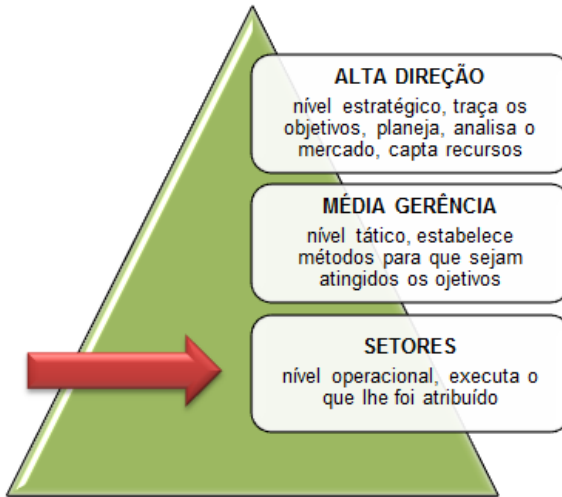
Em relação à conduta empresarial, foram avaliados apenas os indicadores relacionados com este estudo: Desenvolvimento de Produtos/ Processos (DP) e Produção e Manutenção (PM).

O desempenho é avaliado pela construtora através de indicadores estabelecidos por ela mesma e tais indicadores serão citados no decorrer do trabalho. Não serão feitas análises em relação à estes indicadores, pois a autora não teve acesso as proposições e metodologias que determinaram suas fórmulas, variáveis, resultados e metas.

Não serão avaliados os choques e as pressões da estrutura industrial abordados por Librelotto (2005), pois a avaliação dos choques representa uma situação momentânea e que está sempre em processo de transformação. Já a avaliação das pressões da estrutura industrial representa uma caracterização da indústria da construção civil, que não faz parte do objetivo deste trabalho.

A definição das intervenções terá como base a capacidade da autora de desenvolver a pesquisa-ação, que ocorreu em nível setorial (Figura 3). Segundo Thiollent (1988), este tipo de metodologia é definido quando a pesquisa busca a resolução de problemas ou tem um objetivo de transformação, com uma ação planejada de aspecto social, educacional ou técnico, por exemplo.

Figura 3 – Proposta de intervenção em nível setorial



Fonte: da autora (2015).

Na elaboração do modelo indicador da construtibilidade foi dada ênfase para a questão econômica, pois ela representa vários aspectos relacionados à construtibilidade, ainda que em muitos casos isto ocorra indiretamente. Por exemplo, é comum que a mão de obra cobre mais para revestir requadros em paredes, pois quanto mais recortada a alvenaria, mais tempo isso tomará do executor; ele também gastará mais material, pois ele deve garantir esquadro, planicidade, prumo de dois planos ao mesmo tempo.

1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O processo de pesquisa foi feito através de uma parceria entre uma construtora e incorporadora do norte do Estado de Santa Catarina (da qual a autora foi funcionária e atuou em obra e no setor de pesquisa e desenvolvimento) e o Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo (PósARQ) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), no qual a autora ficou responsável pela coleta de dados. Sutton e Staw (1995 *apud* HIROTA et al., 2000) afirmam que pode haver uma

maior contribuição quando o pesquisador está envolvido com o problema real.

A empresa em questão possui cerca de 8 anos de atuação, conta com aproximadamente 150 funcionários diretos com foco na construção de empreendimentos residenciais multifamiliares na região norte do Estado de Santa Catarina. Considerando os empreendimentos entregues e em construção, é possível somar 275 mil metros quadrados de área construída.

Segundo Hirota et. al. (2000) as estratégias de pesquisa estudo de caso e pesquisa-ação são abordadas nos casos em que o pesquisador não se restringe a um contato impessoal com o objeto de pesquisa, interagindo com os processos e indivíduos, onde o método da pesquisa-ação é uma estratégia indicada para projetos em que se deseja alguma mudança na organização, processo, grupo ou no indivíduo.

De acordo com Benbasat, Goldstein e Mead (1987) um estudo de caso ocorre quando o pesquisador é apenas um investigador ou observador. No entanto quando há participação para implementação de um sistema, não sendo o pesquisador apenas um observador independente, e sendo o processo de mudança seu objeto de pesquisa, o estudo é considerado uma pesquisa-ação.

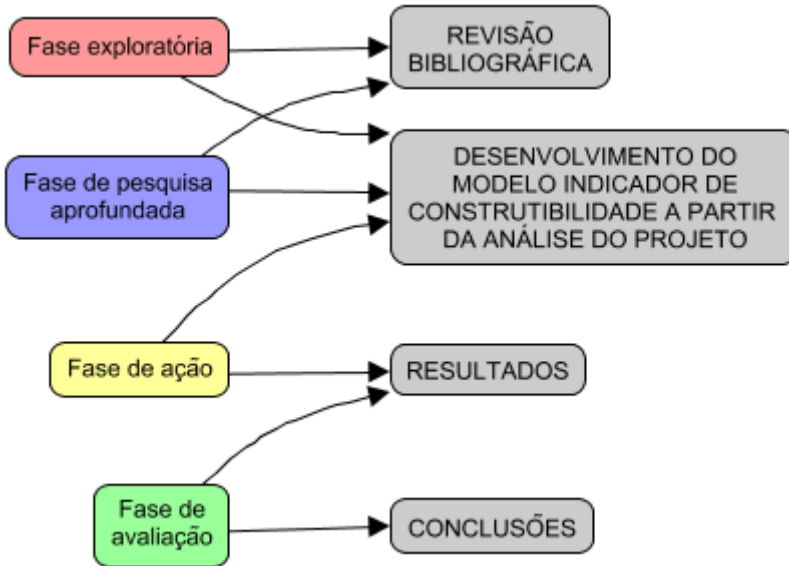
Thiollent (1997), Susman e Evered (1978) *apud* Hirota et al. (2000, p. 7) apontam as 4 fases da pesquisa-ação, onde as mudanças na organização são decorrentes do processo de aprendizagem:

- a) a fase exploratória, na qual os pesquisadores e alguns membros da organização começam a detectar os problemas, os atores, as capacidades de ação e os tipos de intervenção;
- b) a fase de pesquisa profundada, na qual a situação é pesquisada por meio de diversos tipos de instrumentos de coletas de dados que são discutidos e progressivamente interpretados pelos grupos que participam;
- c) a fase de ação, que consiste, com base nas investigações em curso, em difundir os resultados, definir objetivos alcançáveis por meio de ações concretas, apresentar propostas que devem ser negociadas

- entre as partes interessadas;
- d) a fase de avaliação, que tem por objetivos: observar, redirecionar o que realmente acontece e resgatar o conhecimento produzido no decorrer do processo.

Sendo assim, para esta pesquisa as fases citadas acima foram realizadas conforme ilustrado na Figura 4. É importante salientar que esta não é uma estrutura rígida, isto é, muitos destes itens foram sendo desenvolvidos paralelamente. As etapas da pesquisa serão esclarecidas em detalhes ao longo da dissertação.

Figura 4 – Etapas do trabalho dentro do método de pesquisa utilizado



Fonte: da autora (2014).

1.6 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A dissertação aqui apresentada está dividida em 6 capítulos principais. O primeiro deles, denominado Introdução, é composto pela justificativa, pelo problema da pesquisa, pelos seus objetivos e delimitações, bem como a metodologia utilizada

em seu desenvolvimento e um breve resumo de sua estrutura (aqui descrita).

O segundo capítulo é composto pela revisão bibliográfica, onde foi dado o embasamento teórico ao trabalho. Nela estão foram estudados os principais conceitos e foi feita uma busca sobre os principais estudos de autores que são referência no assunto.

No terceiro capítulo foi feito o detalhamento da metodologia utilizada conforme as fases propostas pela bibliografia e que foram utilizadas neste estudo.

No quarto capítulo é apresentado o desenvolvimento do modelo de indicadores. Neste item é apresentada a aplicação prática da teoria estudada. Dele fazem parte: o diagnóstico da construtora, com sua caracterização, avaliação das condutas, levantamento de seus indicadores de desempenho; a verificação das possibilidades de intervenção, com o levantamento dos pontos críticos de custos e modelagem dos processos de projeto da empresa; o estabelecimento de qual será a intervenção realizada com uma proposta de indicadores de construtibilidade a serem aplicados em estudo piloto.

No quinto capítulo são apresentados os resultados, com a implantação da intervenção em um estudo piloto, com a caracterização de 2 empreendimentos, levantamento de seus dados, aplicação dos indicadores e uma análise dos resultados com propostas de melhorias. Com isso o Modelo Indicador de Construtibilidade foi definido, com a especificação das etapas de intervenção, definição de objetivos, fórmulas, variáveis, periodicidade das medições e responsáveis pelo processamento de dados, análise de resultados e tomada de decisão. Em seguida foram definidos valores de benchmarking interno, com a revisão dos indicadores dos 2 primeiros empreendimentos e a aplicação em um terceiro.

O sexto capítulo apresenta as conclusões, com um resumo dos resultados obtidos em relação aos objetivos propostos, recomendações para trabalhos futuros e a importância do uso dos indicadores como diretrizes de projeto.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No início do século XX já havia a preocupação de que os projetos deveriam atender às exigências sociais e financeiras das pessoas que habitariam as edificações (MASCARÓ, 2010). Agregou-se a estas variáveis a necessidade da sustentabilidade: deve-se alcançar a racionalização e economia, as necessidades sociais de todos os envolvidos devem ser atendidas bem como deve-se minimizar os impactos ambientais.

De acordo com Melhado (1994) o projeto deve ser definido como parte da construção, pois nele é que são transmitidas as características físicas e tecnológicas que devem ser consideradas na fase de execução.

A NBR 13531 (ABNT, 1995) define que os projetos devem determinar e representar os atributos funcionais, formais e técnicos da edificação. Desta forma um projeto deveria abranger o produto como um todo, detalhando deste as etapas de execução, detalhes de fixação, processos executivos, tipos de acabamento, especificações de materiais, dimensões, sentido de abertura de portas, utilização, finalidade dos ambientes, função dos dispositivos medidores, entre outros. Justamente com o objetivo de atender às exigências dos usuários foi criada a NBR 15575 (ABNT, 2013), que descreve sobre os quesitos que devem ser seguidos em edifícios habitacionais, estes envolvem desde o empreendimento em geral como estrutura, pisos, vedações verticais, coberturas e sistemas hidrossanitários.

Souza *et al.* (1994) afirmam também que as soluções definidas em projetos refletem em todo o processo, interferindo inclusive na qualidade do produto.

Lantelme (1994), em sua pesquisa bibliográfica observou que, já nesta época haviam várias experiências na implantação de programas de melhorias na qualidade e produtividade, redução de desperdícios, racionalização, atuando em todas as fases do processo construtivo.

No entanto, Castells e Heineck (2001) levantam algumas características particulares do fluxo de projetos que impactam diretamente em todas as demais fases de um empreendimento:

- a) imposições do mercado e competitividade entre empresas determinam o *layout* do pavimento tipo, bem como a utilização do coeficiente máximo de aproveitamento do terreno;

- b) o que deixa poucas possibilidades de arranjo, tecnologias e sistemas construtivos para solucionar esta tipologia;
- c) divisão do fluxo de projetos em duas etapas: a primeira dita como de desenvolvimento global, estratégico e qualitativo e a segunda sendo específica, tática e quantitativa;
- d) diferentes agentes intervenientes, objetivos e resultados esperados em cada uma destas duas etapas;
- e) possibilidade de aplicar o conceito de engenharia simultânea ao processo de projeto apenas na segunda etapa.

Estas considerações são comuns nas empresas construtoras e afetam significativamente sua execução. A necessidade de se construir a maior área permitida para determinado terreno, diminui espaços de canteiro e torna a arquitetura mais complexa, por exemplo. Impactando em um aumento na dificuldade de se executar todos os demais projetos. A divisão no fluxo de projetos faz com que a fase de elaboração do projeto conceitual tenha grande participação do setor comercial e pouca ou nenhuma da engenharia. Onde a fase inicial é determinante para um empreendimento, pois são poucas as possibilidades de intervenção após sua aprovação na prefeitura.

Para um melhor entendimento, serão tratados os principais conceitos relacionados aos modelos e abordagens para melhorias no setor de gestão da qualidade do projeto nas empresas construtoras, apresentados nos tópicos seguintes.

2.1 PRINCIPAIS CONCEITOS

2.1.1 Qualidade

Para definição do termo será utilizado o conceito de Tironi et al. (1991) por relacioná-lo diretamente com os indicadores. Os autores conceituam qualidade como a otimização do uso de recursos e dos esforços em busca por resultados relacionados principalmente com a satisfação do cliente. Desta forma, sugerem 3 dimensões de medição da qualidade através de indicadores: qualidade do processo, qualidade do serviço prestado e qualidade da organização (gestão).

A qualidade do processo está relacionada à eficiência na execução das atividades, se são executadas no momento e com

a duração correta e se estão adequadas aos resultados esperados (TIRONI et al., 1991).

Já a qualidade do serviço prestado está mais relacionada à eficácia, através da capacidade de suprir ou melhorar uma necessidade, assim neste item é importante que se meça a maneira como o cliente sentiu a satisfação das suas necessidades (TIRONI et al., 1991).

A qualidade da organização é definida pela eficácia com que todos os processos da empresa interagem entre si, dependendo diretamente dos 2 termos definidos acima, mas podendo ter indicadores próprios (TIRONI et al., 1991).

Assim os autores mencionam por fim a qualidade total como uma postura da organização e não como uma característica da qualidade, assim todos os agentes envolvidos no processo devem estar comprometidos com a qualidade, buscando uma melhoria permanente e não como muitos pensam, que todos os problemas de qualidade devem ser solucionados ao mesmo tempo (TIRONI et al., 1991).

Já em relação ao termo qualidade relacionado com projeto, Melhado (1994) define que o objetivo deva ser atender às necessidades do cliente, usuário e construtor, atendendo seus interesses e eliminando conflitos entre eles. Souza e Melhado (1996) comentam sobre a evolução deste conceito, que deixou de ser o cumprimento de requisitos para se relacionar com as características superiores de determinado produto (desde o projeto), estando vinculado assim com o desempenho, melhoria contínua dos processos e satisfação das necessidades do cliente.

2.1.2 Desempenho

Matitz e Bulgacov (2011) basearam-se em diversos modelos para desenvolver um modelo multidimensional de análise do conceito de desempenho organizacional. Este modelo multidimensional permite a possibilidade de visualização de diversas alternativas no que diz respeito à conceituação. Os autores também utilizam o termo efetividade organizacional para representar o desempenho, segundo eles é comum a utilização de medidas muito restritas para definição do vocábulo.

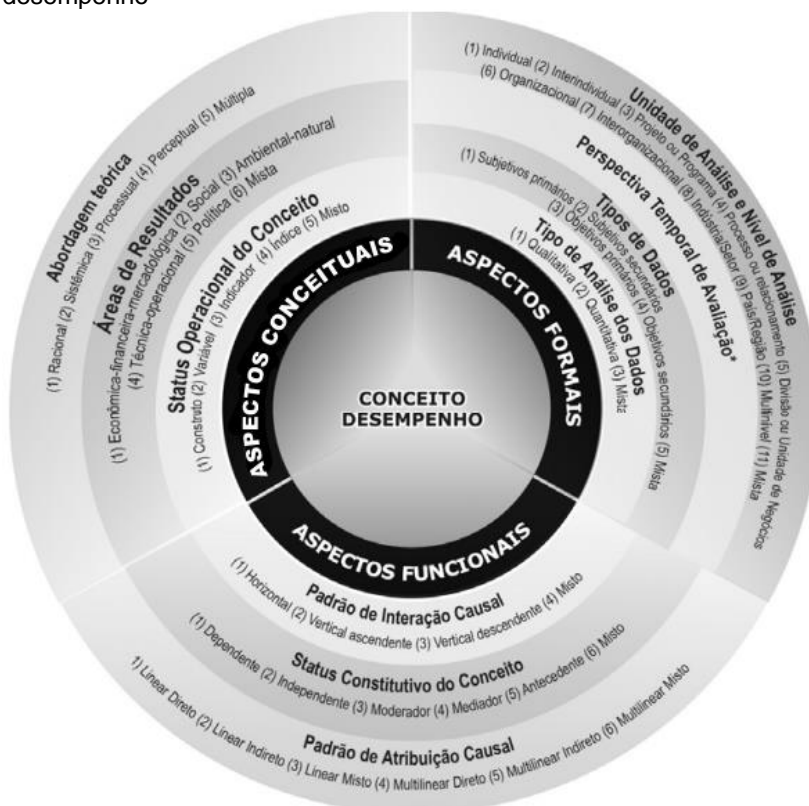
Em sua busca encontraram diversas definições e classificações, que podem variar conforme suas dimensões de

conceito e método, isto é, depende do ponto de vista da parte interessada, da classe de medida (econômica, estratégica, social, entre outras), referência (absoluta ou relativa), tempo (estática ou dinâmica), onde será feita a análise (empresa, país, segmento...), tipo de abordagem, estrutura de indicadores, dentre outros.

Com base nas relações já existentes, na proposição de novos elementos e relações baseados em análises de pesquisas bibliográficas, Matitiz e Bulgacov (2011) apresentam o modelo representado na Figura 5.

Cavalcante e De Negri (2011) mencionam em seu estudo até mesmo a utilização de indicadores de inovação como uma medida de desempenho, isto através da relação entre os gastos com Pesquisa e Desenvolvimento e Receita Líquida de Vendas.

Figura 5 – Modelo multidimensional de análise do conceito de desempenho



Fonte: Matitz e Bulgacov (2011).

2.1.3 Processo de projeto

Segundo Mayr (2007) há um consenso de que diversas definições de projeto irão impactar no desempenho da obra, daí a importância do processo de projeto. A maior discussão está inserida na modelagem do processo, esta que deve indicar as interfaces entre etapas especialidade dos profissionais e encadeamento das atividades, isto é, a melhoria do projeto é apenas uma consequência do gerenciamento de seu processo (desde que formalizado).

Souza e Melhado (1996) afirmam que o objetivo de um projeto é deixar clara a solução de determinada tecnologia

construtiva, envolvendo especificações e detalhes do produto, onde a racionalização construtiva e as condicionantes de construtibilidade (definidas adiante) já devem fazer parte do processo, apresentando assim um projeto com processo de produção definido e que garanta o atingimento dos resultados esperados.

Outro grande problema evidenciado é a fragmentação do projeto de acordo com especialidades, indo contra a abordagem de engenharia simultânea, onde os projetos devem ser desenvolvidos paralelamente, com integração entre os agentes envolvidos e concepção orientada para o ciclo de vida do produto (MAYR, 2007).

Melhado (1994) já fazia esta afirmação ao mencionar que deve haver uma integração entre o projeto e a produção, onde o projeto é elaborado pensando na produção, na qualidade e no desenvolvimento tecnológico. Desta forma o processo de projeto não é composto apenas pelos projetistas, mas também por agentes que possam agregar algo ao projeto, desde sua concepção inicial até sua execução¹. O autor também enfatiza a necessidade de uma etapa de análise crítica do projeto. No Quadro 1 está apresentado um resumo conceitual das expressões racionalização construtiva e construtibilidade, que foram detalhadas de forma mais aprofundada.

Para Cambiaghi e Amá [20--] os projetos de arquitetura são um ponto de partida, que deve envolver os projetistas de outras especialidades, para que os vários sistemas do empreendimento sejam consolidados antes da aprovação nos órgãos legais.

¹ Hoje em dia esta situação tem se tornado ainda mais abrangente. Com a introdução da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), a obtenção de matéria-prima, transporte, produção, uso e descarte passam a fazer parte do processo (SATTLER; PEREIRA, 2006)

Quadro 1 – Principais elementos conceituais de desenvolvimento tecnológico, racionalização e construtibilidade

	Principais elementos conceituais	Relacionamento com a etapa de projeto
Desenvolvimento de tecnologia construtiva	- pesquisa; - inovação tecnológica; - integração entre as empresas, as universidades e os institutos de pesquisa.	Introdução de mudanças na metodologia de projeto para viabilização de inovações.
Racionalização construtiva	- otimização do emprego de recursos; - organização dos setores da empresa; - organização da produção; - redução de custos e desperdícios.	Adoção de medidas de racionalização desde as primeiras fases do projeto.
Construtibilidade	- uso do conhecimento de construção em todas as etapas do empreendimento; - simplificação e otimização das atividades de execução.	Orientação do projeto à execução.

Fonte: Melhado (1994).

2.1.4 Racionalização construtiva

Melhado (1994) levanta definições de diversos autores para o termo racionalização construtiva. Estas definições convergem ao mencionar que se trata de um instrumento que auxilia na evolução dos processos construtivos em busca da melhoria da qualidade, através da otimização de diversos fatores como: econômicos, de produtividade, de custos e de qualidade, diminuindo desperdícios, melhorando os resultados, através de processos mais eficientes.

Melhado (1994) afirma que a racionalização construtiva pode ser implementada através da utilização de sistemas de

informação, estes feitos com base na documentação e revisão da tecnologia construtiva que está em prática na empresa, coletando e atualizando dados, constituindo assim um banco de tecnologia construtiva que se torna uma importante ferramenta na obtenção da qualidade. Segundo a pesquisa do autor, a melhor fase para se buscar a racionalização é na etapa de projeto, devido ao seu grande poder de impacto.

Souza e Melhado (1996) comentam que a racionalização construtiva é um pré-requisito para o desenvolvimento tecnológico, melhorando a qualidade e conseqüentemente a competitividade da empresa.

2.1.5 Construtibilidade

A construtibilidade pode ser tratada em diversos níveis, desde a análise do empreendimento como um todo até nos menores detalhes de sua execução (nível macro e micro). Em seu estudo Melhado (1994) buscou diversas definições para o termo construtibilidade. De forma geral é possível dizer que se trata da utilização do conhecimento e da experiência dos profissionais para orientar todas as etapas de um empreendimento para a execução, atingindo seus objetivos globais. Com uma otimização total do empreendimento, a facilidade de execução, melhora da comunicação, gerenciamento de obra mais eficaz e otimização do uso de recursos serão uma conseqüência da aplicação do conceito de construtibilidade nas etapas anteriores.

Para Oliveira (1994) *apud* Amancio (2010, p. 73) a definição de construtibilidade é:

A ótima utilização da experiência e do conhecimento de construção e planejamento, engenharia, aquisições e operações de campo para alcançar os requisitos gerais para a construção concluída.

As diretrizes de construtibilidade podem ser inseridas em diversas etapas do processo de um empreendimento, vinculando as etapas de projeto e de produção, utilizando até mesmo empreendimentos reais como exemplos de estudo de caso (MELHADO, 1994).

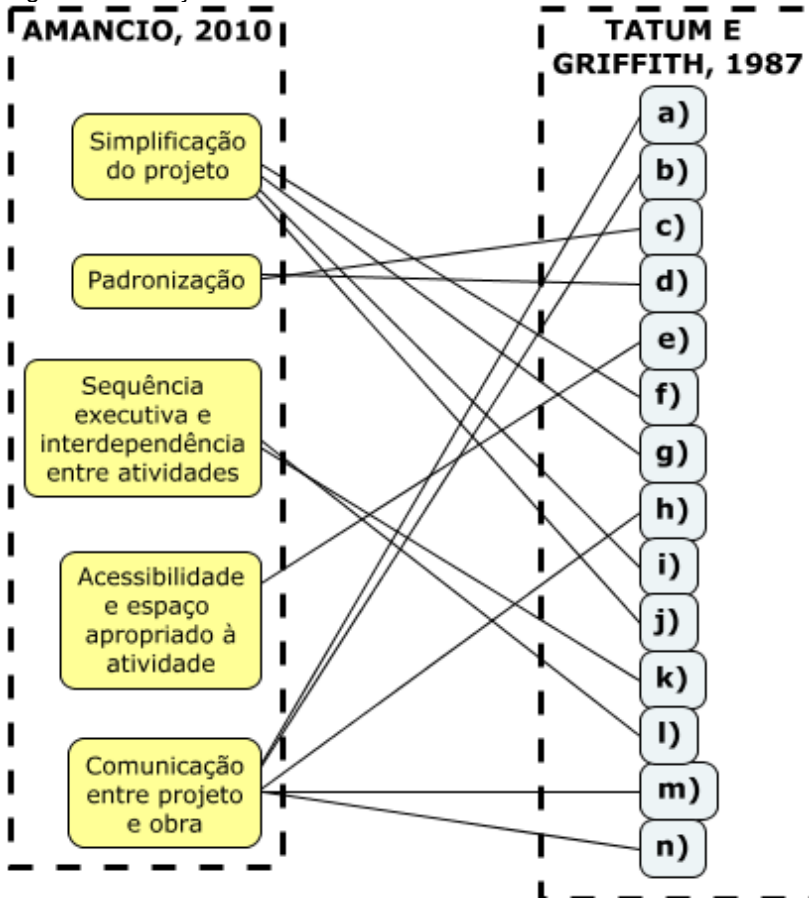
Alguns fatores podem afetar a construtibilidade de um empreendimento, como: simplificação do projeto, padronização, sequência executiva, interdependência entre atividades, acessibilidade e espaço apropriado à atividade, comunicação entre projeto e obra (OLIVEIRA, 1994 *apud* AMANCIO, 2010).

Tatum (1987) e Griffith (1987) *apud* Melhado (1994) mencionam diversas ações e características da utilização do conceito de construtibilidade, onde o projetista deve considerar principalmente o como é executado e não somente o que será executado:

- a) cronogramas de projeto compatíveis com as necessidades da execução;
- b) desenvolvimento do projeto levando em consideração os métodos construtivos possíveis de serem utilizados e a eficiência na execução;
- c) padronização das informações, como os elementos do projeto por exemplo;
- d) utilização de elementos pré-moldados, pré-montados e modulares;
- e) acessibilidade de pessoas, materiais e equipamentos na obra (gerenciamento do canteiro), considerada já na etapa de concepção do projeto;
- f) favorecimento da execução mesmo em condições climáticas desfavoráveis;
- g) não aceitação de elementos e métodos construtivos desnecessários, que possam tornar a execução complexa, reduzindo sua eficiência;
- h) comunicação eficaz das intenções do projeto;
- i) otimização no uso de recursos considerada já na fase de concepção do projeto;
- j) utilização de detalhamentos simples nos projetos, que facilitem a execução;
- k) diminuição das interfaces entre os serviços pensada já na fase de projeto;
- l) simplicidade da sequência de execução como diretriz na elaboração dos projetos;
- m) flexibilidade nas especificações dos componentes quanto a aspectos comerciais;
- n) aumento do nível de precisão das operações de construção já definidos em projeto.

Na Figura 6 foi apresentada a relação entre os fatores de Oliveira (1994 *apud* AMANCIO, 2010) e Tatum e Griffith (1987, *apud* MELHADO, 1994), conforme alíneas relacionadas anteriormente. Muitas vezes esta relação acontece de forma indireta ou de forma mais abrangente do que o apresentado na figura.

Figura 6 – Relação entre conceitos de construtibilidade



Fonte: adaptado de Oliveira (1994 *apud* AMANCIO, 2010) e Tatum e Griffith (1987, *apud* MELHADO, 1994), ilustração elaborada pela autora (2015).

2.1.6 Benchmarking

Benchmarking é um processo para mudar os processos da empresa, de forma a se obter um melhor desempenho e atingindo assim uma vantagem competitiva. Desta forma o estabelecimento de metas mais realistas e que busquem uma melhoria contínua faz com que a organização entre em processo de orientação em busca das práticas necessárias para o atingimento da meta (CAMP, 1997).

Segundo Spendolini (1993 *apud* COSTA et al., 2007) *benchmarking* é a avaliação de produtos, serviços e processos de trabalho de empresas que tem as melhores práticas, na busca pela melhoria da própria organização. O Quadro 2 mostra mais algumas definições para o termo.

Quadro 2 – Definições de *benchmarking*

<i>Benchmarking</i> é	<i>Benchmarking</i> não é
<ul style="list-style-type: none"> - um processo contínuo; - um processo de investigação que fornece informações valiosas; - um processo de aprendizado com os outros, uma busca pragmática de ideias; - um processo que leva tempo e dá trabalho, exigindo disciplina; - uma ferramenta viável que fornece informações úteis para melhorar praticamente qualquer atividade de negócios. 	<ul style="list-style-type: none"> - um evento que ocorre uma única vez; - um processo de investigação que fornece respostas simples; - cópia, imitação; - rápido e fácil; - uma novidade, uma moda.

Fonte: adaptado de Spendolini (1993 *apud* COSTA et al., 2007).

O *benchmarking* faz com que a definição das metas seja baseada em uma orientação externa, já que a utilização de valores de base interna e históricos geralmente não acompanham as rápidas mudanças no mercado e conseqüentemente não atendem às expectativas dos clientes, pois os mesmos costumam se basear nos melhores fornecedores e nas melhores experiências. Portanto, o maior ganho que se pode ter com a utilização do *benchmarking* é o atingimento de níveis de desempenho que atendam plenamente às expectativas dos clientes (CAMP, 1997)

É importante que fique claro que as melhores práticas das outras empresas devem ser adaptadas para cada instituição com criatividade. Desta forma o *benchmarking* se torna um aprendizado para que a organização possa manter o foco, sem perder tempo discutindo o que deve ser feito (CAMP, 1997).

2.2 MODELOS E ABORDAGENS DE SISTEMAS DE MEDIÇÃO DE DESEMPENHO

Lantelme, Oliveira e Formoso (1995) já propunham a avaliação do desempenho das construtoras através de indicadores. Estes eram separados de acordo com sua finalidade, como por exemplo: racionalidade dos projetos, segurança, não conformidades, qualidade das relações trabalhistas, satisfação dos clientes, qualificação da mão de obra, desperdício e produtividade, entre outros.

Neste contexto, os indicadores são uma forma de medição de desempenho que, segundo Formoso, Lantelme e Oliveira (1995), é intrínseca ao processo de gestão da qualidade, de maneira a servir de suporte para planejamento, solução de problemas, tomada de decisões, melhorias, controles e motivação das equipes.

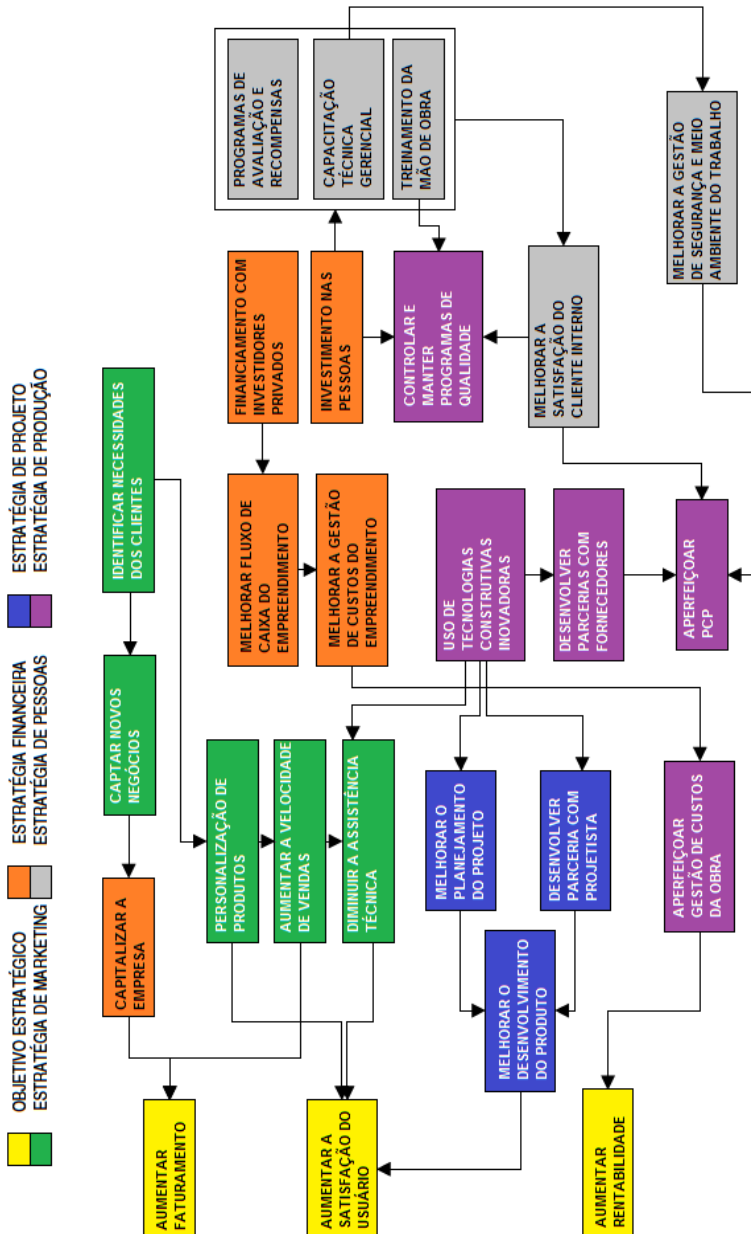
Librelotto (2005, p. 4) define indicadores como:

Relação matemática fruto de verificação qualitativa ou quantitativa, resultando em uma medida quantitativa, que possibilita identificar entradas, estado do processo, resultado, saídas e impactos de ações, através de metas numéricas preestabelecidas.

De acordo com Costa et al. (2005), muitas vezes os indicadores de desempenho não estão alinhados com os processos gerenciais da organização, sendo esta uma das principais deficiências na medição do desempenho. Para facilitar esta correlação Costa (2003) propõe a utilização de mapas de explicitação das estratégias, conforme exemplo da Figura 7, que busca alinhar o processo de negócio com cada setor da empresa. Na estratégia de projeto estão relacionados itens como

contratação dos projetistas, conteúdo e planejamento dos projetos, além de parcerias com projetistas e fornecedores.

Figura 7 - Mapa de explicitação das estratégias

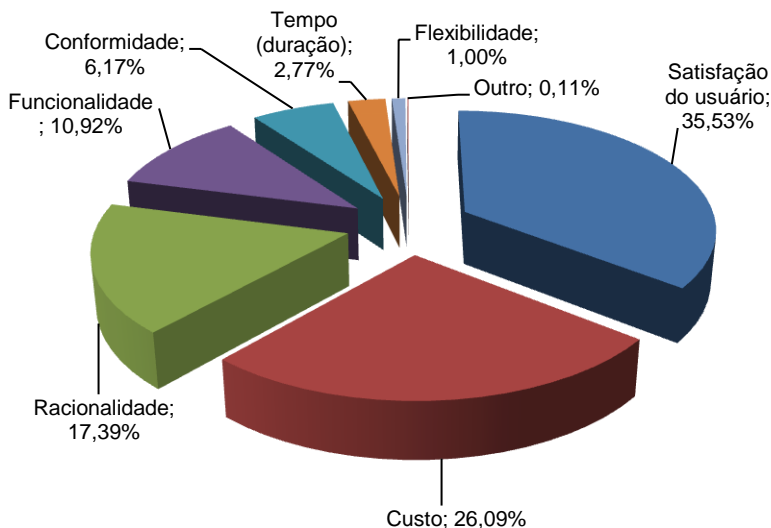


Fonte: Costa (2003).

É importante fazer algumas ressalvas em relação à Figura 7, pois se algumas estratégias forem pensadas apenas como produção, não terão grandes resultados. Por exemplo, o aperfeiçoamento da gestão de custos da obra e a utilização de tecnologias construtivas inovadoras já devem ser analisadas na fase de projeto, pois é onde existe a maior possibilidade de melhoria, pouco poderá ser feito se pensadas apenas como uma estratégia de produção.

Oliveira e Freitas (2001) fizeram uma pesquisa (representada na Figura 8), onde foi possível identificar os tópicos que foram considerados como mais relevantes pelos intervenores (construtores, usuários e projetistas) na avaliação de um projeto de uma edificação. No Quadro 3 estão relacionados os indicadores que melhor descrevem os tópicos mais discutidos levantados pelos autores.

Figura 8 – Relevância dos tópicos conforme classificação dos intervenores



Fonte: adaptada de Oliveira e Freitas (2001), ilustração elaborada pela autora (2014).

Quadro 3 – Resumo da análise dos indicadores que melhor descrevem os tópicos classificados pelos intervenores

Tópicos	Principais aspectos
Satisfação do usuário	- Satisfação do usuário - Velocidade de venda
Custo	- Custo de elaboração dos projetos - Custo da obra
Racionalidade	- Índice de compacidade - Índice de fachada - Comprimento de paredes - Relação entre área privativa e de uso comum - Consumo de concreto, formas e aço - Consumo de tubulações
Funcionalidade	- Disposição das peças no apartamento - Distriuição dos espaços entre os tipos de peças - Adequação das áreas e formas ao mobiliário - Posição dos pontos elétricos - Possibilidade de manutenção
Conformidade	- Compatibilidade dos projetos - Erros nos projetos - Modificações nos projetos - Informações suficientes nos projetos

Fonte: adaptado de Oliveira e Freitas (2001), quadro elaborado pela autora (2015).

Na bibliografia é possível encontrar diversos tipos de classificação dos indicadores, várias delas utilizando critérios diferentes.

Costa (2003) propõe em seu estudo a classificação dos indicadores conforme sua finalidade da seguinte maneira:

- a) indicadores estratégicos e operacionais: definidos conforme as estratégias da empresa;
- b) indicadores de produto e de processo: avaliam o desempenho do produto e do processo gerencial;
- c) indicadores principais e secundários: onde os principais auxiliam nas tomadas de decisão da empresa como um todo e os secundários controlam e monitoram processos de apoio que interessam apenas ao que será medido.

Lantelme (1994) relaciona 3 tipos diferentes de classificação de indicadores, estas classificações foram obtidas através de diversos autores como Sink e Tuttle (1993), Burbank (1992), Harrington (1993), Hronec (1993), entre outros. São eles:

- a) segundo a finalidade da informação;
 - visibilidade,
 - controle,
 - melhoria,
 - motivação.
- b) segundo os níveis de agregação;
 - de desempenho específico: gerenciais ou operacionais,
 - de desempenho globais: da empresa ou do setor.
- c) segundo a referência;
 - de qualidade (eficácia),
 - de produtividade (eficiência).

No APÊNDICE A foram abordadas mais algumas classificações além de diretrizes, sistemas e modelos de medição de desempenho.

Castells e Heineck (2001) comentam que, em geral, o que as empresas chamam de gerenciamento da qualidade do projeto, nada mais é do que controle de informação, quantificação e qualificação de componentes. Desta forma, é deixada de lado uma importante fase do fluxo de projeto, a análise crítica, onde deveriam ser feitas as avaliações das soluções adotadas.

Nos itens a seguir são apresentadas propostas de medição de desempenho relacionadas ao projeto com foco na construtibilidade, que devem fazer parte da etapa de análise crítica de projetos.

2.2.1 Modelos e abordagens de medições de desempenho relacionadas ao processo de projeto com foco na construtibilidade

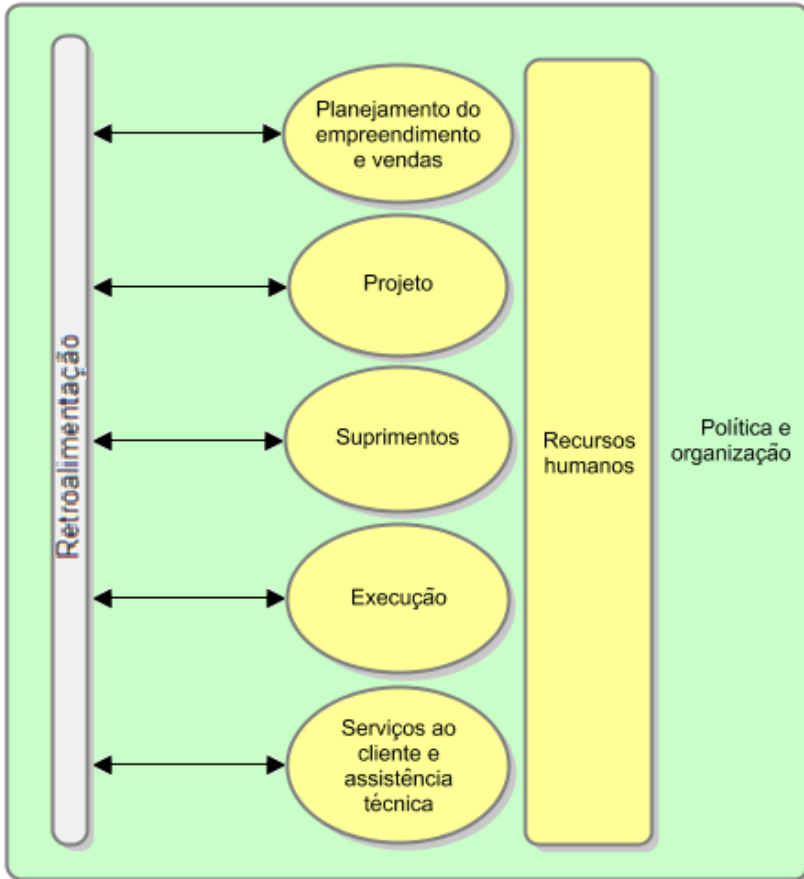
2.2.1.1 Indicadores de qualidade e produtividade propostos por Lantelme (1994)

Em seu estudo, a autora estabelece um conjunto de indicadores de qualidade e produtividade que impulsionam o processo de melhoria de desempenho, caracterizando uma vantagem competitiva para as empresas.

De acordo com Lantelme (1994) o Sistema de Indicadores de Qualidade e Produtividade proposto tem o objetivo de fornecer informações que proporcionem uma melhor avaliação das empresas do setor, em relação à qualidade e produtividade, através de valores de *benchmarking* e referências para

comparação entre as empresas. Para isso a autora relacionou sua proposta de indicadores com as áreas funcionais de atuação das construtoras conforme a proposta de Picchi (1993) para a organização do sistema da qualidade, apresentada na Figura 9.

Figura 9 – Elementos do sistema da qualidade para a construção de edificações



Fonte: adaptada de Lantelme (1994 *apud* PICCHI, 1993), ilustração elaborada pela autora (2015).

De acordo com Lantelme (1994) tanto os custos quanto a facilidade de construção e influências na fase de utilização são fatores influenciados pela racionalização dos projetos, desta

forma a autora listou os seguintes indicadores relacionados com a racionalização dos principais projetos de uma edificação:

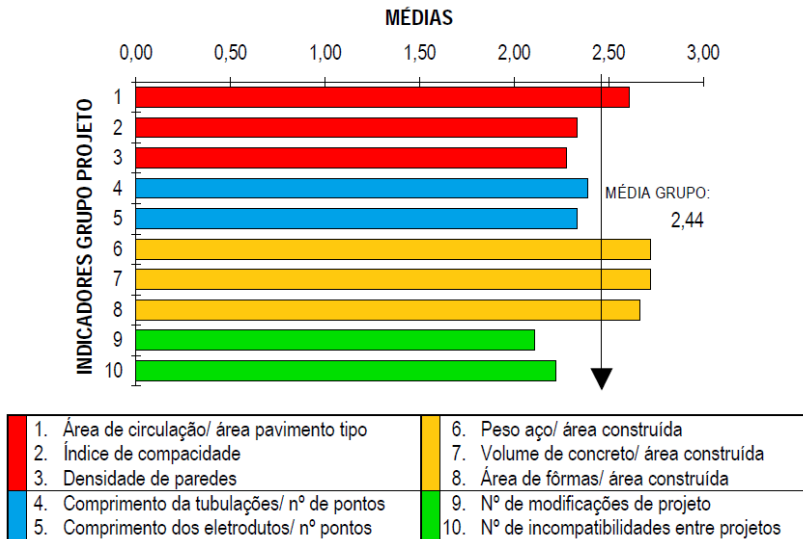
- a) índice de compacidade;
- b) densidade de paredes internas e externas;
- c) área de aberturas em relação à área de paredes;
- d) área de circulação em relação à área construída;
- e) área de uso comum em relação à área privativa;
- f) área de piso frio em relação à área do apartamento;
- g) número de pontos elétricos e hidráulicos em relação à área do apartamento;
- h) volume de concreto em relação à área construída;
- i) área de formas em relação à área construída;
- j) peso de aço em relação à área construída;
- k) quantidade de componentes padronizados.

Após a apresentação a algumas empresas, foram validados apenas os seguintes indicadores de racionalização de projetos:

- a) projeto arquitetônico;
 - área de circulação em relação à área do pavimento tipo,
 - índice de compacidade,
 - densidade de paredes.
- b) projeto de instalações;
 - comprimento das tubulações de água em relação ao número de pontos,
 - comprimento dos eletrodutos em relação ao número de pontos.
- c) projeto estrutural;
 - peso de aço em relação à área construída,
 - volume de concreto em relação à área construída,
 - área de formas em relação à área construída.

De acordo com o estudo, a Figura 10 apresenta a importância que as empresas deram para os indicadores do grupo de projetos. Analisando os indicadores é possível verificar a importância dada para o grupo relacionado aos projetos estruturais (amarelo). Ainda que a diferença seja pequena também há uma maior preocupação com o projeto arquitetônico (vermelho) em relação aos projetos de instalações (azul).

Figura 10 – Importância relativa média dos indicadores do grupo projeto



Fonte: adaptada de Lantelme (1994).

2.2.1.2 Indicadores de qualidade e produtividade propostos por Oliveira, Lantelme e Formoso (1995)

Os autores classificam os indicadores conforme o setor ao qual se destinam e conforme a sua natureza. Neste caso serão abordados os indicadores que medem o desempenho dos projetos arquitetônico e estrutural através de sua racionalidade. O levantamento detalhado de alguns destes indicadores está apresentado no ANEXO B.

Oliveira, Lantelme e Formoso (1995) citam indicadores de projeto arquitetônico e estrutural que possuem o objetivo de racionalidade, os indicadores listados no Quadro 4 foram obtidos por eles através de fontes variadas como empresas privadas, estudos do setor de construção civil, órgãos públicos, entre outros.

Quadro 4 – Relação de indicadores de qualidade e produtividade

Projeto arquitetônico	
01.	Área de uso comum / Área privativa (m ² /m ²)
02.	Área de esquadrias x 100 / Área de alvenarias (%)
03.	Área de circulação x 100 / Área construída (%)
04.	Área de circulação do pavimento tipo x 100 / área do pavimento tipo (%)
05.	Área do apartamento com piso molhado / Área do apartamento (m ² /m ²)
06.	Área com piso molhado / Área com piso seco (m ² /m ²)
07.	Área de alvenarias / Área construída (m ² /m ²)
08.	Área de projeção das alvenarias no pavimento tipo / área do pavimento tipo (m ² /m ²)
09.	Área de revestimento de alvenarias / Área construída (m ² /m ²)
10.	Perímetro das alvenarias / Área construída (m/m ²)
11.	Área de fachada / Área construída (m ² /m ²)
12.	Índice de compactidade (%)
Projeto estrutural	
13.	Peço do aço nas lajes / Área construída (kg/m ²)
14.	Peso do aço nas vigas / Área construída (kg/m ²)
15.	Peso do aço nos pilares / Área construída (kg/m ²)
16.	Peso total do aço na estrutura / área construída (kg/m ²)
17.	Volume de concreto nas lajes / Área construída (m ³ /m ²)
18.	Volume de concreto nas vigas / Área construída (m ³ /m ²)
19.	Volume de concreto nos pilares / Área construída (m ³ /m ²)
20.	Volume total de concreto na estrutura / Área construída (m ³ /m ²)
21.	Área das formas das lajes / Área construída (m ² /m ²)
22.	Área de formas das vigas / Área construída (m ² /m ²)
23.	Área de formas dos pilares / Área construída (m ² /m ²)
24.	Área total de formas / Área construída (m ² /m ²)
27.	Número de peças diferentes (vigas, pilares, lajes) / área (peças/m ²)
28.	Peso do aço na estrutura / Volume de concreto na estrutura (kg/m ³)

Fonte: adaptado de Oliveira, Lantelme e Formoso (1995).

2.2.1.3 Indicadores de qualidade de projeto para edificações por Oliveira e Freitas (1996)

O trabalho dos autores apresentou um levantamento de indicadores especificamente para o projeto arquitetônico, com o objetivo de verificar a racionalidade do projeto (OLIVEIRA; FREITAS, 1996):

- a) índice de compactidade: este índice compara o perímetro da edificação com o perímetro de um círculo, onde ambos tem a mesma área inscrita, desta forma se o pavimento

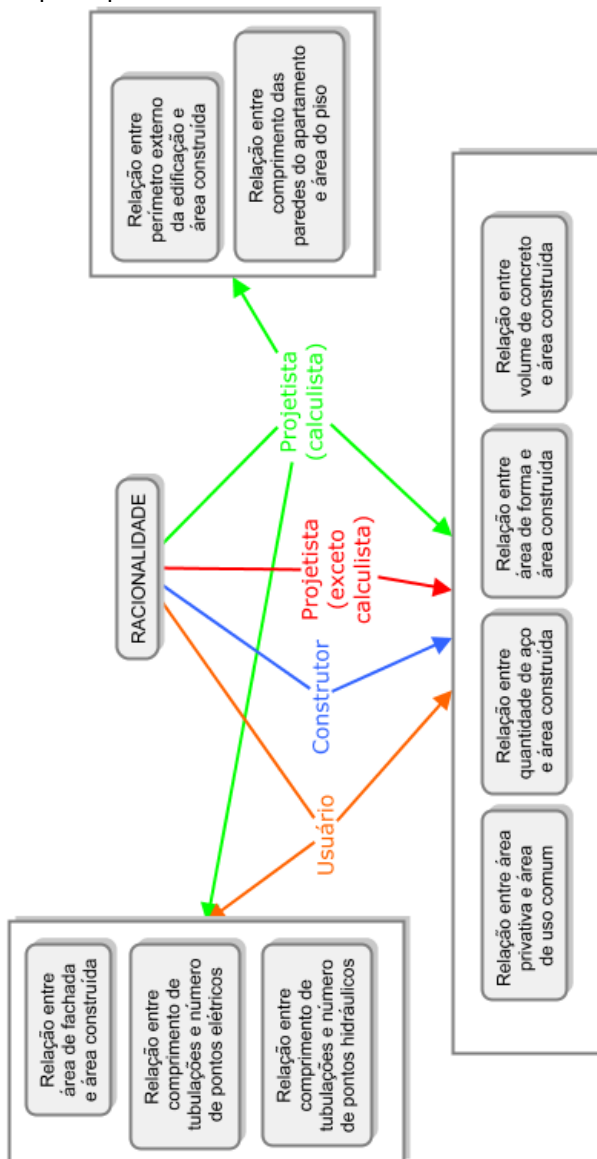
- tivesse forma circular este índice seria 100%, quanto mais ele se afasta deste valor ótimo maior o perímetro de fachada;
- b) densidade de paredes: mostra o percentual do pavimento que é ocupado pelas paredes, possui o objetivo de avaliar o grau de otimização da compartimentação do pavimento tipo (OLIVEIRA; LANTELME; FORMOSO, 1995);
 - c) percentual da área do pavimento ocupada pela área de circulação: este indicador mede qual a área do pavimento ocupada pela circulação, já que esta tem a apenas a função de permitir acesso de pessoas e bens;
 - d) percentual da área do pavimento ocupada pela área útil: também mostra a otimização da compartimentação (densidade de paredes) e das áreas de circulação;
 - e) relação entre área de fachada e área do pavimento: permite a análise da quantidade de revestimentos de fachada em relação ao pavimento;
 - f) relação entre a área de alvenarias e a área do pavimento: também permite a análise da quantidade de revestimentos em relação ao pavimento.

2.2.1.4 Indicadores de racionalidade propostos por Oliveira e Freitas (2001)

Os autores mencionam que os indicadores que envolvem a padronização e otimização de espaços e formas podem ser classificados dentro do grupo de racionalidade.

O objetivo desta classificação segundo as categorias de participantes (representada na Figura 11) é promover uma integração entre os envolvidos, não valorizando apenas os aspectos considerados como relevantes pela pessoa que irá realizar a tomada de decisão.

Figura 11 – Indicadores relevantes segundo a percepção das categorias de participantes



Fonte: adaptada de Oliveira e Freitas (2001), ilustração elaborada pela autora (2014).

2.2.1.5 Análise comparativa de custos entre os sistemas construtivos: concreto armado e alvenaria estrutural de Silva (2003)

O estudo de Silva (2003) consiste em uma análise comparativa entre dois sistemas construtivos: concreto armado e alvenaria estrutural. Para isso foram levantados índices de consumo e os custos para três etapas de obra para algumas tipologias de edifícios, as etapas consideradas foram: estrutura, vedação e revestimento, por representarem de 35 a 50% do custo total da obra (Quadro 5).

Quadro 5 - Percentuais de custos de alguns subsistemas sobre o custo total da obra

Subsistema considerado	Dados de Silva (2003)				Média		Construção Mercado (2015)
	Goldman (1997)	Fiker (2001)	Construção Mercado abril 2002		com elevador	sem elevador	
			com elevador	sem elevador			
Estrutura	14 a 19%	20%	26 a 32%	28 a 35%	21,83%	22,67%	17,1%
Vedação (paredes)	3,3 a 6,5%	7%	2,5 a 3,5%	6 a 12%	4,97%	6,97%	5,3%
Revestimentos	8,5 a 14%	12%	13,5 a 17,5%	22 a 28%	12,92%	16,08%	16,5%
Total	25,8 a 39,5%	39%	42 a 53%	56 a 75%	39,72%	45,72%	38,9%

Fonte: da autora (2015).

Os índices utilizados por Silva (2003) em seu estudo foram:

- a) índice de concreto (m^3/m^2);
 - consumo total de concreto para pilares, vigas e lajes separadamente segundo projeto estrutural / área global da edificação conforme NBR 12721.
- b) índice de aço (kg/m^2);
 - consumo total de aço para pilares, vigas e lajes separadamente / área total do edifício.
- c) índice de forma (m^2/m^2);
 - área de formas para pilares, vigas e lajes separadamente medida do projeto estrutural / área total do edifício.
- d) índice de paredes (m^2/m^2);

- área total das paredes medidas na elevação descontando vãos de portas e janelas / área total do edifício.
- e) índice de graute (m^3/m^2);
 - volume de graute consumido na alvenaria estrutural / área total do edifício.
- f) índice de aço na alvenaria (kg/m^2);
 - consumo total de aço utilizado nas paredes em alvenaria estrutural / área total do edifício.
- g) índice de rasgos (m/m^2);
 - corresponde ao índice de abertura e fechamento de rasgos na alvenaria para passagem de instalações,
 - comprimento total de instalações que necessitam de rasgo na alvenaria / área total do edifício,
 - neste comprimento não devem ser consideradas as instalações que passam dentro do furo dos blocos, já que estas não precisam de rasgos, pois o próprio furo serve como passagem.
- h) índice de revestimento externo (m^2/m^2);
 - espessura de revestimento medida em obra / espessura padrão² de 2,5 cm multiplicada pela área externa total de revestimento medida em elevação descontando-se os vãos / área total do edifício.
- i) Índice de revestimento interno (m^2/m^2);
 - espessura de revestimento medida em obra / espessura padrão³ de 1 cm multiplicada pela área

² Conforme a NBR 13479 (ABNT, 1996) a espessura de revestimentos externos argamassados pode variar de 2 a 3 cm, portanto uma meta mais ambiciosa seria a utilização da espessura mínima permitida por norma de 2 cm. É importante mencionar também que em alvenaria estrutural é possível trabalhar com espessuras menores, enquanto em estruturas de concreto armado e alvenaria de vedação as espessuras acabam sendo maiores, dada a qualidade do conjunto.

³ Conforme a NBR 13479 (ABNT, 1996) a espessura de revestimentos internos argamassados pode variar de 0,5 a 2 cm, portanto uma meta mais ambiciosa seria a utilização da espessura mínima permitida por norma de 0,5 cm. É importante mencionar também que em geral as menores espessuras são possíveis na alvenaria estrutural, enquanto em estruturas de concreto armado e alvenaria de vedação as espessuras acabam sendo maiores, dada a qualidade do conjunto.

interna total de revestimento medida em elevação descontando-se os vãos / área total do edifício.

2.2.1.6 Diretrizes para a integração dos requisitos de construtibilidade ao processo de desenvolvimento de produtos de obras repetitivas de Rodrigues (2005)

Em sua dissertação, a autora agrupou alguns princípios de construtibilidade de diversos autores (Quadro 6). Rodrigues (2005) ainda enfatiza a necessidade de se fazer uma análise de outros fatores que possam promover a construtibilidade, e que não estejam contemplados por estes princípios.

Além disso, alguns destes princípios não são comuns para os autores, por serem muito genéricos (otimizar os processos de construção), por estarem relacionados com outra característica (promover a manutenibilidade) ou por ser de difícil percepção (minimizar os tempos das operações de montagem manual).

Quadro 6 – Princípios de construtibilidade

	Autores	Princípio
1	GRIFFTH (1986) <i>apud</i> OLIVEIRA (1994); O'CONNER e TUCKER (1986); O'CONNER et al. (1987); BOOTHROYD & DEWHURST (1989); KOSKELA (1992); CII (1993) <i>apud</i> JERGEAS et al. (2001); OLIVEIRA (1994); NIMA et al. (2002)	Simplificar pela redução do número de partes e passos.
2	GRIFFTH (1986) <i>apud</i> OLIVEIRA (1994); O'CONNER e TUCKER (1986); O'CONNER et al. (1987); BOOTHROYD & DEWHURST (1989); KOSKELA (1992); CII (1993) <i>apud</i> JERGEAS et al. (2001); OLIVEIRA (1994); NIMA et al. (2002); PASQUIRE e GIBB (2002)	Padronizar elementos do projeto e processos construtivos.
3	O'CONNER e TUCKER (1986); O'CONNER et al. (1987); CII (1993) <i>apud</i> JERGEAS et al. (2001); OLIVEIRA (1994); NIMA et al. (2002); SAFFARO et al. (2004)	Promover a acessibilidade para pessoas, materiais e equipamentos.
4	O'CONNER et al. (1987); CII (1993) <i>apud</i> JERGEAS et al. (2001), NIMA et al. (2002)	Facilitar construção sob condições climáticas adversas.
5	O'CONNER e TUCKER (1986); CII (1993) <i>apud</i> JERGEAS et al. (2001); NIMA et al. (2002)	Otimizar os processos de construção.
6	DUNSTON e WILLIAMSON (1999); SAFFARO et al. (2004)	Promover a manutenibilidade.
7	HELLANDER e WILLÉN (1999)	Minimizar o tempo de percepção, decisão e manipulação das operações de montagem manual.

Fonte: Rodrigues (2005).

Já no Quadro 7, a autora relaciona alguns indicadores com os princípios de construtibilidade mencionados. Ainda que os indicadores não possuam todos os princípios, a autora os considera válidos por auxiliar na avaliação de alguns deles. Por exemplo, para ela os indicadores de projeto avaliam a construtibilidade em relação à simplificação pela redução do número de partes e passos.

Quadro 7 – Indicadores de desempenho para avaliação da construtibilidade

Continua

Indicador	Autores	Princípios							Aplicação	
		1	2	3	4	5	6	7	Projeto	Processo
Índice de compacidade	LANTELME (1994); ANDRADE et al. (1996); NOVAES (2000); LANTELME et al. (2001)	X							X	
Densidade de paredes	LANTELME (1994); ANDRADE et al. (1996); NOVAES (2000); LANTELME et al. (2001)	X							X	
Índice de tubulações hidráulicas	LANTELME (1994); ANDRADE et al. (1996); NOVAES (2000); LANTELME et al. (2001)	X							X	
Índice de eletrodutos	LANTELME (1994); ANDRADE et al. (1996); NOVAES (2000); LANTELME et al. (2001)	X							X	
Índice de aço	LANTELME (1994); ANDRADE et al. (1996); NOVAES (2000); LANTELME et al. (2001)	X							X	
Índice de concreto	LANTELME (1994); NOVAES (2000); LANTELME et al. (2001)	X							X	

Fonte: Rodrigues (2005).

Quadro 7 – Indicadores de desempenho para avaliação da construtibilidade

Indicador	Autores	Princípios							Conclusão		
									Aplicação		
		1	2	3	4	5	6	7	Projeto	Processo	
Índice de formas	LANTELME (1994); ANDRADE et al. (1996); NOVAES (2000); LANTELME et al. (2001)	X								X	
Número de incompat. entre os projetos	LANTELME (1994)	X								X	
Boas práticas em layout e logística de canteiro	LANTELME et al. (2001)			X							X
Percentual de atividades que não agregam valor	LANTELME et al. (2001)	X		X							X
Tempos produtivos, improdutivo e auxiliares	LANTELME (1994); LANTELME et al. (2001)	X				X					X

Fonte: Rodrigues (2005).

A avaliação da construtibilidade proposta pela autora é feita através da aplicação de *check list*. No ANEXO C, estão as perguntas relacionadas com a fase de projeto, foco deste trabalho.

Os resultados deste *check list* são aplicados na fórmula apresentada no Quadro 8, para o cálculo do Índice de Construtibilidade (IC).

Quadro 8 – Índice de construtibilidade

Índice de Construtibilidade (IC)	
Fórmula	$IC = \frac{\sum Po}{(Pp - \sum NA)} \times 100$
Crítérios de Coleta	<p>Pontos obtidos (Po) considerando: 1 (um) ponto para cada resposta "SIM"; 0,5 (meio) ponto para cada resposta "PARCIALMENTE" e 0 (zero) ponto para cada resposta "NÃO".</p> <p>Pontos possíveis (Pp): é o número total de itens do <i>check-list</i>.</p> <p>Não se aplica (NA): itens não se aplica</p>

Fonte: Rodrigues (2005).

2.2.1.7 Indicadores de projeto para edifícios em alvenaria estrutural de Freire (2007)

O autor apresenta em seu estudo a aplicação de diversos indicadores voltados para projetos em alvenaria estrutural, com uma amostra total de 120 edifícios divididos conforme sua tipologia (o autor não faz menção em relação a repetitividade das torres).

Os valores apresentados no ANEXO D são resultados destas medições, não devendo ser considerados diretamente como uma meta a ser atingida, pois representam apenas as variações encontradas entre os projetos analisados. Isto também pode ser evidenciado pelos altos valores de desvio padrão apresentados por Freire (2007).

2.2.1.8 O custo das decisões arquitetônicas de Mascaró (2010)

De acordo com estudos realizados pelo *Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB apud MASCARÓ, 2010)* a participação dos espaços e instalações nos custos de construção e manutenção de um edifício habitacional durante toda sua vida útil podem ser apresentados conforme Quadro 9.

Quadro 9 – Participação média de espaços e instalações nos custos de construção e manutenção

Custos	Construção	Manutenção
dos espaços	75%	30 a 40%
das instalações	25%	60 a 70%
Total	100%	100%

Fonte: *CSTB apud* Mascaró (2010).

Segundo o autor, os planos que envolvem o edifício são normalmente mais caros que os planos internos, desde a construção até a manutenção e uso. Por exemplo, o último plano horizontal (cobertura) tende a ser de 20 a 30% mais caro que os interiores, enquanto os planos verticais externos podem custar até 5 vezes mais do que os internos.

As participações de cada tarefa nos custos de construção de um edifício habitacional de 7 a 9 pavimentos, sobre pilotis, sem subsolo e com padrão médio de acabamento, está apresentada no Quadro 10.

Quadro 10 – Participação média de cada tarefa nos custos de construção de um edifício habitacional

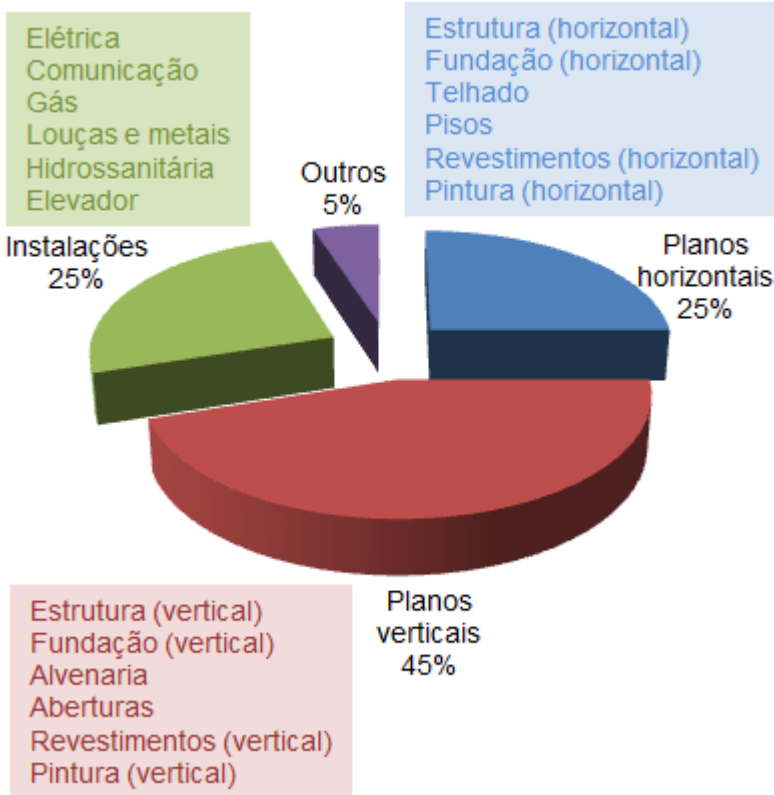
Tarefas	Participação média
Instalações provisórias	2,60%
Fundação	5,00%
Alvenaria	8,00%
Estrutura	18,00%
Cobertura	2,50%
Instalações elétrica e telefônica	7,10%
Instalações sanitária e gás	8,40%
Piso	6,84%
Aparelhos sanitários	4,38%
Aberturas	8,55%
Revestimento interno	9,50%
Revestimento externo	6,36%
Pintura	5,48%
Vidro	1,42%
Acabamentos e limpeza da obra	1,42%
Elevador	4,45%

Fonte: adaptado de Mascaró (2010).

Com base nestes valores Mascaró (2010) relaciona algumas conclusões (Figura 12):

- a) planos horizontais: representam aproximadamente 25% dos custos, como cerca de 67% deste valor é formado pela estrutura resistente e como existem poucas possibilidades de substituição para este material, os arquitetos não possuem muitas alternativas econômicas para os planos horizontais;
- b) planos verticais: representam cerca de 45% dos custos, existem inúmeras alternativas de forma e materiais para este item, onde de 33 a 50% destes valores estão representados pelas paredes externas e de 50 a 67% pelas paredes internas;
- c) instalações: representam cerca de 25% dos custos, não possuem muitas alternativas, já que seu valor está diretamente relacionado com decisões dicotômicas e não com as formas propriamente ditas, por exemplo, a quantidade de banheiros e cozinhas influencia muito mais do que o caminhamento das tubulações de água e esgoto.

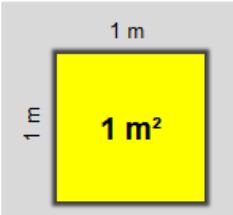
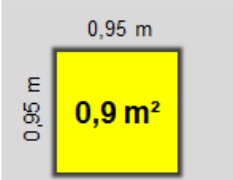
Figura 12 – Composição do custo de um edifício habitacional



Fonte: adaptado de Mascaró (2010), ilustração elaborada pela autora (2015).

Como os planos verticais possuem a maior participação nos custos de um empreendimento e também uma maior quantidade de alternativas econômicas, a decisão mais racional é focar neste item. Para demonstrar como os planos horizontais impactam menos nos custos, o autor simulou uma redução de 10% na área de um quadrado, demonstrando que esta alteração impacta em uma redução de apenas 5% nos custos totais (Quadro 11).

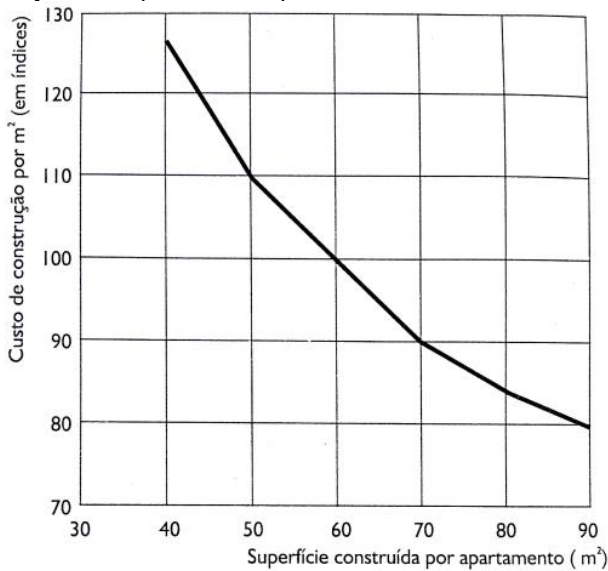
Quadro 11 – Impacto da redução da área nos custos

	Área (m ²)	Perímetro (m)	Redução área	Redução perímetro	Participação dos planos horizontais nos custos	Participação dos planos verticais nos custos	Redução nos custos devido à área	Redução nos custos devido ao perímetro	Redução total de custos
 <p>1 m 1 m²</p>	1,0	4,0	10%	5%	25%	45%	2,5%	2,3%	4,8%
 <p>0,95 m 0,9 m²</p>	0,9	3,8							

Fonte: adaptado de Mascaró (2010), quadro elaborado pela autora (2015).

O *Centre Scientifique et Technique du Bâtiment* fez um estudo que demonstra bem este tipo de situação baseado em 72 edifícios de classe econômica (*CSTB apud MASCARÓ, 2010*). Na Figura 13 é possível verificar como os custos por metro quadrado vão caindo a medida que o tamanho dos apartamentos aumenta. Já no Quadro 12 pode-se notar que uma redução na área do apartamento não gera uma redução de mesma proporção nos custos por metro quadrado. Por exemplo, se o tamanho do apartamento de 60 m² for reduzido para 40 m², sua área terá diminuído 33%, mas seus custos por metro quadrado apenas 15%.

Figura 13 – Variação do custo por metro quadrado construído em função da superfície do apartamento



Fonte: Mascaró (2010).

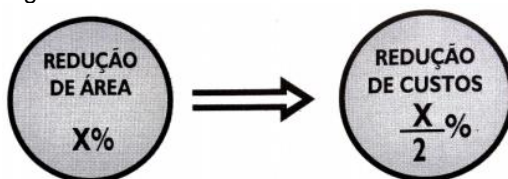
Quadro 12 – Variação dos custos de construção de unidades de habitação em função da superfície por unidade

Superfície (m ²)	Superfície tomando como base a correspondente a 60 m ²	Custo da unidade tomando como base o correspondente a 60 m ²
40	67	85
50	83	92
60	100	100
70	116	105
80	133	113
90	150	120

Fonte: Mascaró (2010).

Com isso, Mascaró (2010) define a lei do tamanho, que mostra que uma redução de X% na área reduz em apenas X/2% os custos (Figura 14).

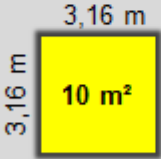
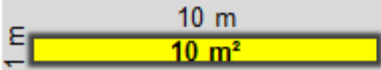
Figura 14 – Lei do tamanho



Fonte: Mascaró (2010).

Mascaró (2010) menciona também o impacto da forma nos custos, isto pode ser percebido através do Quadro 13. Por exemplo, tomando como referência a forma circular, para uma mesma área de 10 m², um ambiente com a forma quadrada teria um aumento de custos de cerca de 6% e um ambiente retangular (muito comum em corredores nestas proporções) um aumento de cerca de 43%.

Quadro 13 – Impacto da forma nos custos

	Área (m ²)	Perímetro (m)	Aumento do perímetro	Participação dos planos verticais nos custos	Aumento nos custos devido aos planos verticais
	10,0	11,2	-		-
	10,0	12,6	13%	45%	5,8%
	10,0	22,0	96%		43,3%

Fonte: da autora (2015).

Para facilitar este tipo de comparação, Mascaró (2010) relaciona o perímetro do projeto ao perímetro de um círculo através do índice de compacidade:

$$I_C = \frac{P_C}{P_P} \cdot 100 \quad (1)$$

Sendo:

I_C: índice de compacidade

P_C: perímetro de um círculo de área igual à área do projeto

P_P: perímetro das paredes exteriores do projeto

Para simplificar os cálculos, Mascaró (2010) faz algumas substituições matemáticas na equação anterior:

$$I_C = \frac{2\sqrt{A_p \cdot \pi}}{P_P} \cdot 100 \quad (2)$$

Sendo:

I_C: índice de compacidade

A_p: superfície do projeto

P_P: perímetro das paredes exteriores do projeto

O Quadro 13, apresentado anteriormente, não representa com exatidão os custos das fachadas, pois arestas e curvas possuem um custo maior do que os trechos retos. Para aproximar estes valores da realidade Mascaró (2010) propõe a utilização do perímetro econômico do projeto:

$$P_{EP} = P_{PR} + 1,5P_{PC} + \frac{nA}{2} \quad (3)$$

Sendo:

P_{EP}: perímetro econômico do projeto

P_{PR}: perímetro das paredes exteriores retas

P_{PC}: perímetro das paredes exteriores curvas

nA: número de arestas das fachadas

Neste novo perímetro, o autor considerou que as curvas custam 50% a mais do que os trechos retos para serem construídas e que cada aresta custa meio metro a mais. Assim, incorporando o perímetro econômico na equação do índice de compacidade, tem-se o índice econômico de compacidade:

$$I_{EC} = \frac{2\sqrt{A_p \cdot \pi}}{P_{EP}} \cdot 100 \quad (4)$$

Sendo:

I_{EC}: índice econômico de compacidade

A_p: superfície do projeto




P_{EP}: perímetro econômico do projeto

Matematicamente o maior índice de compacidade é de 100% (círculo), o índice do quadrado é de 88,6% (sem

considerar arestas e curvas). Portanto quanto maior este índice, menores serão os custos (MASCARÓ, 2010). Já considerando o índice econômico de compacidade, onde o perímetro curvo deve ser multiplicado por 1,5, o índice do círculo passa a ser 66,67%.

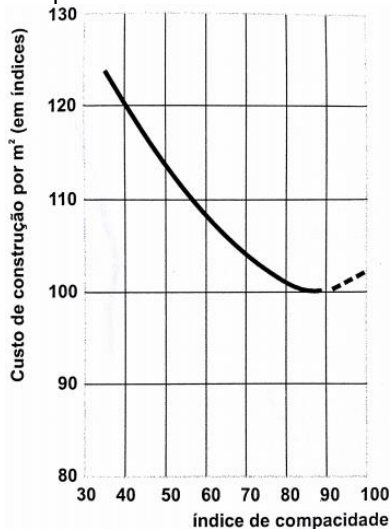
A *Building Research Station apud Mascaró* (2010) fez uma pesquisa com o levantamento de custos de diversos edifícios na Inglaterra com índices de compacidade diferentes. Para poder compará-los, a distribuição interna de seus projetos possuía a mesma função e o mesmo grau de eficiência. O Quadro 14 e a Figura 15 mostram os resultados desta pesquisa. No Quadro 14 pode-se notar que a planta com a forma mais recortada chega a custar 24% a mais do que a quadrada para uma mesma área. Já na Figura 15 é possível perceber que a partir do quadrado (índice de compacidade de 88,6%) os custos começam a aumentar. Isto acontece, pois os ângulos obtusos destas formas (pentágonos e hexágonos, por exemplo) aumentam os cortes de materiais e as dificuldades de construção, sendo válido também para a forma circular.

Quadro 14 – Variação do custo de construção em função do índice de compacidade do edifício

Forma da planta	Área (índice)	Índice de compacidade (%)	Custo de construção (libras/m ²)	Variações de custo (%)
	100	88,5	90	100
	100	49,2	108	114
	100	34	112	124

Fonte: *Building Research Station apud Mascaró* (2010).

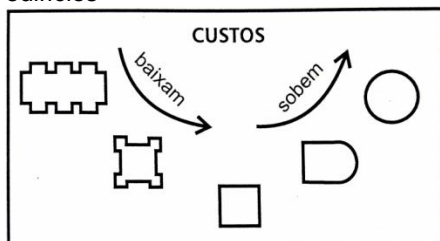
Figura 15 – Variação do custo dos edifícios em função do índice de compacidade



Fonte: Mascaró (2010).

Na Figura 15 foi possível notar que quando o índice de compacidade se aproxima de 88,6% (quadrado) a curva possui um trecho quase horizontal, isso significa que os custos se alteram pouco com grandes variações na forma. Sendo assim, é possível que se consiga um edifício econômico ainda que o índice de compacidade não seja o mesmo de um quadrado. Já com índices de compacidade maiores que 88,6% os custos começam a aumentar significativamente. A Figura 16 ilustra o exposto por Mascaró (2010).

Figura 16 – Evolução dos custos das fachadas com as formas dos edifícios



Fonte: Mascaró (2010).

Estes conceitos expostos em relação ao edifício podem ser utilizados também em relação a forma dos ambientes. Por exemplo, geralmente quartos e salas possuem uma forma mais próxima ao quadrado (com índice de compacidade superior a 80%), enquanto circulações são mais retangulares (com índice inferior a 50%). Com isso as áreas de circulação se tornam de 20 a 30% mais caras do que os locais habitáveis. Isto significa que, pensando no custo de um edifício, é comum gastar cerca de 25% nas circulações e 75% nos locais habitáveis, portanto é importante economicamente que as circulações sejam reduzidas ao máximo (MASCARÓ, 2010).

Para facilitar esta avaliação, o autor menciona as áreas mínimas admissíveis e desejáveis, bem como a forma de alguns ambientes de maneira que se possa ter um maior aproveitamento de espaço, mantendo a funcionalidade de cada ambiente (Quadro 15).

Quadro 15 – Área mínima e forma dos principais ambientes

Ambiente	Área mínima (m ²)		Considerações sobre a forma ideal
	Admissível	Desejável	
Dormitório casal	10,5	12,0	Forma compacta, maior área com menor perímetro, índice de compacidade próximo ao quadrado.
Dormitório dois filhos	9,0	11,0	
Dormitório um filho	6,0	7,0	
Área extra nos dormitórios para jogo ou trabalho	1,0 a 8,0 conforme a necessidade		
Estar	11,0	14,0	Forma alongada devido a múltipla função, com relação 1:1,5 ou 1:2.
Jantar	8,0	11,0	
Cozinha estreita	4,4	5,2	Forma extremamente alongada, quanto maior o perímetro melhor.
Cozinha completa	5,2	6,8	
Cozinha com lugar para refeições	7,6	9,0	
Cozinha com lavanderia conjugada	8,6	10,0	

Fonte: adaptado de Portas (1996 *apud* MASCARÓ, 2010).

Mascaró (2010) apresenta no Quadro 16 a relação entre diferentes áreas de ambientes para que os critérios de distribuição sejam homogêneos, isto é, para que não haja sobra de áreas nas unidades habitacionais.

Quadro 16 – Relação entre áreas (estar, dormitório, úmida e seca) em habitações

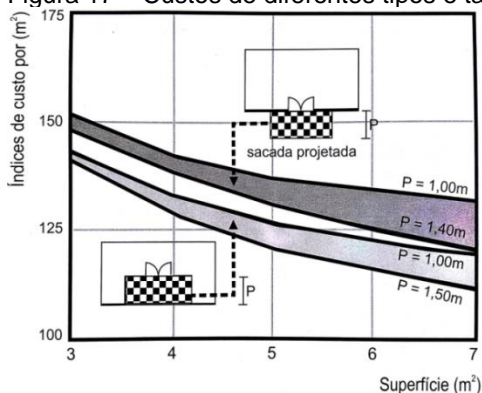
Relação entre as áreas	Observações
$0,70 < \frac{\text{Estar}}{\text{Dormitório}} < 1,20$	A relação deve ficar sempre dentro dos limites indicados. Quando se trata de habitação com 3 dormitórios, deve ficar próxima do limite inferior. Quando se trata de habitações de 1 dormitório, deve ficar próxima do limite superior.
$0,35 < \frac{\text{Área úmida}}{\text{Área seca}} < 0,40$	Entende-se por área úmida banheiro, cozinha e lavanderia; e por área seca, dormitório, estar e jantar. A relação não muda com o padrão econômico.

Fonte: adaptado de Mascaró (2010).

Em relação às sacadas, deve-se fazer algumas considerações (MASCARÓ, 2010):

- é comum achar que uma sacada mais estreita é mais barata do que uma mais profunda, pois a estrutura se torna mais econômica. No entanto a estrutura corresponde a apenas 19% dos custos e a perda de compacidade acaba aumentando os custos. A Figura 17 mostra que conforme as sacadas se tornam mais compactas, o custo por metro quadrado se reduz de 5 a 20%;

Figura 17 – Custos de diferentes tipos e tamanhos de sacadas



Fonte: Mascaró (2010).

- b) a mesma figura mostra como uma sacada que se projeta para fora do edifício pode ser de 10 a 20% mais cara do que uma sacada recuada. Isto acontece devido a diferença na quantidade de arestas e da estrutura necessária para suportá-las. Além disso a sacada projetada aumenta o perímetro, diminuindo o índice de compactidade do prédio como um todo. A Figura 18 demonstra algumas situações;

Figura 18 – Comparação de custos entre diversos tipos de sacadas

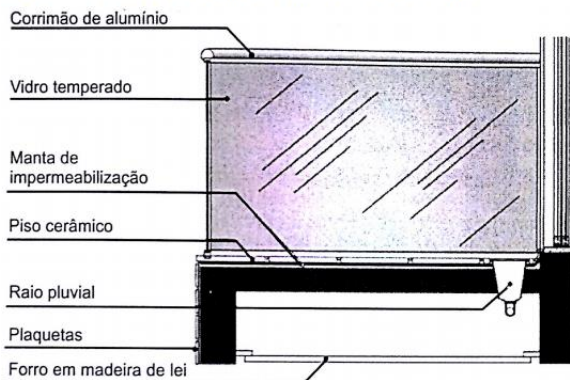


Fonte: Mascaró (2010).

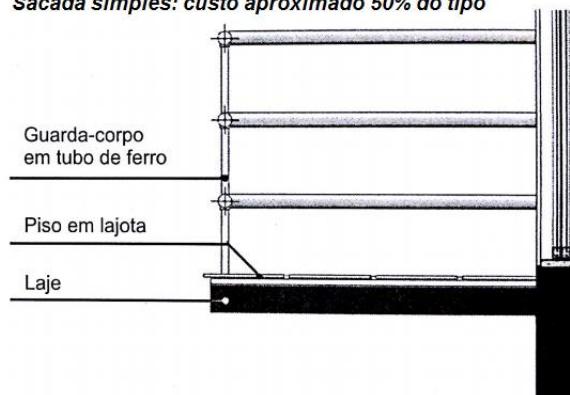
- c) já a Figura 19 demonstra alguns padrões de acabamentos possíveis, onde a de padrão mais nobre fica em torno de 1,5 vezes o custo do pavimento tipo, enquanto a de padrão simples pode chegar a apenas metade do custo do tipo.

Figura 19 – Tipologia de sacadas nobres e simples

Sacada nobre: custo aproximado 150% do tipo



Sacada simples: custo aproximado 50% do tipo



Fonte: Mascaró (2010).

Os corredores são em geral espaços estreitos e compridos. Com base no que foi apresentado sobre índice de compacidade, sabe-se que são áreas caras e que, caso se queira reduzir seus custos, é necessário melhorar o índice de compacidade. Isso não se faz apenas diminuindo área ou largura, mas sim reduzindo seu comprimento (o que impacta na concepção do projeto, sendo necessário rever sua arquitetura).

Os quadros a seguir de Encol (1996 *apud* MASCARÓ, 2010), de Mascaró (2010) e de ABNT (2006) mencionam algumas relações geométricas do edifício, sendo que:

- a) Quadro 17: relação entre a área total de garagem e a quantidade de vagas;
- b) Quadro 18: equivalência de cada área em relação ao apartamento tipo, deve-se levar em consideração o tamanho, a forma e o tipo de acabamento na hora de se escolher os valores;
- c) Quadro 19: relação entre área equivalente total (que inclui as garagens, calculada conforme Quadro 18) e área privativa total (que não inclui as garagens);
- d) Quadro 20: relação entre áreas de circulação e número de apartamentos servidos por elas, para os casos com escada enclausurada;
- e) Quadro 21: representa a densidade de paredes interiores em relação a planta. Conforme mencionado anteriormente, os planos verticais representam cerca de 45% dos custos, por isso sua economia é representativa no custo final do edifício (Figura 20).

Quadro 17 – Área total de garagem por vaga

Tipo de unidade habitacional classificada por faixa de área privativa total	menor que (ótimo)	valor médio	maior que (desaconselhável)
apto de 70 a 100 m ²	20	22	24
apto de 100 a 140 m ²	22	23	25
apto de 140 a 180 m ²	23	24	25
apto de 180 a 240 m ²	23	24	25
apto de 250 a 400 m ²	25	26	28

Fonte: Encol (1996 *apud* MASCARÓ, 2010).

Quadro 18 – Áreas equivalentes em edificações

Mascaró (2010)		NBR 12721 - ABNT (2006)	
Tipo de área	Coefficiente de equivalência		Tipo de área
Área privativa dos apartamentos	1,0	1,00	Área privativa (unidade autônoma padrão)
		1,00	Área privativa salas com acabamento
		0,75 a 0,90	Área privativa salas sem acabamento
		0,50	Área de serviço - residência unifamiliar padrão baixo (aberta)
Garagem descoberta	0,1 a 0,2	0,05 a 0,10	Estacionamento sobre terreno
Garagem coberta fora do prédio	0,2 a 0,3	-	-
Área coberta sob pilotis	0,3 a 0,5	-	-
Garagem coberta 1º subsolo	0,4 a 0,6	0,50 a 0,75	Garagem (subsolo)
Garagem coberta 2º subsolo	0,6 a 0,9		
Garagem coberta 3º subsolo	0,8 a 1,2		
Casa de máq., dep. de lixo, medidores	0,5 a 0,8	0,50 a 0,75	Barrilete, caixa d'água, casa de máquinas
Terraços acessíveis descobertos	0,2 a 0,4	0,30 a 0,60	Terraços ou áreas descobertas sobre lajes
Hall de entrada	1,0 a 1,3	-	-
Escada geral	1,4 a 1,8	-	-
Sacada simples	0,4 a 0,6	0,75 a 1,00	Varandas
Sacada nobre	1,2 a 1,6		
Lojas comerciais	0,5 a 0,7	0,40 a 0,60	Área de loja sem acabamento
Salão de festas, sala de ginástica e similares	0,6 a 0,8	-	-
Floreiras não incluídas em outras	0,4 a 0,6	-	-
Jardins em geral	0,07 a 0,2	0,00	Área de projeção do terreno sem benfeitoria
		0,50 a 0,75	Piscinas, quintais, etc.

Fonte: adaptado de Mascaró (2010) e ABNT (2006).

Quadro 19 – Relação entre área equivalente total e área privativa total

Tipo de unidade habitacional classificada por quantidade de vagas na garagem	menor que (ótimo)	valor médio	maior que (desaconselhável)
1 vaga por apartamento	1,20	1,25	1,30
2 vagas por apartamento	1,25	1,27	1,35
3 vagas por apartamento	1,30	1,30	1,40

Fonte: Encol (1996 *apud* MASCARÓ, 2010).

Quadro 20 – Área de uso comum do edifício por apartamento

Tipo de organização de planta do edifício, classificada em apartamentos por andar	menor que (ótimo)	valor médio	maior que (desaconselhável)
1 apto por andar	22	27	32
2 aptos por andar	16	18	22
4 aptos por andar	8	10	12
6 aptos por andar	7	9	11
8 aptos por andar	6	8	10

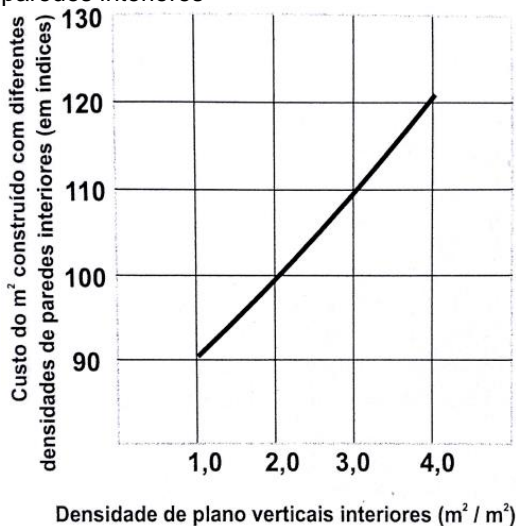
Fonte: Encol (1996 *apud* MASCARÓ, 2010).

Quadro 21 – Densidade de planos verticais interiores em relação a planta

Tipo de unidade habitacional classificada por faixa de área privativa total	menor que (ótimo)	valor médio	maior que (desaconselhável)
apto de 70 a 100 m ²	2,0	2,2	2,5
apto de 100 a 140 m ²	1,9	2,1	2,4
apto de 140 a 180 m ²	1,9	2,1	2,3
apto de 180 a 240 m ²	1,8	2,0	2,2
apto de 250 a 400 m ²	1,7	1,9	2,1

Fonte: Encol (1996 *apud* MASCARÓ, 2010).

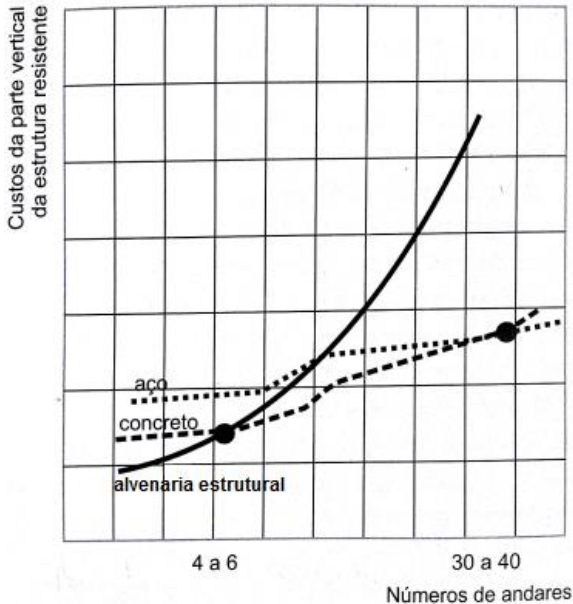
Figura 20 – Variação do custo por m² em função da quantidade de paredes interiores



Fonte: Mascaró (2010).

Já em relação à estrutura, sabe-se que sua parte vertical suporta e transmite as cargas. Quanto mais andares possui o edifício, maior a carga que estes elementos devem suportar. Em geral, os materiais se comportam de maneiras diferentes conforme muda a altura do edifício em questão, isto acontece devido a relação entre seu peso e sua carga admissível. Por exemplo, o aço possui uma resistência bem maior do que a alvenaria estrutural, no entanto seu peso próprio também é maior, desta forma a questão é encontrar os pontos onde estas curvas se encontram. A Figura 21 demonstra isso para 3 materiais típicos, sendo possível verificar em que altura de edifício cada material se apresenta mais econômico. No entanto, é importante lembrar que a disponibilidade de materiais e o grau de desenvolvimento da região pode fazer com que as curvas deste gráfico se alterem.

Figura 21 – Variação do custo da parte vertical da estrutura em diferentes materiais em função da altura do edifício



Fonte: Mascaró (2010).

Na Figura 22 Mascaró (2010) faz uma comparação dos custos considerando também a altura no índice de compacidade, o cálculo é feito através da seguinte equação:

$$I_C = \frac{I_{CP}}{\sqrt{n}} \quad (5)$$

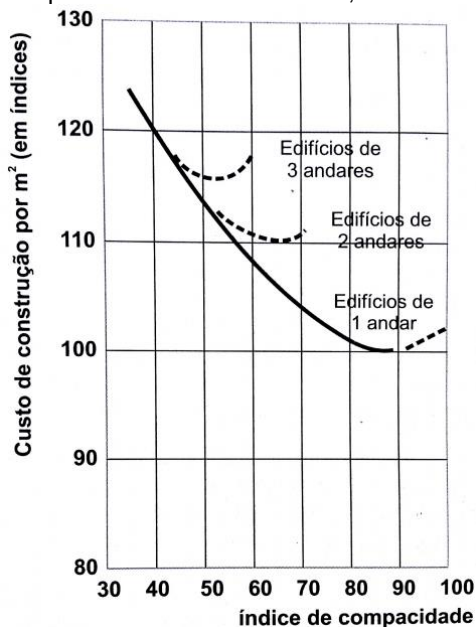
Sendo:

I_C : índice de compacidade

I_{CP} : índice de compacidade de cada pavimento

n : número de pavimentos do projeto

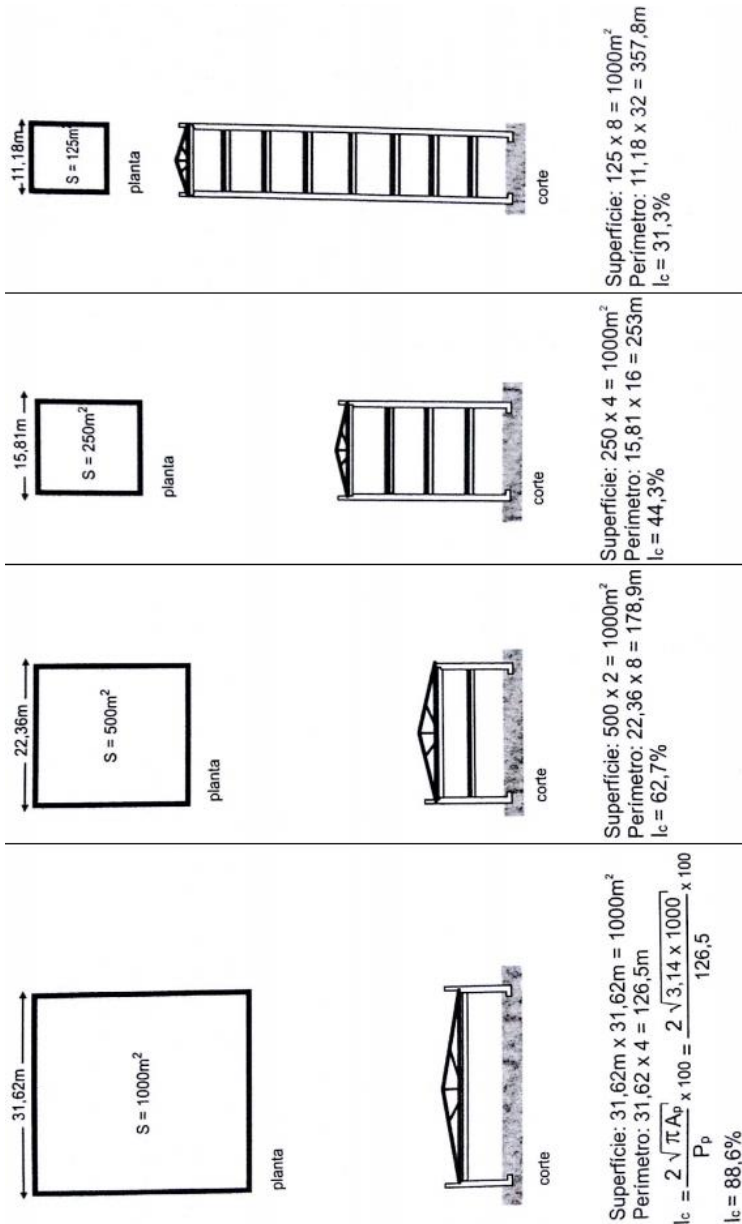
Figura 22 – Variação do custo do edifício em função do índice de compacidade da mesma forma, mas de diferentes alturas edificadas



Fonte: Mascaró (2010).

Esta variação de custos acontece pois a quantidade de fachada em relação à área de piso aumenta, aumentando também os custos. Mascaró (2010) demonstra estas diferenças na Figura 23.

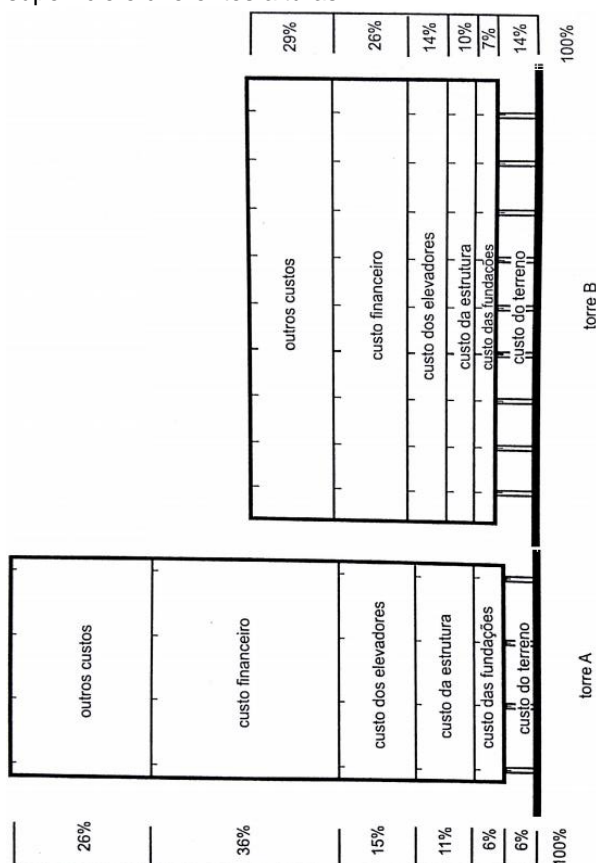
Figura 23 – Perímetro das fachadas e índice de compacidade de edifícios sem considerar arestas



Fonte: Mascará (2010).

Já na Figura 24, Villa (1982 *apud* Mascaró 2010) demonstra os custos de um estudo realizado na Colômbia, onde é possível verificar que o edifício mais alto teve um incremento de 10% nos custos financeiros. Este valor pode variar conforme a região em que se encontra, pois depende tanto da programação da obra, quanto da taxa de juros do mercado financeiro. Em países em desenvolvimento (como o Brasil por exemplo) esta diferença tende a ser cada vez maior, pois as taxas de juros são altas. Já em países desenvolvidos, com baixas taxas de juros, edifícios altos se tornam mais econômicos.

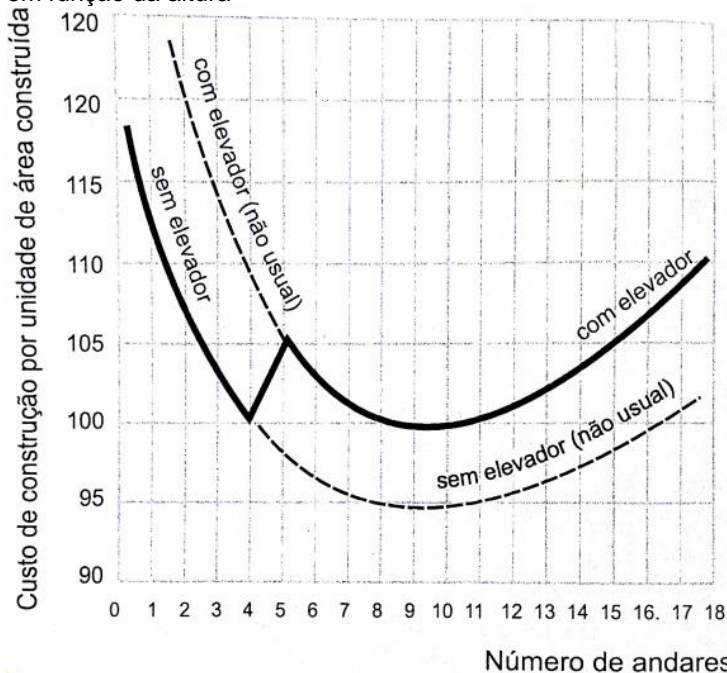
Figura 24 – Participação do custo financeiro em dois edifícios de mesma superfície e diferentes alturas



Fonte: Villa (1982 *apud* MASCARÓ, 2010).

Além disso, deve ser considerado o impacto que o elevador tem nos custos de um edifício. Estudos indicam que para os casos onde o elevador não é necessário, quanto mais alto o edifício, menores serão seus custos. Para os casos onde o elevador se faz necessário, é interessante que o edifício tenha de 8 a 9 andares ou mais. Desde que abaixo de 12 andares, pois a partir deste pavimento os custos tendem a aumentar novamente (Figura 25).

Figura 25 – Variação do custo de construção em edifícios de habitação em função da altura



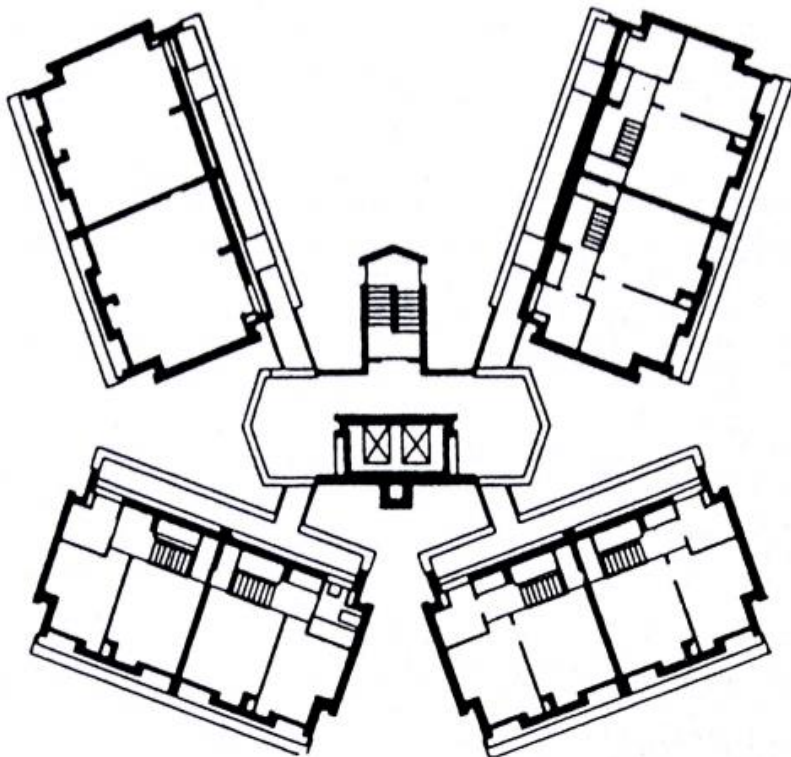
Fonte: Mascaró (1968 *apud* MASCARÓ, 2010).

Como é possível verificar na Figura 25, um edifício com elevadores pode chegar a custar cerca de 5% a mais por metro quadrado construído do que outro edifício exatamente igual, mas sem elevador. Se forem acrescentados os custos de manutenção e uso a diferença aumenta ainda mais (MASCARÓ, 2010).

No entanto o autor enfatiza a necessidade de se tomar cuidado nas tentativas de se aproveitar ao máximo o uso dos

elevadores, como exemplo ele apresenta a Figura 26. Neste caso se teve uma economia nos elevadores (de 3 a 4% dos custos), mas um aumento de circulações e perda de compactidade, que podem comprometer em torno de 20 a 25% dos custos.

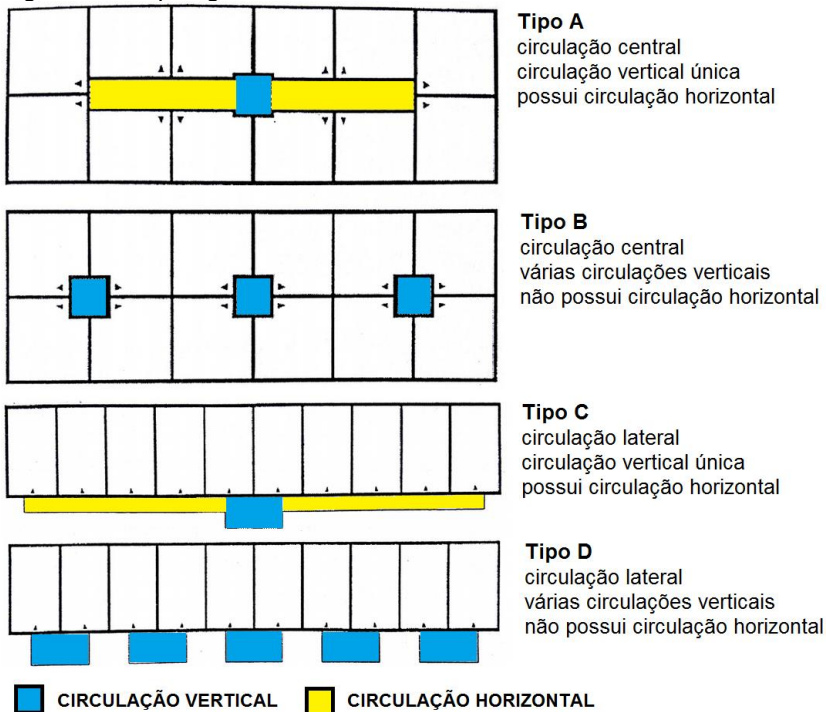
Figura 26 – Edifício habitacional em Londres do arquiteto John Shaw



Fonte: adaptado de Mascaró (2010).

Mascaró (2010) apresenta algumas tipologias de edifícios laminares na Figura 27. Nos tipos A e C existem corredores em todos os pavimentos, mas uma única circulação vertical. Já nos tipos B e D há uma economia nos corredores, mas as circulações verticais se multiplicam.

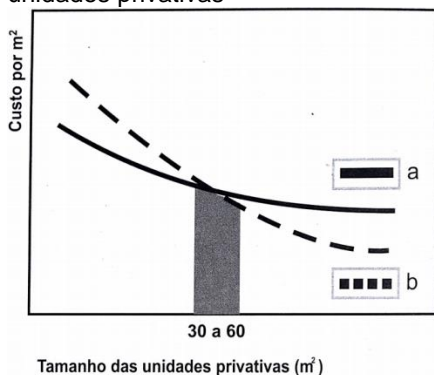
Figura 27 – Tipologias de edifícios laminares



Fonte: adaptada de Mascaró (2010).

Mascaró (2010) mostra na Figura 28 os custos para as tipologias A e B apresentadas na Figura 27. Pode-se notar que para apartamentos pequenos (menores que 30 m²) é melhor que se utilizem circulações horizontais e uma única circulação vertical (tipo A). Já para apartamentos grandes (maiores que 60 m²) é mais econômica a escolha por múltiplas circulações verticais, sem corredores (tipo B).

Figura 28 – Custos das tipologias A e B em função do tamanho das unidades privativas

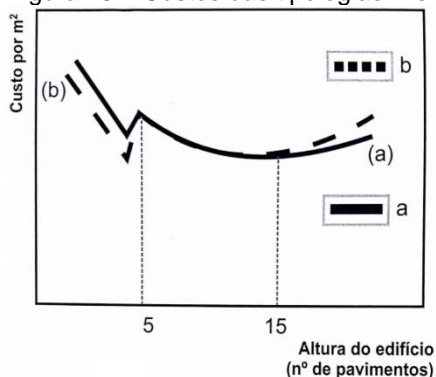


Fonte: Mascaró (2010).

Esta análise também foi feita pelo autor em relação à altura do edifício (Figura 29), onde foi possível concluir que:

- edifícios com menos de 5 pavimentos: como não possuem elevador, a tipologia B, com várias circulações verticais, é mais econômica;
- edifícios entre 5 e 15 pavimentos: os custos são muito próximos entre as tipologias A e B, ficando difícil definir qual é mais econômico;
- edifícios com mais de 15 pavimentos: como é necessário que haja elevador, a tipologia A, com apenas uma circulação vertical e várias horizontais, é mais econômica.

Figura 29 – Custos das tipologias A e B em função da altura do edifício



Fonte: Mascaró (2010).

No Quadro 22, Mascaró (2010) apresenta um estudo sobre os custos levantados pelo *Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB)*. Neste quadro é possível comparar as tipologias A e B com C e D (Figura 27). É possível verificar que a utilização de circulação lateral, para edifícios de baixo padrão e com poucos pavimentos, gera uma economia considerável, podendo chegar a cerca de 10%.

Quadro 22 – Variação do custo de construção entre tipologias com circulação central (A e B) e lateral (C e D)

Tipo de edifício laminar	Tamanho dos apartamentos				
	1 dorm.	2 dorm.	3 dorm.	4 dorm.	média
Corredores centrais (A e B)	111,9	107,8	110,3	109,3	109,8
Corredores laterais abertos (C e D)	101,1	100	103,7	102,7	101,8
Economia em %	10,6	7,8	6,4	6,4	7,8

Fonte: Mascaró (2010).

Para finalizar seu estudo, Mascaró (2010) apresenta maneiras de se fazer algumas avaliações econômicas simplificadas para verificar se o projeto se adequa às necessidades de custo e valor de venda.

O Quadro 23 apresenta o custo por metro quadrado com base no CUB (Custo Unitário Básico da Construção Civil). Para isso devem ser utilizados os menores valores nos casos de um projeto se apresentar otimizado, enquanto valores maiores são utilizados nos casos de projetos e construções de padrão mais elevado. Já o Quadro 18, apresentado anteriormente, demonstra as equivalências de cada área com base no apartamento tipo. Desta forma, multiplicando-se a área calculada, pelos respectivos coeficientes de equivalência (Quadro 18) e então pelo custo de construção de acordo com seu padrão (Quadro 23), tem-se o custo total do edifício em CUBs.

Quadro 23 – Custo de construção de alguns tipos de edificações residenciais

Tipo de edificação	Custo em CUB/m²
Prédio padrão médio com elevador	0,8 a 1,1
Prédio padrão simples sem elevador	0,6 a 0,8
Residência em sobrado com acabamento padrão médio	0,8 a 1,2
Residência em sobrado com acabamento padrão simples	0,5 a 0,7

Fonte: Mascaró (2010).

Para avaliar o custo da estrutura (que pode chegar a 20% do custo do edifício), Encol (1990 *apud* MASCARÓ, 2010) propõe as taxas apresentadas no Quadro 24.

Quadro 24 – Indicadores para avaliação econômica de estruturas resistentes em prédios residenciais

Elemento avaliado	Altura total da estrutura desde o último subsolo até a última laje								
	Até 14 pavimentos			15 a 20 pavimentos			21 a 30 pavimentos		
	Mínimo	Normal	Máximo	Mínimo	Normal	Máximo	Mínimo	Normal	Máximo
Espessura média da laje incluindo vigas (cm)	12	14	16	16	18	20	18	20	22
Densidade de pilares (m ² /pilar)	12	15	20	12	15	20	12	15	20
Índice de forma (m ² forma/ m ² laje)	1,6	1,8	2,1	1,6	1,8	2,1	1,6	1,8	2,1
Taxa média de armadura (kg/ m ² laje)	8,0	10,0	12,0	12,0	15,0	18,0	15,0	18,0	21,0

Fonte: Encol (1990 *apud* MASCARÓ, 2010).

Para medir o índice de eficiência econômica de projeto, Mascaró (2010) apresenta a equação a seguir. Nela se multiplica a relação entre área útil e área total equivalente pelos índices de compacidade, altura, densidade de paredes, estrutura e garagem, por exemplo. É possível incorporar mais índices para que se tenha um resultado mais preciso, sendo que quanto mais próximo de 1, mais eficiente é o projeto.

$$I_{EP} = \frac{A_U}{A_{TE}} \times I_C \times I_A \times I_{DP} \times I_{EST} \times I_{GAR} \times \dots \quad (6)$$

Sendo:

I_{EP}: índice de eficiência econômica de projeto

A_U: área útil do projeto

A_{TE}: área total equivalente

I_C: índice de compacidade

I_A: índice de altura

I_{DP}: índice de densidade de paredes

I_{EST}: índice da estrutura

I_{GAR}: índice de garagens

Este estudo desenvolvido por Mascaró (2010) teve sua primeira edição em 1985, onde vários indicadores foram calculados por autores como Oliveira, Lantelme e Formoso (1995) para outros empreendimentos ao longo do tempo. Seus resultados foram apresentados no ANEXO B.

2.2.1.9 Análise de construtibilidade de Assahi (2014)

De acordo com Assahi (2014) a análise teve início na década de 80, época em que se utilizava muito a tipologia estrutural reticulada, com pilares, vigas e lajes e com a utilização de formas de madeira. Atualmente percebe-se uma tendência para utilização de outras metodologias de produção, tais como uso de elementos pré-moldados, estruturas sem vigas executadas com formas industrializadas transportadas por grua, entre outras. Mas ainda a utilização do sistema de formas de madeira para pilares, vigas e lajes é muito comum.

A estratégia apresentada possui foco na eliminação do tempo ocioso, já que este é o ponto chave para aumento de produtividade. Este objetivo foi definido devido ao fato do custo da mão de obra ser o mais representativo dentre os 5 centros de custo que compõem o total da estrutura de concreto armado: concreto usinado, armação, sistema de forma, sistema de

cimbramento e mão de obra. Assim, o equilíbrio destes indicadores conduz para o resultado de menor custo executado por área de laje (ASSAHI, 2014).

Os indicadores apresentados por Assahi (2014) são:

- a) densidade de pilares (m^2/pilar);
 - área de projeção / quantidade de pilares,
 - valor equilibrado de $15 \text{ m}^2/\text{pilar}$,
 - pilares de 2 a 3 m de comprimento em planta devem ser considerados como 1,5 pilar,
 - pilares com mais de 3 m devem ser considerados como 2 pilares,
 - pilares em forma de L devem ser considerados como 2 pilares,
 - pilares em forma de U devem ser considerados como 3 pilares.
- b) densidade de vigas (m/m^2);
 - comprimento das vigas / área estruturada,
 - valor equilibrado de $0,45 \text{ m}/\text{m}^2$.
- c) área média de laje (m^2);
 - valor equilibrado de 25 m^2 .

Os valores apresentados foram definidos estatisticamente como equilibrados, pois quando se chegar próximo a eles a área total de formas fica dividida da seguinte forma: 30% nos pilares, 25% nas vigas, e 45% nas lajes.

Como a produtividade em cada um destes elementos é diferente: $0,6 \text{ HH}/\text{m}^2$ (Homem Hora por metro quadrado) para os pilares, $0,7 \text{ HH}/\text{m}^2$ para as vigas e $0,4 \text{ HH}/\text{m}^2$ para as lajes a proporção apresentada como equilibrada por Assahi faz com que os tempos para execução dos elementos sejam iguais (multiplicando as porcentagens pela produtividade de cada um temos cerca de $0,18 \text{ HH}/\text{m}^2$). Isso faz com que se possa dimensionar a equipe de carpinteiros para a conclusão da primeira etapa em um determinado tempo, por exemplo, caso os pilares devam ser executados em 1 dia de serviço a previsão é de que as próximas 2 etapas (vigas e lajes), também possam ser executadas em 1 dia cada.

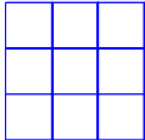
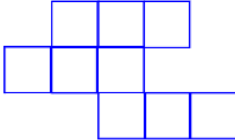
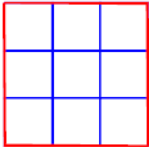
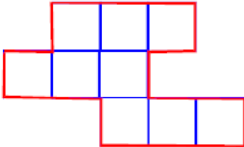
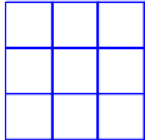
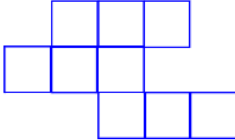
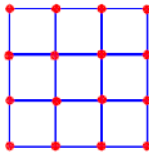
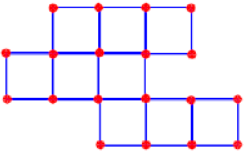
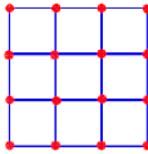
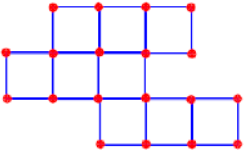
Segundo Assahi (2014), estas condições permitem que seja prevista, com precisão, a execução de 1 pavimento reticulado de forma equilibrada em ciclos de 5 dias trabalhados. Para isso deve-se dimensionar uma equipe para que em 6 horas os pilares estejam montados, possibilitando assim que as vigas

sejam montadas em 6 horas e as lajes em mais 6 horas, prevendo 6 horas para a concretagem dos pilares. Nesta etapa foram totalizadas 24 horas, equivalentes a 3 dias trabalhados. Agora é necessário mais 1 dia para armação de vigas e lajes e execução das instalações e mais 1 dia para a concretagem de vigas e lajes, totalizando os 5 dias trabalhados, sem ociosidade de operários.

2.2.1.10 Custos comparativos de Franco (2014)

De acordo com Franco (2014), diversos fatores podem influenciar nos custos de uma obra, como: características do projeto, grau de industrialização, tamanho das séries e escalas de produção, organização do processo, produtividade e perdas. Dentro do item características do projeto, o autor menciona ainda os componentes do edifício (quantidade de paredes e lajes, instalações, fundação e cobertura, por exemplo), o índice de compacidade, o pé-direito e quantidade de pavimentos. Para ilustrar o autor fez uma simulação comparando 2 projetos fictícios (Quadro 25), onde cada quadrado possui 5 m de comprimento e largura com pé-direito de 3 m. Neste quadro é possível ver claramente o impacto que a racionalização construtiva pode ter nos custos de um empreendimento.

Quadro 25 – Impacto da racionalização construtiva nos custos de um empreendimento

TIPO 1	TIPO 2
Área construída (m²)	
= 9 x (5 x 5) = 225 m ²	= 9 x (5 x 5) = 225 m ²
	
Área de fachada / pavimento (m²/pvto)	
= 12 x (5 x 3) = 180 m ² /pvto	= 18 x (5 x 3) = 270 m ² /pvto 50% a mais que o Tipo 1
	
Área de alvenaria / pavimento (m²/pvto)	
= 24 x (5 x 3) = 360 m ² /pvto	= 27 x (5 x 3) = 405 m ² /pvto 12,5% a mais que o Tipo 1
	
Quantidade de pontos de fundação	
16 pontos	19 pontos 18,8% a mais que o Tipo 1
	
Comprimento de viga baldrame (m)	
= 24 x 5 = 120 m	= 27 x 5 = 135 m 12,5% a mais que o Tipo 1
	

Fonte: adaptado de Franco (2014).

2.2.1.11 Indicadores de arquitetura de Melhado (2014)

Melhado (2014) menciona diversos indicadores referentes ao projeto de arquitetura:

- a) índice de compacidade (%);
 - $100 \times$ perímetro de um círculo de igual área de projeto do pavimento tipo / perímetro do pavimento tipo (incluindo as sacadas),
 - valor ótimo de 75 a 80%,
 - valor bom de 60 a 75%,
 - valor desaconselhável quando abaixo de 60%,
 - valores para apartamentos com menos de 250 m².
- b) área unitária de garagem (m²/vaga);
 - área total de garagem / quantidade total de vagas,
 - valor ótimo quando abaixo de 23 m²/vaga para apartamentos de 140 a 250 m²,
 - valor ótimo quando abaixo de 22 m²/vaga para apartamentos de 100 a 140 m²,
 - valor ótimo quando abaixo de 20 m²/vaga para apartamentos menores que 100 m²,
 - valor bom de 23 a 25 m²/vaga para apartamentos de 140 a 250 m²,
 - valor bom de 22 a 24 m²/vaga para apartamentos de 100 a 140 m²,
 - valor bom de 20 a 23 m²/vaga para apartamentos menores que 100 m²,
 - valor desaconselhável quando acima de 25 m²/vaga para apartamentos de 140 a 250 m²,
 - valor desaconselhável quando acima de 24 m²/vaga para apartamentos de 100 a 140 m²,
 - valor desaconselhável quando acima de 23 m²/vaga para apartamentos menores que 100 m².
- c) densidade de paredes (m²/m²);
 - área das paredes do pavimento tipo / área de projeção do pavimento tipo,
 - valor ótimo de 1,5 a 1,8 m²/m² para apartamentos de 180 a 250 m²,
 - valor ótimo de 1,5 a 1,9 m²/m² para apartamentos de 100 a 180 m²,
 - valor ótimo de 1,5 a 2,0 m²/m² para apartamentos menores que 100 m²,

- valor bom de 1,8 a 2,2 m²/m² para apartamentos de 180 a 250 m²,
 - valor bom de 1,9 a 2,3 m²/m² para apartamentos de 140 a 180 m²,
 - valor bom de 1,9 a 2,4 m²/m² para apartamentos de 100 a 140 m²,
 - valor bom de 2,0 a 2,4 m²/m² para apartamentos menores que 100 m².
 - valor desaconselhável de 2,2 a 2,5 m²/m² para apartamentos de 180 a 250 m²,
 - valor desaconselhável de 2,3 a 2,5 m²/m² para apartamentos de 140 a 180 m²,
 - valor desaconselhável de 2,4 a 2,5 m²/m² para apartamentos de 100 a 140 m²,
 - valor desaconselhável quando acima de 2,5 m² para apartamentos menores que 100 m².
- d) área de uso comum (m²);
- soma das áreas cobertas e descobertas reais nos diversos pavimentos e fora dos limites de uso exclusivo de cada unidade autônoma,
 - valor ótimo quando abaixo de 22 m² para pavimentos com 1 apartamento por andar,
 - valor ótimo quando abaixo de 16 m² para pavimentos com 2 ou mais apartamentos por andar,
 - valor bom de 22 a 32 m² para pavimentos com 1 apartamento por andar,
 - valor bom de 16 a 22 para pavimentos com 2 ou mais apartamentos por andar,
 - valor desaconselhável quando acima de 32 m² para pavimentos com 1 apartamento por andar,
 - valor desaconselhável quando acima de 22 m² para pavimentos com 2 ou mais apartamentos por andar.
- e) área privativa / área total da construção;
- valor ótimo de 0,65 a 0,70,
 - valor bom de 0,59 a 0,64,
 - valor desaconselhável quando abaixo de 0,59.

2.2.1.12 Referências dos últimos 10 anos

Para concluir a fase de revisão bibliográfica, foi feita uma busca com o termo construtibilidade no Portal de Periódicos da

CAPES. Considerando apenas os materiais encontrados para os últimos 10 anos e relacionados com o tema deste trabalho, é possível citar ainda os seguintes estudos:

- a) Consideração do projeto no desempenho dos sistemas construtivos e qualidade da edificação - proposição de um modelo de banco de dados (LIMA, 2005): propõe um modelo de banco de dados evidenciando as patologias, parâmetros técnicos e construtivos dos principais componentes e elementos construtivos, baseando-se em alguns conceitos básicos como projeto do produto, projeto do processo, racionalização e construtibilidade;
- b) A construtibilidade como requisito de avaliação de componentes para a edificação - o caso do elemento de integração alvenaria/ esquadria (ZUCCHETTI, 2010): demonstra a avaliação da construtibilidade do elemento de integração, desenvolvido para solucionar patologias geradas pela interface alvenaria/ esquadria;
- c) Estrutura de um projeto para produção de alvenarias de vedação com enfoque na construtibilidade e aumento de eficiência na produção (CHALITA, 2010): apresenta a sistemática como um projeto para produção de alvenarias de vedação deve ser apresentado para que garanta a construtibilidade e a eficiência na produção.

2.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Na revisão bibliográfica foram levantados diversos modelos e abordagens de medição através do uso de indicadores. Os indicadores relacionados a medição da construtibilidade através da análise do projeto foram base para o estudo desenvolvido nesta dissertação.

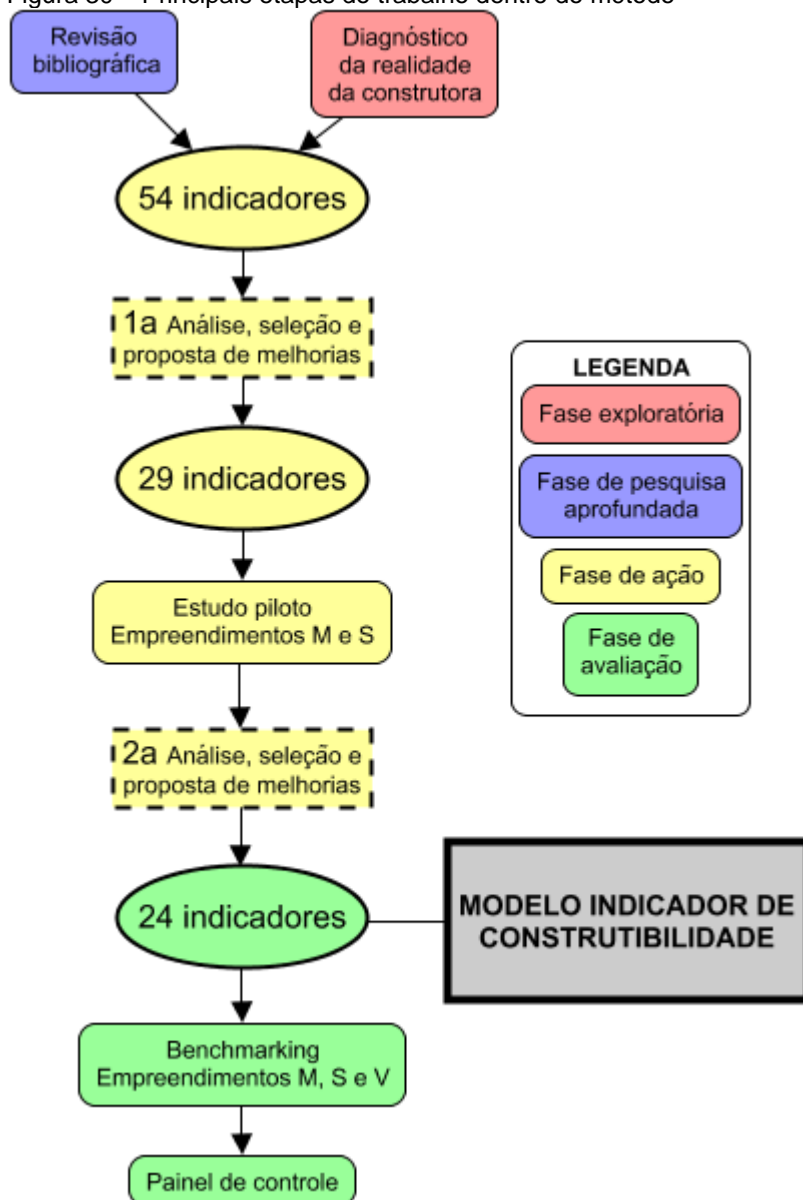
O Quadro 33 (capítulo 4.3.1), apresentado mais adiante, lista estes indicadores. Já o Quadro 34 (capítulo 4.3.2), apresenta novos indicadores que puderam ser criados com base no exposto pela bibliografia e na percepção da autora em relação à sua relevância na medição da construtibilidade.

3 MÉTODO, FERRAMENTAS E TÉCNICAS

Neste item foram detalhadas as fases do método da pesquisa-ação, utilizado neste trabalho. A pesquisa foi definida como quantitativa, pois seu modelo foi definido através de medições e aplicação de indicadores.

A Figura 30 representa uma síntese de tudo que é apresentado nas fases do método, com as principais etapas deste trabalho.

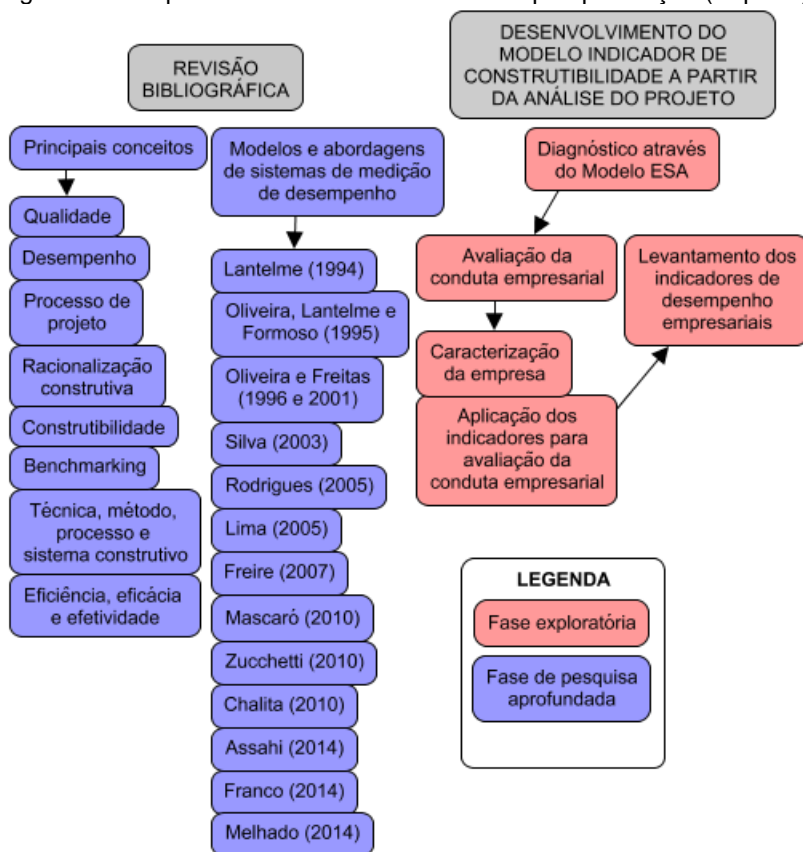
Figura 30 – Principais etapas do trabalho dentro do método



Fonte: da autora (2015).

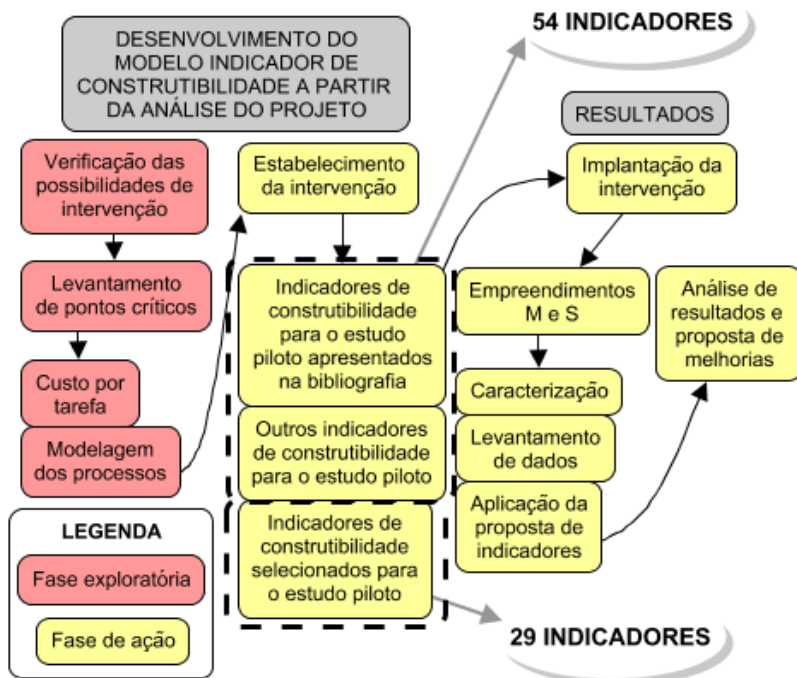
Como esta não é uma estrutura rígida, algumas etapas foram trabalhadas paralelamente. As figuras a seguir (Figura 31, Figura 32 e Figura 33) demonstram a sequência que foi seguida, bem como a inserção dos capítulos deste trabalho nas fases da pesquisa-ação.

Figura 31 – Capítulos do trabalho nas fases da pesquisa-ação (1ª parte)



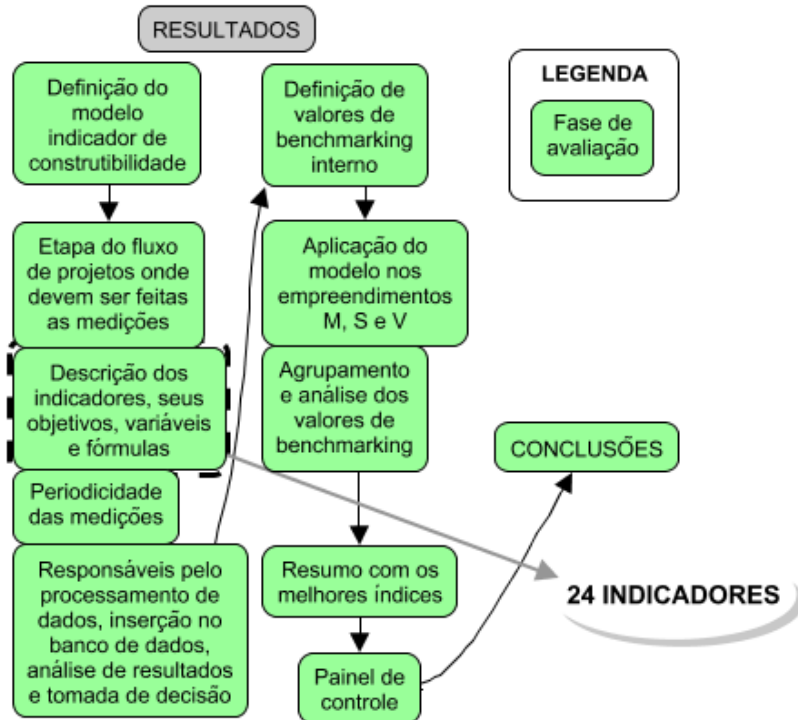
Fonte: da autora (2015).

Figura 32 – Capítulos do trabalho nas fases da pesquisa-ação (2ª parte)



Fonte: da autora (2015).

Figura 33 – Capítulos do trabalho nas fases da pesquisa-ação (3ª parte)



Fonte: da autora (2015).

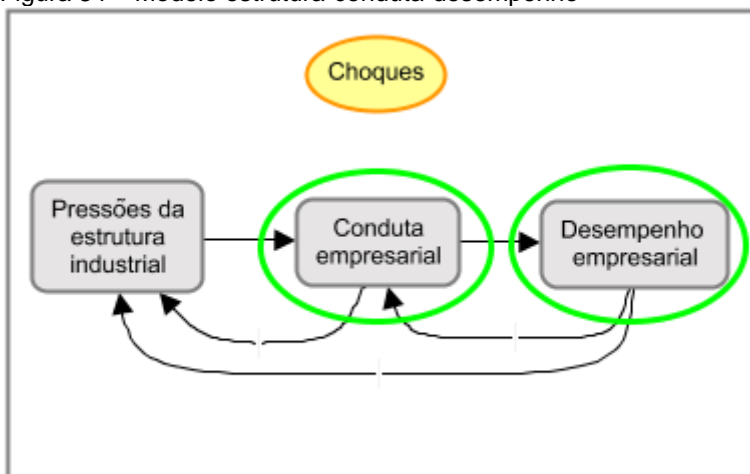
3.1 FASE EXPLORATÓRIA

Conforme Thiollent (1988), nesta fase deve ser feito o diagnóstico da situação, dos principais problemas e possíveis ações.

Para a detecção dos problemas foi feito um diagnóstico da construtora através da aplicação de parte do Modelo ESA (LIBRELOTTO, 2005), modelo de avaliação do desempenho sustentável através de 3 dimensões: econômica, social e ambiental.

Para o diagnóstico da construtora foi realizada a caracterização da empresa e avaliação da conduta empresarial, além do levantamento dos indicadores de desempenho empresariais (Figura 34).

Figura 34 – Modelo estrutura-conduta-desempenho



Fonte: adaptado de Abreu (2001 *apud* LIBRELOTTO, 2005).

Na caracterização da empresa foram levantadas informações como localização da construtora, tempo de atuação, quantidade de funcionários, certificações, estrutura organizacional, mercado em que atua e portfólio.

Já para a avaliação da conduta empresarial foi aplicada uma adaptação dos questionários e entrevistas de Librelotto (2005). As respostas relacionadas ao desenvolvimento de produtos e processos, produção e manutenção foram compiladas e os resultados dos indicadores foram analisados em relação à construtora em estudo.

Para finalizar o diagnóstico através do Modelo ESA foram levantadas algumas informações referentes aos indicadores de desempenho utilizados pela construtora. No entanto a qualidade da medição do desempenho não pôde ser avaliada, pois não houve acesso as suas fórmulas, variáveis, resultados e metas.

Em seguida foi feita a análise da capacidade de ação através do levantamento de pontos críticos como custos por tarefa e a própria modelagem dos processos.

Para o item referente aos custos por tarefa, foram retomados alguns pontos importantes de Mascaró (2010), Silva (2003) e Construção Mercado (2015), levantados na revisão bibliográfica. Estes pontos foram analisados afim de se definir quais as tarefas que devem ser o foco do estudo.

Já na modelagem dos processos foi feita uma análise do fluxo de projetos da empresa, para que fosse possível definir em qual etapa a intervenção se encaixaria melhor.

3.2 FASE DE PESQUISA APROFUNDADA

Na fase de pesquisa foi realizada a revisão bibliográfica: definindo o que são indicadores e como podem ser estabelecidos, verificando quais metodologias e ferramentas são aplicáveis na implementação do monitoramento do desempenho de empresas construtoras. Também foi realizado um estudo sobre o impacto das decisões tomadas nos projetos nos custos dos empreendimentos. Esta etapa foi feita através da contextualização dos principais conceitos, da busca por bibliografias de autores referência para o estudo e através de busca de materiais mais recentes.

3.3 FASE DE AÇÃO

Com as fases exploratória e de pesquisa aprofundada finalizadas foi possível estabelecer a intervenção. Para isso foram levantados, analisados e selecionados os indicadores apresentados na bibliografia (Quadro 33).

Em seguida foram listados e analisados novos indicadores criados com base na revisão bibliográfica e na realidade da construtora em estudo (Quadro 34).

O Quadro 26 apresenta um exemplo de como foram feitas estas análises, onde sua primeira coluna lista o nome dos indicadores, na segunda coluna quais indicadores foram selecionados (verde) e quais não foram (vermelho). Na primeira linha de cada indicador foram assinalados com um X os fatores da construtibilidade de Oliveira (1994 *apud* AMANCIO, 2010) com os quais cada indicador está relacionado. Nesta mesma linha foram assinalados também quais autores citam cada indicador. Já a segunda linha de cada indicador descreve a análise feita. Ao final do quadro está a legenda utilizada para os fatores e referências.

Quadro 26 – Modelo de quadro de análise dos indicadores

Índice	Fatores					Referências										
	1	2	3	4	5	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Indicadores gerais																
Índice de construtibilidade	Selecionado	X	X	X	X						X					
	A importância deste indicador está na avaliação de outras características não levantadas nos demais indicadores, como facilitar a execução sob condições climáticas adversas, por exemplo.															
Índice de eficiência econômica de projeto	Não selecionado												X			
	Este indicador nada mais é do que a multiplicação de todos os outros pela relação entre área útil e equivalente, mede a otimização de recursos como um todo. No entanto neste estudo serão incorporados outros indicadores que podem não estar diretamente ligados à eficiência econômica do projeto. Por isso, no decorrer do trabalho, será apresentado outro indicador que forneça um valor global relacionado à construtibilidade.															

Fatores de construtibilidade de Oliveira (1994 *apud* AMANCIO, 2010):

- 1 Simplicação do projeto
- 2 Padronização
- 3 Sequência executiva e interdependência entre atividades
- 4 Acessibilidade e espaços adequados para o trabalho
- 5 Comunicação entre projeto e obra

Referências:

- | | |
|---------------------------------------|------------------|
| A Lantelme (1994) | G Freire (2007) |
| B Oliveira, Lantelme e Formoso (1995) | H Mascaró (2010) |
| C Oliveira e Freitas (1996) | I Assahi (2014) |
| D Oliveira e Freitas (2001) | J Franco (2014) |
| E Silva (2003) | K Melhado (2014) |
| F Rodrigues (2005) | |

Fonte: da autora (2015).

Na análise apresentada nestes quadros, foram considerados alguns requisitos básicos definidos por Costa (2005) como: alinhamento com objetivos estratégicos, seletividade, representatividade, simplicidade, baixo custo, estabilidade, abordagem experimental, comparação externa e melhoria contínua e os mencionados por Barth (2007):

- a) disponibilidade de dados e facilidade de coleta, sendo que o ideal é que sejam utilizados apenas dados que já são coletados pela empresa, seja para fazer orçamentos ou para compra de materiais por exemplo;
- b) simplicidade e clareza do sistema de coleta, já que desta forma podem facilmente fazer parte da rotina dos funcionários;
- c) possuir um responsável pela coleta dos dados bem definido, bem como verificar se os critérios e periodicidade previamente definidos estão sendo seguidos;
- d) treinamento dos funcionários sobre a importância destas medições e quais são as vantagens que isso traz.

Estes indicadores levantados (Quadro 33 e Quadro 34) totalizavam 54 indicadores. Após a análise e primeira seleção apresentada nestes mesmos quadros, restaram 29 indicadores.

No APÊNDICE D são descritos estes indicadores. No Quadro 27 é apresentado um modelo, onde a primeira linha descreve o nome do indicador, a segunda sua fórmula, em seguida as variáveis, observações relacionadas a eles e o fator de análise do resultado. Este fator serve para mostrar quais resultados são melhores: os que tem maior valor ou os que tem menor valor. Dentre estas observações destacam-se as alterações que foram necessárias em algumas de suas fórmulas.

As principais foram:

- a) inversão da relação entre as variáveis, para que quanto maiores os valores, melhores os resultados;
- b) utilização de valores de referência externa como constantes nas fórmulas, a fim de se obter resultados percentuais proporcionais ao tamanho dos apartamentos, quantidade de vagas de garagem e quantidade de apartamentos por pavimento, por exemplo.

Quadro 27 – Modelo do quadro de indicadores para o estudo piloto

COMPACIDADE DO PAVIMENTO TIPO		
Fórmula	$I_{cmp} (\%) = 100 \times \frac{2\sqrt{A_p \times \pi}}{P_p}$	
Variáveis	Ap (m ²)	Área do pavimento tipo
	Pp (m)	Perímetro
OBS	Deve-se tomar cuidado na análise deste indicador, pois é igual a 100% corresponde a um círculo. Conforme já apresentado na revisão bibliográfica, o quadrado, que possui índice de compactidade menor do que o do círculo, ainda é melhor em termos de construtibilidade. Isto ao serem analisadas as formas tradicionais de construção, como estrutura com formas de madeira e concreto moldado <i>in loco</i> , por exemplo.	
Menor - Pior	Fator de análise do resultado	Maior - Melhor

Fonte: da autora (2015).

Com a intervenção definida foi possível dar início a implantação. Esta etapa foi feita através de um estudo piloto, com a medição dos 29 indicadores (APÊNDICE D) em 2 empreendimentos (M e S), que foram caracterizados. Os seus dados foram levantados e os indicadores calculados.

Na caracterização dos empreendimentos foram descritas sua localização, área construída, quantidade de pavimentos, área privativa dos apartamentos e um breve relato da área comum. O Quadro 28 apresenta um resumo com as principais características de ambos.

Quadro 28 – Resumo da caracterização dos empreendimentos M e S

Empreendimento	Localização	Área privativa dos apartamentos	Área construída	Quantidade de pavimentos
<p style="text-align: center;">M</p> 	Joinville (SC)	61, 64 e 74 m ²	10564 m ²	10
<p style="text-align: center;">S</p> 	Joinville (SC)	59, 64 e 74 m ²	10414 m ²	10

Fonte: da autora (2015).

Os dados dos empreendimentos foram compilados em planilhas através de medições feitas nos projetos arquitetônico e estrutural. O Quadro 29 apresenta um modelo, onde os dados dos empreendimentos foram compilados. A primeira coluna representa a sigla da variável calculada, a segunda coluna é onde foi colocado o dado do empreendimento referente a variável em questão e a terceira coluna é a descrição de cada sigla. Os dados levantados para os empreendimentos M e S são apresentados no APÊNDICE E e no APÊNDICE F.

Para a calcular a variável Ae (área equivalente), as áreas reais dos ambientes do empreendimento devem ser multiplicadas por um coeficiente de equivalência. Isto é feito para compensar as diferenças de custo entre as áreas, tomando como base o padrão do apartamento.

No Quadro 18 da revisão bibliográfica foram apresentadas duas referências para este valor: Mascaró (2010) e a NBR 12721 de ABNT (2006). No entanto, na elaboração do Modelo Indicador de Construtibilidade foram utilizados apenas os valores de Mascaró (2010), por serem mais atualizados e melhor detalhados conforme os tipos de área. Além disso, os valores são mais restritivos do que a norma, garantindo assim que ambas as situações sejam atendidas.

Quadro 29 – Modelo de quadro de variáveis e dados

Variáveis para cálculo dos indicadores		
		Variáveis calculadas com planilhas
		Variáveis preenchidas manualmente
		Variáveis para escolha da equação
Empreendimento:		
SIGLA	VALOR	DESCRIÇÃO
Ae (m ²)		Área equivalente total, onde a área de cada ambiente (inclusive das garagens), deve ser multiplicada pelo seu coeficiente de equivalência
Ag (m ²)		Área total de garagem
⋮	⋮	⋮
Ag/Nv		Condicionante para escolha da equação de cálculo da Otimização das Garagens (Igar)

Fonte: da autora (2015).

Por fim estes dados puderam ser aplicados nos indicadores selecionados para o estudo piloto (APÊNDICE D). Os resultados dos indicadores foram apresentados em quadros conforme o modelo do Quadro 30, onde a primeira coluna possui as siglas dos indicadores, a segunda os resultados calculados e a terceira o significado das siglas.

Quadro 30 – Modelo do quadro dos resultados dos indicadores

Empreendimento:		
SIGLA	VALOR	DESCRIÇÃO
Ivia		ÍNDICE GERAL DE VIABILIDADE
Igco		ÍNDICE GERAL DE CONSTRUTIBILIDADE
Icns		ÍNDICE DE CONSTRUTIBILIDADE SEGUNDO OS AGENTES DO PROJETO
Idor		ÍNDICE DE OTIMIZAÇÃO DO FORMATO DOS DORMITÓRIOS
⋮	⋮	⋮
Ipvi		ÍNDICE DE PADRONIZAÇÃO DE VIGAS

Fonte: da autora (2015).

O indicador Índice de Construtibilidade segundo os Agentes do Projeto (Icns) foi calculado conforme a proposta de Rodrigues (2005), apresentada na revisão bibliográfica. Nela é aplicado um *check list* (ANEXO C) que busca avaliar a construtibilidade do projeto do produto através da aplicação deste questionário para agentes do projeto. É importante que fique claro que, nesta dissertação, este não é um indicador geral que representa a construtibilidade de um projeto. Neste estudo o Índice de Construtibilidade Segundo os Agentes do Projeto (Icns) foi utilizado para avaliar a cultura da empresa. Ele é um dos 22 indicadores que compõe a média utilizada para calcular o Índice Geral de Construtibilidade (Igco).

Como um dos empreendimentos foi uma evolução do outro, foi possível analisar os dados e propor melhorias para os indicadores com base na comparação entre ambos. Estes resultados foram apresentados no Quadro 39. Isso foi possível, pois no segundo empreendimento foi criado o setor de Engenharia na construtora, que pôde implantar algumas melhorias em seu projeto.

Estas melhorias estavam relacionadas principalmente à aplicação de uma modulação parcial de 15 cm, eliminação de paredes e elementos desnecessários, revisão de espessuras das alvenarias, utilização de blocos cerâmicos modulares ao invés do tijolo baiano e diminuição de recortes nas fachadas, por exemplo.

Com esta segunda análise foi possível fazer também uma segunda seleção nos indicadores e também algumas modificações em indicadores que podiam ter suas fórmulas

melhoradas. Assim, dos 29 indicadores restaram 24 para o Modelo Indicador de Construtibilidade. Este é um sistema aberto, que pode sofrer alterações de acordo com a realidade da construtora em que for aplicado.

3.4 FASE DE AVALIAÇÃO

Com a fase de ação concluída o Modelo Indicador de Construtibilidade foi definido. Esta definição foi composta pela avaliação das etapas em que se propunha que fossem feitas as intervenções, o resgate dos indicadores que foram validados (com sua descrição, objetivos, variáveis e fórmulas), a sugestão de periodicidade para as medições e os responsáveis para cada etapa (processamento, armazenamento, análise e tomada de decisão).

Estes 24 indicadores foram detalhados no Quadro 41. O modelo a seguir (Quadro 31) apresenta um exemplo de como foram apresentadas as informações destes indicadores. A primeira linha contém o nome do indicador, a segunda os objetivos da sua medição, a terceira sua fórmula, em seguida suas variáveis e seu fator de análise do resultado.

Quadro 31 – Modelo do quadro dos indicadores do Modelo Indicador de Construtibilidade

2		ÍNDICE GERAL DE CONSTRUTIBILIDADE	
Objetivo	O objetivo deste indicador é fornecer uma noção geral de como está a construtibilidade do empreendimento. É importante que para a tomada de decisão sejam analisados cada indicador separadamente e não apenas este. O indicador viabilidade não deve fazer parte do grupo, pois seu objetivo é estimar um custo em CUBs. Este índice pode ter mais ou menos indicadores incorporados ao seu cálculo, dadas as condições de cada projeto. Caso a quantidade de apartamentos de cada tipo seja diferente, também é possível que se apliquem pesos.		
	$I_{gco} (\%) = \frac{\sum I_{xxx}}{Nd}$		
Variáveis	Ixxx (unid)	Indicadores calculados, exceto viabilidade	
	Nd (unid)	Quantidade total de indicadores que farão parte do índice geral de construtibilidade	
Menor - Pior		Fator de análise do resultado	Maior - Melhor

Fonte: da autora (2015).

Com o Modelo Indicador de Construtibilidade definido, as etapas de caracterização, levantamento de dados e aplicação dos indicadores foram realizadas em um terceiro empreendimento (V). O Quadro 32 apresenta as principais características deste empreendimento. No decorrer da dissertação são apresentados mais aspectos dos empreendimentos analisados.

Quadro 32 – Resumo da caracterização do empreendimento V

Empreendimento	Localização	Área privativa dos apartamentos	Área construída	Quantidade de pavimentos
<p style="text-align: center;">V</p> 	Penha (SC)	73, 74, 75, 90, 92, 93 e 122 m ²	22420 m ²	17

Fonte: da autora (2015).

Os resultados dos indicadores dos 3 empreendimentos (M, S e V) foram agrupados no Quadro 44. Os valores dos empreendimentos M e S apresentados neste quadro são uma revisão conforme o novo modelo definido, pois alguns indicadores tiveram sua fórmula alterada na segunda análise, após o estudo piloto.

Estes valores foram apresentados e analisados, os melhores índices foram agrupados no Quadro 69, para que em seguida os resultados dos indicadores pudessem ser recalculados através de regra de três, considerando os melhores índices como 100%. O Quadro 70 apresenta estes resultados (relativos aos melhores índices).

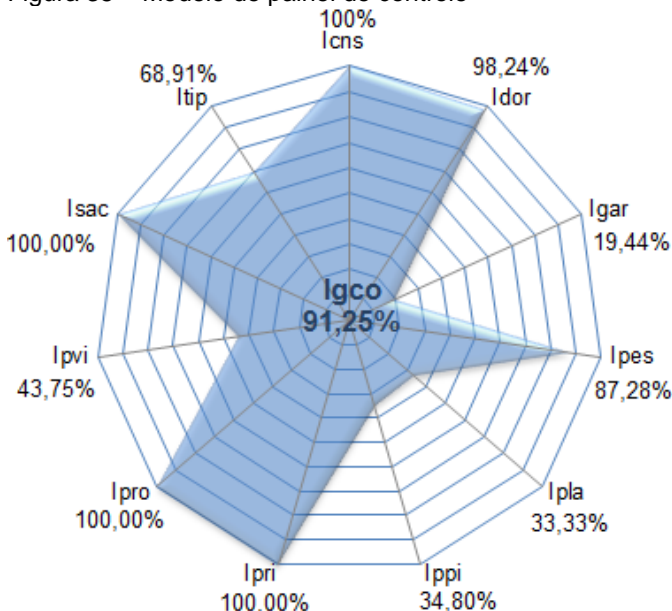
Esta solução foi adotada para tornar a comparação com valores de *benchmarking* interno mais clara. Também foi preferível manter os valores em porcentagem, pois por mais que seja o setor de Engenharia responsável pela análise, a tomada de decisão é a nível gerencial. Na construtora em estudo a gerência não possui conhecimento específico de construção civil, portanto a utilização de valores percentuais facilita sua tomada de decisão.

Em seguida, para facilitar a tomada de decisão, foram utilizados gráficos do tipo radar como forma de painel de controle. A Figura 35 ilustra um exemplo de como foram

apresentados os resultados dos indicadores para determinado empreendimento.

Este tipo de gráfico foi utilizado por ser de fácil interpretação visual. Como o objetivo não é avaliar a relação entre os indicadores, mas sim seus valores individuais, os mesmos foram dispostos de forma aleatória. Assim, quanto maior a superfície do gráfico, melhores os resultados do empreendimento.

Figura 35 – Modelo de painel de controle



- Igco** Índice Geral de Construtibilidade
Icns Índice de Construtibilidade Segundo os Agentes do Projeto
Idor Índice de Otimização do Formato dos Dormitórios
Igar Índice de Otimização das Garagens
Ipes Índice de Padronização de Esquadrias
Ipla Índice de Padronização de Lajes
Ippi Índice de Padronização de Pilares
Ipri Índice de Área Privativa
Ipro Índice de Avaliação do Processo Construtivo Adotado
Ipvi Índice de Padronização de Vigas
Isac Índice de Otimização do Formato das Sacadas
Itip Índice de Otimização da Tipologia das Circulações no Pavimento Tipo

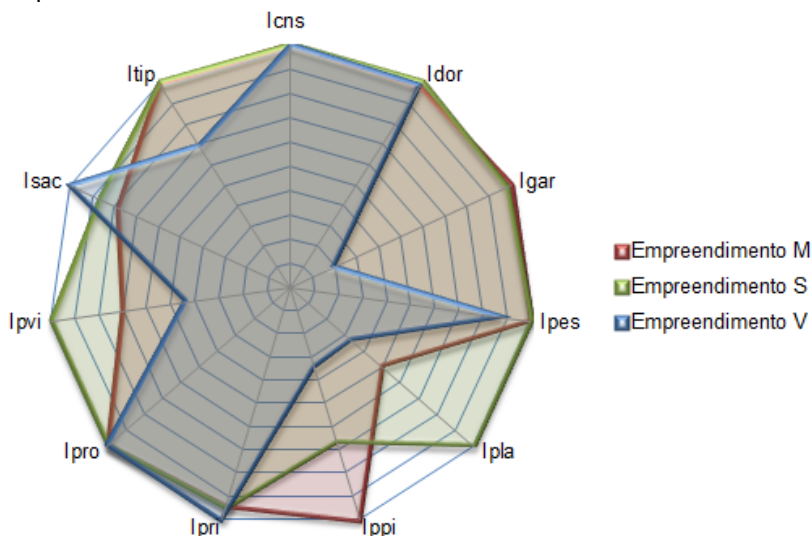
Fonte: da autora (2015).

Neste gráfico, o valor referente ao Índice Geral de Construtibilidade (Igco) foi colocado no centro da superfície, em evidência, por representar uma média de todos os indicadores calculados para o empreendimento, sendo um indicador resultante de todos os demais.

É importante que na análise destes gráficos haja consciência de que os valores de 100% que aparecem em alguns resultados nem sempre representam boa construtibilidade, pois são relativos aos melhores resultados obtidos pela construtora nos empreendimentos estudados.

Para exemplificar as possibilidades de tomada de decisão pela construtora os gráficos radar foram sobrepostos sem seus valores (como ilustra a Figura 36) , de forma que ela possa fazer uma análise comparativa entre os 3 empreendimentos de maneira simples e visual.

Figura 36 – Modelo de painel de controle para comparação entre os empreendimentos



- Icns** Índice de Construtibilidade Segundo os Agentes do Projeto
Idor Índice de Otimização do Formato dos Dormitórios
Igar Índice de Otimização das Garagens
Ipes Índice de Padronização de Esquadrias
Ipla Índice de Padronização de Lajes
Ippi Índice de Padronização de Pilares
Ipri Índice de Área Privativa
Ipro Índice de Avaliação do Processo Construtivo Adotado
Ipv Índice de Padronização de Vigas
Isac Índice de Otimização do Formato das Sacadas
Itip Índice de Otimização da Tipologia das Circulações no Pavimento Tipo

Fonte: da autora (2015).

Para que se pudesse fazer uma avaliação final em relação aos fatores da construtibilidade (simplificação do projeto, padronização, sequência executiva e interdependência entre atividades, acessibilidade e espaços adequados para o trabalho e comunicação entre projeto e obra) de Oliveira (1994 *apud* AMANCIO, 2010), foram apresentados gráficos radar (similares ao do modelo apresentado na Figura 36) com os indicadores agrupados por fator conforme a análise feita no Quadro 33.

Por fim, foram avaliados os resultados da intervenção realizada, reportando aos objetivos específicos e foram feitas sugestões para trabalhos futuros.

4 DESENVOLVIMENTO DO MODELO INDICADOR DA CONSTRUTIBILIDADE A PARTIR DA ANÁLISE GEOMÉTRICA DO PROJETO

Nos itens a seguir estão apresentados os estudos que foram feitos para a proposição do Modelo indicador de construtibilidade a partir da análise geométrica do projeto.

4.1 DIAGNÓSTICO ATRAVÉS DO MODELO ESA

4.1.1 Avaliação da conduta empresarial

4.1.1.1 Caracterização da empresa

A empresa na qual foi desenvolvido o estudo está localizada na região norte do estado de Santa Catarina (Brasil) e atua nesta mesma região há cerca de 8 anos.

A construtora e incorporadora conta com cerca de 150 funcionários diretos. Além disso, trabalha constantemente com projetistas, empresas de segurança de obra, de qualidade, de gestão ambiental, empreiteiros e consultores terceirizados. Possui também as certificações ISO 9001: 2008 e PBQP-H nível A.

Sua estrutura organizacional básica está representada na Figura 37. Nela é possível perceber basicamente 3 níveis: diretoria (nível estratégico), gerência (nível tático) e setores (nível operacional), estrutura esta citada por Juran (1992 *apud* LANTELME, 1994).

Figura 37 – Estrutura organizacional



Fonte: da autora (2014).

Seu foco é a construção de empreendimentos residenciais multifamiliares destinados principalmente à classe média. São feitos em alvenaria estrutural com blocos de concreto ou em estrutura convencional de concreto armado e alvenaria cerâmica de vedação. Apenas o segundo sistema fará parte deste estudo.

A construtora já recebeu o Selo Azul nível Ouro da Caixa Econômica Federal e, em 2013, entrou para o *ranking* das 250 pequenas e médias empresas que mais crescem no Brasil.

Considerando tanto os empreendimentos que estavam em construção até o término do ano de 2014 quanto os que já foram entregues, é possível somar 275 mil metros quadrados de área construída, 2.600 apartamentos em cerca de 20 empreendimentos.

4.1.1.2 Aplicação dos indicadores para avaliação da conduta empresarial

Em relação à conduta empresarial, foram avaliados apenas os indicadores Desenvolvimento de Produtos/ Processos (DP) e Produção e Manutenção (PM), sendo esta uma adaptação do

modelo proposto por Librelotto (2005). Em sua tese foram elaborados questionários e entrevistas considerando aspectos citados por diversos autores. Além disso, a autora propôs a busca por evidências, através de visitas à campo.

Neste caso a adaptação consiste no agrupamento dos questionários e entrevistas que estão relacionados aos indicadores Desenvolvimento de Produtos/ Processos (DP) e Produção e Manutenção (PM) em um questionário único apresentado no ANEXO E. A estrutura proposta foi mantida conforme listado a seguir, através do agrupamento das perguntas conforme as funções do negócio, além da inclusão de uma pergunta sobre a caracterização da empresa e seu setor de atuação:

- a) desenvolvimento de produtos/processos;
- b) produção e manutenção;
- c) compras;
- d) recursos humanos;
- e) marketing e vendas.

As perguntas referentes às funções de negócio: administração geral, financeira, jurídica e distribuição fazem parte da avaliação dos indicadores compras, recursos humanos, administração geral, financeiro, jurídico, distribuição, marketing e vendas, que não fazem parte do foco desta dissertação.

No questionário existem 4 opções de resposta: não tenho conhecimento específico para responder este item, concordo, concordo parcialmente e discordo. No ANEXO E também estão apresentados os critérios de avaliação nulo (NL), forte (FO), intermediário (IT) e fraco (FA) para cada pergunta.

A próxima etapa consistiu na compilação das respostas do questionário para os quadros que relacionam os indicadores com as perguntas (APÊNDICE B). Para isso as respostas dadas como “não tenho conhecimento específico para responder este item” foram consideradas nulas e seus pesos foram desconsiderados, de forma que não influenciassem nos resultados.

Uma possibilidade é a aplicação de pesos diferentes conforme o setor em que as pessoas que responderam o questionário atuam, o que pode alterar os resultados. No entanto esta seria mais uma alteração em relação ao estudo original de Librelotto (2005). Para este caso foi mantida a proposta da autora e as respostas dos questionários possuem o mesmo

valor, independente da relação dos setores de atuação das pessoas que responderam o questionário.

No APÊNDICE C estão apresentados os resultados dos indicadores da conduta da construtora em estudo. Como não foram levantados todos os indicadores sugeridos pelo Modelo ESA não é possível fazer uma avaliação final da construtora como um todo, mas para os indicadores propostos foi possível uma análise dos resultados encontrados. Comparando-os com a experiência da autora como funcionária da construtora é possível ainda evidenciar fatos que ratificam o resultado do diagnóstico:

- a) avaliação do indicador Desenvolvimento de Produtos/processos (DP) como intermediário: no ano de 2012 foi criado o setor de Engenharia dentro da construtora. Dele fazem parte Pesquisa e Desenvolvimento, Orçamentos, Planejamentos e Projetos. Com a criação deste setor foi possível centralizar as informações que antes iam direto para as obras. O setor procura definir as diretrizes que devem ser seguidas tanto pelos projetistas quanto pelas equipes de obra. Isto está fazendo com que o aprendizado de um empreendimento sirva para os próximos lançamentos, criando uma cultura de padronização e projetos voltados à produção. Alguns avanços ainda podem ser feitos, como por exemplo criação de procedimentos executivos a serem seguidos pelas obras, criação de um Banco de Tecnologia Construtiva (BTC), criação de formas de medição dos projetos, análises de ciclo de vida, compatibilização, entre outros;
- b) avaliação do indicador Produção e Manutenção (PM) como forte: ainda que este item já tenha um bom desempenho, podem ser tomadas ações para diminuir as decisões tomadas em obra. Estas decisões que envolvem principalmente erros de projeto e falta de compatibilização acabam desviando o foco do que realmente deveria ser de responsabilidade da equipe de obra. Desta forma é possível entender o porquê de itens como Organização e Limpeza, Manutenção de Equipamentos e Produção Enxuta não terem uma boa avaliação. Alguns itens avaliados como fortes (Controles Operacionais e Planejamento da Produção) já são feitos em sua maior parte através da utilização do *Software, Applications and*

Products (SAP) – sistema para planejamento de recursos empresariais.

4.1.2 Levantamento dos indicadores de desempenho empresariais

Neste item estão elencados os indicadores de desempenho utilizados pela construtora. Não serão feitas análises em relação a estes indicadores, pois a autora não teve acesso as suas fórmulas, variáveis, resultados e metas.

A construtora já trabalha com indicadores de desempenho. Estes indicadores são definidos anualmente (podendo ser revisados a cada semestre) e são resultado do planejamento estratégico da empresa. Desta forma servem como norte para que cada setor gerencie corretamente suas ações, já que o pagamento do bônus de participação nos resultados de cada funcionário está diretamente ligado ao atingimento das metas estabelecidas.

A empresa possui diversos indicadores, alguns globais e outros setoriais. Dentre eles é possível citar os seguintes:

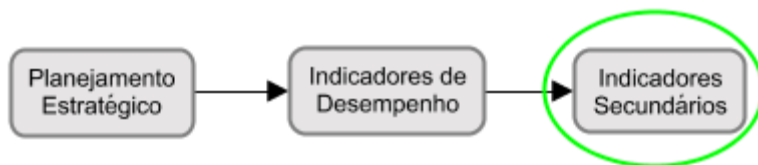
- a) valor geral de vendas;
- b) lucro líquido;
- c) faturamento;
- d) prazo realizado;
- e) qualidade;
- f) custo;
- g) segurança;
- h) planejamento;
- i) projetos;
- j) orçamentos;
- k) inovação;
- l) satisfação do cliente após o recebimento do apartamento.

4.2 VERIFICAÇÃO DAS POSSIBILIDADES DE INTERVENÇÃO

Como foi possível verificar no levantamento dos indicadores de desempenho empresariais, de acordo com a construtora, os indicadores estão alinhados com suas estratégias e avaliam mensalmente o desempenho de seus produtos e processos, auxiliando a tomada de decisão da empresa como um todo.

No entanto, é possível que a empresa defina indicadores que possam ser utilizados em cada setor e que estejam alinhados com as metas da empresa. Da mesma forma que o planejamento estratégico deu origem aos indicadores que já são utilizados, estes indicadores de desempenho devem dar origem a indicadores que consigam medir os processos antes que os problemas ocorram (Figura 38). Por exemplo: a empresa já possui um indicador que mede os custos das obras, mas deveria possuir também indicadores que medissem as dificuldades em se executar o projeto proposto, evitando assim que decisões nos projetos acarretem em desvios de custos.

Figura 38 – Sequência de implantação dos indicadores



Fonte: da autora (2014).

4.2.1 Levantamento de pontos críticos

Com as informações levantadas foi possível verificar as possibilidades de intervenção na construtora. Para isso foram feitas as análises dos impactos que cada tarefa tem nos custos do empreendimento e análise do processo da construtora, itens críticos para possibilitar uma intervenção adequada.

4.2.1.1 Custo por tarefa

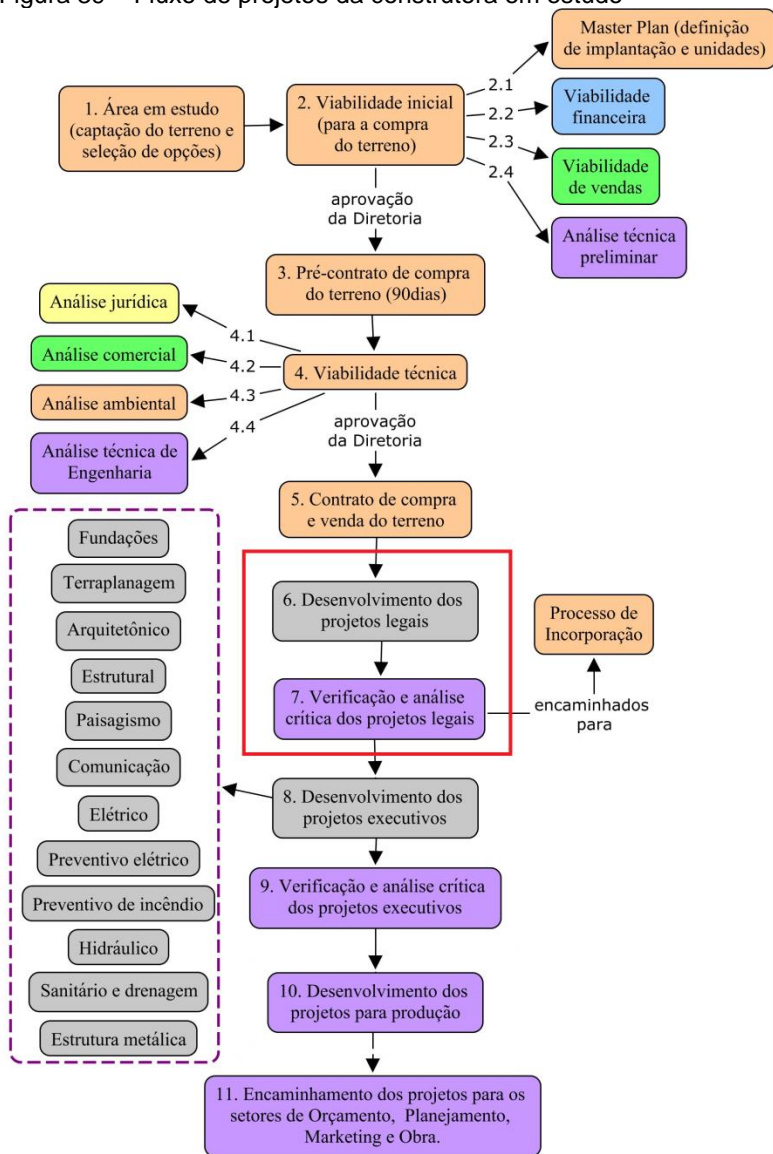
Como não houve acesso aos orçamentos dos empreendimentos da construtora em estudo, foram utilizadas as considerações de Mascaró (2010), Silva (2003) e Construção Mercado (2015). Assim, o foco deste trabalho será na estrutura, alvenaria e revestimentos (de 35 a 50% dos custos) dos planos verticais (45% dos custos). Será dado enfoque secundário aos planos horizontais (25% dos custos) destes mesmos subsistemas.

4.2.1.2 Modelagem dos processos

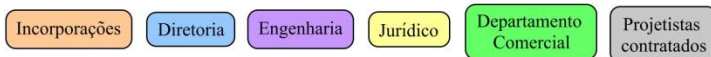
A seguir foram apresentados os processos da empresa relacionados com a etapa de projetos (Figura 39). Neste fluxograma foi possível analisar as possibilidades de intervenção dentro da empresa em estudo.

O objetivo do trabalho é a implementação de indicadores de construtibilidade ainda nas etapas iniciais dos projetos (onde existem maiores possibilidades de mudança). Portanto uma proposta razoável é que a etapa de implementação dos indicadores ocorra nas fases 6 e 7 do fluxograma (desenvolvimento e verificação dos projetos legais), antes mesmo da incorporação.

Figura 39 – Fluxo de projetos da construtora em estudo



Legenda:



Fonte: adaptado de Lima (2014).

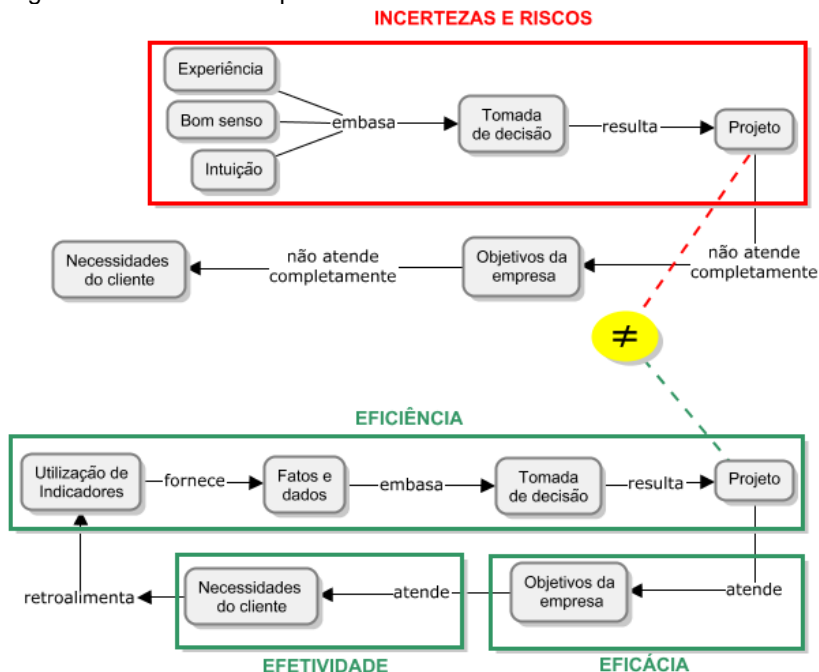
4.3 ESTABELECIMENTO DA INTERVENÇÃO

Desta forma, segundo a classificação proposta por Costa (2003), a proposta de indicadores de construtibilidade pode ser definida com finalidade secundária, pois interessará aos projetistas contratados e ao setor de Engenharia, que definirá as diretrizes para novos projetos e irá trabalhar em busca de melhorias para os empreendimentos.

Segundo as classificações levantadas por Lantelme (1994) este tipo de indicador pode ser classificado inicialmente como indicador com finalidade de melhoria e que pode vir a se tornar indicador de controle (após definição de valores de *benchmark*). Segundo os níveis de agregação, este tipo de indicador é caracterizado como de desempenho operacional, pois está relacionado a um processo individualizado. Além disso, são definidos como indicadores de qualidade e produtividade.

Retomando as definições de eficiência, eficácia e efetividade apresentadas anteriormente, a empresa pode tomar suas decisões baseada em fatos e dados, um dos princípios básicos para a gestão da qualidade. Ainda assim, é comum que a gerência das empresas utilize a experiência, o bom senso e a intuição. Onde a tomada de decisão está sendo feita em condições de extrema incerteza e risco (LANTELME, 1994). A Figura 40 busca ilustrar estas situações. Onde a eficiência está relacionada com a forma como algo é produzido, eficácia com o atingimento dos objetivos e resultados propostos pela instituição e efetividade com o atendimento das necessidades do cliente.

Figura 40 – Parâmetros para tomada de decisão



Fonte: da autora (2015).

Sendo assim, a intervenção na fase de Desenvolvimento dos Projetos Legais deve ocorrer para que o projeto já seja criado pensando na construtibilidade. Para isso os projetistas devem ter acesso aos indicadores, pois tendo conhecimento sobre a forma como são calculados, o que representam e sua classificação (ótimo, bom e ruim), eles podem se antecipar buscando um projeto que atinja os resultados esperados pela construtora.

Já a intervenção na fase de Verificação e Análise Crítica dos Projetos Legais é a aplicação dos indicadores pela própria construtora.

Como é possível perceber, a implantação dos indicadores de construtibilidade é, na verdade, uma melhoria em duas fases do processo de projeto e não o acréscimo de mais uma etapa. Desta forma é possível embasar as tomadas de decisão relacionadas ao desenvolvimento e a verificação do projeto legal em fatos e dados, tornando o processo de projeto mais eficaz.

Para o caso dos indicadores de construtibilidade, pode-se definir metas para que as melhorias propostas possam ser medidas, de forma que seja possível verificar o impacto destas ações. Para isso podem ser utilizados valores de *benchmarking*. Estes valores não precisam ser necessariamente obtidos fora da empresa, pois em uma etapa inicial do processo é mais interessante a empresa possa se conhecer antes de se comparar com as demais. Depois disso viriam as etapas de *benchmarking* competitivo, setorial e de classe mundial (COSTA et al., 2005).

Para facilitar a definição do sistema, será feita uma primeira análise e escolha dos indicadores. Os indicadores selecionados serão aplicados no estudo piloto, que é composto por dois projetos: o empreendimento M e o empreendimento S (as letras foram atribuídas para preservar informações da construtora em questão).

Estes projetos foram selecionados pois são semelhantes, no entanto o empreendimento S é uma evolução do empreendimento M, desta forma será mais fácil analisar os primeiros resultados.

No empreendimento M ainda não existia o setor de Engenharia dentro da construtora, os projetos foram desenvolvidos pelos projetistas terceirizados e passaram apenas pela análise do setor comercial da construtora.

O empreendimento S deveria ser apenas sua repetição. No entanto, após sua aprovação na prefeitura, mas antes da elaboração dos projetos executivos, foi criado o setor de Engenharia dentro da construtora que pôde fazer a análise dos seus projetos.

4.3.1 Indicadores de construtibilidade para o estudo piloto apresentados na bibliografia

Conforme já mencionado a proposta é que a intervenção para medição de indicadores seja feita nas etapas iniciais do projeto, antes de sua aprovação na prefeitura, onde estão disponíveis apenas o projeto arquitetônico e eventualmente algumas das formas do projeto estrutural, trabalhando com as informações de um projeto conceitual, anterior ao projeto legal. Baseando-se nisso, a seguir foi feita uma análise dos indicadores levantados na revisão bibliográfica, bem como a seleção de quais serão aplicados no estudo piloto (Quadro 33).

O Quadro 33 apresenta em sua primeira coluna o nome dos indicadores, na segunda coluna quais indicadores foram selecionados (verde) e quais não foram (vermelho). Na primeira linha de cada indicador foram assinalados com um X os fatores da construtibilidade de Oliveira (1994 *apud* AMANCIO, 2010) com os quais cada indicador está relacionado. Nesta mesma linha foram assinalados também quais autores citam cada indicador. Já a segunda linha de cada indicador descreve a análise feita. Ao final do quadro está a legenda utilizada para os fatores e referências.

Quadro 33 – Análise dos indicadores da bibliografia

Continua

Índice	Fatores					Referências										
	1	2	3	4	5	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Indicadores gerais																
Índice de construtibilidade	Selecionado	X	X	X	X						X					
	A importância deste indicador está na avaliação de outras características não levantadas nos demais indicadores, como facilitar a execução sob condições climáticas adversas, por exemplo.															
Índice de eficiência econômica de projeto	Não selecionado														X	
	Este indicador nada mais é do que a multiplicação de todos os outros pela relação entre área útil e equivalente, mede a otimização de recursos como um todo. No entanto neste estudo serão incorporados outros indicadores que podem não estar diretamente ligados à eficiência econômica do projeto. Por isso, no decorrer do trabalho, será apresentado outro indicador que forneça um valor global relacionado à construtibilidade.															

Fatores de construtibilidade de Oliveira (1994 *apud* AMANCIO, 2010):

- 1 Simplificação do projeto
- 2 Padronização
- 3 Sequência executiva e interdependência entre atividades
- 4 Acessibilidade e espaços adequados para o trabalho
- 5 Comunicação entre projeto e obra

Referências:

A Lantelme (1994)	G Freire (2007)
B Oliveira, Lantelme e Formoso (1995)	H Mascaró (2010)
C Oliveira e Freitas (1996)	I Assahi (2014)
D Oliveira e Freitas (2001)	J Franco (2014)
E Silva (2003)	K Melhado (2014)
F Rodrigues (2005)	

Fonte: da autora (2015).

Quadro 33 – Análise dos indicadores da bibliografia

Continuação

Índice	Fatores					Referências											
	1	2	3	4	5	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
Indicadores gerais																	
Número de incompatibilidade entre projetos						X	X										
	<p>É um fator crítico, que dificulta muito o andamento da obra, sendo uma das maiores reclamações, por gerar retrabalhos, paralização da obra e má qualidade do produto, por exemplo. No entanto a avaliação da construtibilidade será feita numa fase conceitual, onde não se tem todos os projetos para que se faça esta análise. Mas é extremamente importante que seja feita posteriormente. Como toda incompatibilidade que não for corrigida na fase de projeto será encontrada durante a obra, este indicador mede indiretamente a comunicação entre os dois setores (projetos e obra).</p>																
Número de modificações de projeto						X	X										
	<p>Alterações constantes nos projetos dificultam a elaboração de orçamentos e cronogramas. Quando isso acontece na fase de obra o problema é ainda maior, pois além do cronograma e orçamentos não estarem compatíveis, os materiais necessários muitas vezes não estão disponíveis, pode gerar retrabalhos e difulta o planejamento da obra. No entanto, este é um item que deve ser analisado em fases mais avançadas, depois da aprovação do projeto.</p>																

Fatores de construtibilidade de Oliveira (1994 *apud* AMANCIO, 2010):

- 1 Simplicação do projeto
- 2 Padronização
- 3 Sequência executiva e interdependência entre atividades
- 4 Acessibilidade e espaços adequados para o trabalho
- 5 Comunicação entre projeto e obra

Referências:

- | | |
|---------------------------------------|------------------|
| A Lantelme (1994) | G Freire (2007) |
| B Oliveira, Lantelme e Formoso (1995) | H Mascaró (2010) |
| C Oliveira e Freitas (1996) | I Assahi (2014) |
| D Oliveira e Freitas (2001) | J Franco (2014) |
| E Silva (2003) | K Melhado (2014) |
| F Rodrigues (2005) | |

Fonte: da autora (2015).

Quadro 33 – Análise dos indicadores da bibliografia

Continuação

Índice	Fatores					Referências										
	1	2	3	4	5	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Indicadores do projeto arquitetônico																
Índice de compacidade	Selecionado	X				X	X	X					X			X
		Representa de forma simples e rápida as dificuldades de se executar um pavimento como um todo, excesso de recortes aumentam a área de fachada, aumentando ainda mais os custos de uma etapa que já é cara, aumentando os prazos desta tarefa que já depende de clima favorável e é uma das mais inseguras das obras em geral. Pode ser utilizado também para avaliar os ambientes internos (corredores e circulações, por exemplo), onde excesso de planos verticais em relação aos horizontais aumentam consideravelmente os custos.														
Índice de compacidade considerando a altura	Selecionado	X			X								X			
		Quanto mais alto um edifício, menor este índice, portanto maiores os custos para construí-lo, além das dificuldades de transporte de material e aumento de uma das tarefas mais inseguras da obra (revestimento de fachada).														

Fatores de construtibilidade de Oliveira (1994 *apud* AMANCIO, 2010):

- 1 Simplificação do projeto
- 2 Padronização
- 3 Sequência executiva e interdependência entre atividades
- 4 Acessibilidade e espaços adequados para o trabalho
- 5 Comunicação entre projeto e obra

Referências:

A Lantelme (1994)	G Freire (2007)
B Oliveira, Lantelme e Formoso (1995)	H Mascaró (2010)
C Oliveira e Freitas (1996)	I Assahi (2014)
D Oliveira e Freitas (2001)	J Franco (2014)
E Silva (2003)	K Melhado (2014)
F Rodrigues (2005)	

Fonte: da autora (2015).

Quadro 33 – Análise dos indicadores da bibliografia

Continuação

Índice	Fatores					Referências											
	1	2	3	4	5	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
Indicadores do projeto arquitetônico																	
Índice econômico de compacidade	Selecionado	X													X		
		Representa de forma simples e rápida as dificuldades de se executar um pavimento como um todo, excesso de recortes aumentam a área de fachada, aumentando ainda mais os custos de uma etapa que já é cara, aumentando os prazos desta tarefa que já depende de clima favorável e é uma das mais inseguras das obras em geral. Pode ser utilizado também para avaliar os ambientes internos (corredores e circulações, por exemplo), onde excesso de planos verticais em relação aos horizontais aumentam consideravelmente os custos. Além destas considerações, este indicador leva em conta as dificuldades de se executar arestas e curvas.															
Relação entre área equivalente total e área privativa total	Selecionado	X													X		
		Este indicador é capaz de medir a proporcionalidade de todas as áreas em relação a área privativa. É uma boa verificação para que não se extrapole a quantidade de áreas comuns para determinado padrão de empreendimento.															

Fatores de construtibilidade de Oliveira (1994 *apud* AMANCIO, 2010):

- 1 Simplificação do projeto
- 2 Padronização
- 3 Sequência executiva e interdependência entre atividades
- 4 Acessibilidade e espaços adequados para o trabalho
- 5 Comunicação entre projeto e obra

Referências:

- | | |
|---------------------------------------|------------------|
| A Lantelme (1994) | G Freire (2007) |
| B Oliveira, Lantelme e Formoso (1995) | H Mascaró (2010) |
| C Oliveira e Freitas (1996) | I Assahi (2014) |
| D Oliveira e Freitas (2001) | J Franco (2014) |
| E Silva (2003) | K Melhado (2014) |
| F Rodrigues (2005) | |

Fonte: da autora (2015).

Quadro 33 – Análise dos indicadores da bibliografia

Continuação

Índice	Fatores					Referências												
	1	2	3	4	5	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K		
Indicadores do projeto arquitetônico																		
Relação entre a área total de garagem e a quantidade de vagas	Selecionado	X		X									X			X		
		É comum haver muitas transições nas vagas de garagem, que são complicadas de serem executadas, devido à sua robustez. Além disso, excesso de áreas de manobra aumentam os custos do empreendimento sem agregar valor ao cliente. Portanto este indicador é interessante por avaliar a otimização destas áreas.																

Fatores de construtibilidade de Oliveira (1994 *apud* AMANCIO, 2010):

- 1 Simplificação do projeto
- 2 Padronização
- 3 Sequência executiva e interdependência entre atividades
- 4 Acessibilidade e espaços adequados para o trabalho
- 5 Comunicação entre projeto e obra

Referências:

A Lantelme (1994)	G Freire (2007)
B Oliveira, Lantelme e Formoso (1995)	H Mascaró (2010)
C Oliveira e Freitas (1996)	I Assahi (2014)
D Oliveira e Freitas (2001)	J Franco (2014)
E Silva (2003)	K Melhado (2014)
F Rodrigues (2005)	

Fonte: da autora (2015).

Quadro 33 – Análise dos indicadores da bibliografia

Continuação

Índice	Fatores					Referências												
	1	2	3	4	5	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K		
Indicadores do projeto arquitetônico																		
Relação entre área de circulação e número de apartamentos servidos por ela	Selecionado	X			X			X						X		X		
		Conforme o autor menciona, as áreas de circulação são mais caras do que as demais, devido à sua forma, além de não agregarem valor ao cliente. Este indicador também leva em consideração a quantidade de apartamentos que estas áreas devem servir. É uma área que quando está sendo executada dificulta o acesso de pessoas e materiais aos apartamentos.																
Densidade de paredes	Selecionado	X		X			X	X	X	X	X			X		X		
		Segundo Mascaró (2010), os planos verticais representam em média 45% dos custos de um empreendimento, daí a importância da avaliação da quantidade de paredes. A execução das alvenarias também precede diversas tarefas, como instalações e revestimentos, portanto impacta diretamente no andamento da obra. Mascaró (2010) sugere o cálculo deste indicador apenas para paredes interiores.																

Fatores de construtibilidade de Oliveira (1994 *apud* AMANCIO, 2010):

- 1 Simplificação do projeto
- 2 Padronização
- 3 Sequência executiva e interdependência entre atividades
- 4 Acessibilidade e espaços adequados para o trabalho
- 5 Comunicação entre projeto e obra

Referências:

- | | |
|---------------------------------------|------------------|
| A Lantelme (1994) | G Freire (2007) |
| B Oliveira, Lantelme e Formoso (1995) | H Mascaró (2010) |
| C Oliveira e Freitas (1996) | I Assahi (2014) |
| D Oliveira e Freitas (2001) | J Franco (2014) |
| E Silva (2003) | K Melhado (2014) |
| F Rodrigues (2005) | |

Fonte: da autora (2015).

Quadro 33 – Análise dos indicadores da bibliografia

Continuação

Índice	Fatores					Referências										
	1	2	3	4	5	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Indicadores do projeto arquitetônico																
Relação entre áreas de ambientes	Selecionado	X												X		
		Uma boa distribuição das áreas otimiza um projeto, principalmente em relação a seus custos e a satisfação do cliente. É necessário haver uma proporcionalidade entre os ambientes, de forma que o apartamento como um todo seja eficaz, tendo a melhor otimização de custos possível.														
Área de fachada em relação à área do pavimento	Selecionado	X		X	X				X							X
		A fachada é uma das tarefas mais inseguras em obra, devido ao trabalho em altura. Além das dificuldades de transporte de material.														

Fatores de construtibilidade de Oliveira (1994 *apud* AMANCIO, 2010):

- 1 Simplificação do projeto
- 2 Padronização
- 3 Sequência executiva e interdependência entre atividades
- 4 Acessibilidade e espaços adequados para o trabalho
- 5 Comunicação entre projeto e obra

Referências:

- | | |
|---------------------------------------|------------------|
| A Lantelme (1994) | G Freire (2007) |
| B Oliveira, Lantelme e Formoso (1995) | H Mascaró (2010) |
| C Oliveira e Freitas (1996) | I Assahi (2014) |
| D Oliveira e Freitas (2001) | J Franco (2014) |
| E Silva (2003) | K Melhado (2014) |
| F Rodrigues (2005) | |

Fonte: da autora (2015).

Quadro 33 – Análise dos indicadores da bibliografia

Continuação

Índice	Fatores					Referências										
	1	2	3	4	5	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Indicadores do projeto arquitetônico																
Área de esquadrias em relação à área de alvenarias	Selecionado	X	X				X									
		As esquadrias são uma etapa cara da obra. A execução de aberturas com a colocação de vergas e contra-vergas, pode dificultar o processo de alvenaria e aumentar os recortes e requadros nos revestimentos.														
Área do apartamento com piso molhado em relação à área do apartamento	Selecionado	X	X				X									
		Áreas molhadas são mais caras, mais difícil de ser executadas e mais demoradas. Utilizam revestimento cerâmico e impermeabilizações, estas últimas que geralmente ocasionam muita manutenção, devido a infiltrações.														

Fatores de construtibilidade de Oliveira (1994 *apud* AMANCIO, 2010):

- 1 Simplificação do projeto
- 2 Padronização
- 3 Sequência executiva e interdependência entre atividades
- 4 Acessibilidade e espaços adequados para o trabalho
- 5 Comunicação entre projeto e obra

Referências:

- | | |
|---------------------------------------|------------------|
| A Lantelme (1994) | G Freire (2007) |
| B Oliveira, Lantelme e Formoso (1995) | H Mascaró (2010) |
| C Oliveira e Freitas (1996) | I Assahi (2014) |
| D Oliveira e Freitas (2001) | J Franco (2014) |
| E Silva (2003) | K Melhado (2014) |
| F Rodrigues (2005) | |

Fonte: da autora (2015).

Quadro 33 – Análise dos indicadores da bibliografia

Continuação

Índice	Fatores					Referências										
	1	2	3	4	5	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Indicadores do projeto arquitetônico																
Área do apartamento com piso molhado em relação à área com piso seco	X		X				X									
	O indicador "Área do apartamento com piso molhado em relação à área do apartamento" já calcula este item indiretamente, não há necessidade de calcular dois indicadores tão semelhantes.															
Área privativa em relação à área construída	X															X
	As áreas privativas dos apartamentos são as áreas efetivamente vendidas aos clientes, daí sua importância. Além de que nos pavimentos tipo há uma maior padronização. No entanto, o indicador "Relação entre área equivalente total e área privativa total" já faz uma avaliação semelhante.															

Fatores de construtibilidade de Oliveira (1994 *apud* AMANCIO, 2010):

- 1 Simplificação do projeto
- 2 Padronização
- 3 Sequência executiva e interdependência entre atividades
- 4 Acessibilidade e espaços adequados para o trabalho
- 5 Comunicação entre projeto e obra

Referências:

- | | |
|---------------------------------------|------------------|
| A Lantelme (1994) | G Freire (2007) |
| B Oliveira, Lantelme e Formoso (1995) | H Mascaró (2010) |
| C Oliveira e Freitas (1996) | I Assahi (2014) |
| D Oliveira e Freitas (2001) | J Franco (2014) |
| E Silva (2003) | K Melhado (2014) |
| F Rodrigues (2005) | |

Fonte: da autora (2015).

Quadro 33 – Análise dos indicadores da bibliografia

Continuação

Índice	Fatores					Referências										
	1	2	3	4	5	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Indicadores do projeto arquitetônico																
Área de uso comum em relação à área privativa	Não selecionado	X						X		X						
		O indicador "Relação entre área equivalente total e área privativa total" já faz uma avaliação semelhante.														
Área de circulação em relação à área do pavimento tipo	Não selecionado	X			X		X	X	X							
		Esta relação é extremamente importante, conforme mencionado por Mascaró (2010), as áreas de circulação são extremamente caras, principalmente devido à sua forma (que também deve ser analisada). Além de não agregar valor ao cliente. A construção das áreas de circulação toma tempo e custo da obra, servindo apenas como acesso às áreas que realmente interessam. No entanto, o indicador "Relação entre área de circulação e número de apartamentos servidos por ela" já faz esta avaliação.														

Fatores de construtibilidade de Oliveira (1994 *apud* AMANCIO, 2010):

- 1 Simplificação do projeto
- 2 Padronização
- 3 Sequência executiva e interdependência entre atividades
- 4 Acessibilidade e espaços adequados para o trabalho
- 5 Comunicação entre projeto e obra

Referências:

- | | |
|---------------------------------------|------------------|
| A Lantelme (1994) | G Freire (2007) |
| B Oliveira, Lantelme e Formoso (1995) | H Mascaró (2010) |
| C Oliveira e Freitas (1996) | I Assahi (2014) |
| D Oliveira e Freitas (2001) | J Franco (2014) |
| E Silva (2003) | K Melhado (2014) |
| F Rodrigues (2005) | |

Fonte: da autora (2015).

Quadro 33 – Análise dos indicadores da bibliografia

Continuação

Índice	Fatores					Referências										
	1	2	3	4	5	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Indicadores do projeto arquitetônico																
Índice de área de escada por área do pavimento tipo	Não selecionado	X		X	X								X			
		As escadas geralmente são pontos críticos na obra, pois precisam de um carpinteiro com dedicação exclusiva à elas, além de que esta pessoa deve ser mais especializada que as outras, pois são poucos os carpinteiros que conseguem executá-la com qualidade. No entanto, as escadas tem suas dimensões definidas pelas normas dos bombeiros, não havendo muitas possibilidades de otimização em relação à sua forma.														
Área útil em relação à área do pavimento	Não selecionado	X		X					X							
		O indicador "Densidade de paredes" já calcula este item indiretamente (é seu complemento), não há necessidade de calcular dois indicadores tão semelhantes.														

Fatores de construtibilidade de Oliveira (1994 *apud* AMANCIO, 2010):

- 1 Simplificação do projeto
- 2 Padronização
- 3 Sequência executiva e interdependência entre atividades
- 4 Acessibilidade e espaços adequados para o trabalho
- 5 Comunicação entre projeto e obra

Referências:

- | | |
|---------------------------------------|------------------|
| A Lantelme (1994) | G Freire (2007) |
| B Oliveira, Lantelme e Formoso (1995) | H Mascaró (2010) |
| C Oliveira e Freitas (1996) | I Assahi (2014) |
| D Oliveira e Freitas (2001) | J Franco (2014) |
| E Silva (2003) | K Melhado (2014) |
| F Rodrigues (2005) | |

Fonte: da autora (2015).

Quadro 33 – Análise dos indicadores da bibliografia

Continuação

Índice	Fatores					Referências											
	1	2	3	4	5	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
Indicadores do projeto arquitetônico																	
Área de fachada em relação à área construída	Não selecionado	X		X	X			X		X							
		O indicador "Área de fachada em relação à área do pavimento" já permite uma análise da quantidade de fachada, não há necessidade de calcular dois indicadores tão semelhantes.															
Área de alvenarias em relação à área construída	Não selecionado	X		X				X									
		O indicador "Densidade de paredes" já calcula este item indiretamente, não há necessidade de calcular dois indicadores tão semelhantes.															

Fatores de construtibilidade de Oliveira (1994 *apud* AMANCIO, 2010):

- 1 Simplificação do projeto
- 2 Padronização
- 3 Sequência executiva e interdependência entre atividades
- 4 Acessibilidade e espaços adequados para o trabalho
- 5 Comunicação entre projeto e obra

Referências:

- | | |
|---------------------------------------|------------------|
| A Lantelme (1994) | G Freire (2007) |
| B Oliveira, Lantelme e Formoso (1995) | H Mascaró (2010) |
| C Oliveira e Freitas (1996) | I Assahi (2014) |
| D Oliveira e Freitas (2001) | J Franco (2014) |
| E Silva (2003) | K Melhado (2014) |
| F Rodrigues (2005) | |

Fonte: da autora (2015).

Quadro 33 – Análise dos indicadores da bibliografia

Continuação

Índice	Fatores					Referências										
	1	2	3	4	5	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Indicadores do projeto arquitetônico																
Área de revestimento de alvenarias em relação à área construída	Não selecionado	X		X				X								
		O indicador "Densidade de paredes" já calcula este item indiretamente, não há necessidade de calcular dois indicadores tão semelhantes.														
Indicadores do projeto estrutural																
Densidade de pilares	Selecionado	X		X	X										X	X
		É capaz de medir a otimização do lançamento da estrutura, excesso de pilares comprometem a movimentação em obra, aumentam os pontos de fundação e conseqüentemente os custos e prazos de obra.														

Fatores de construtibilidade de Oliveira (1994 *apud* AMANCIO, 2010):

- 1 Simplicação do projeto
- 2 Padronização
- 3 Sequência executiva e interdependência entre atividades
- 4 Acessibilidade e espaços adequados para o trabalho
- 5 Comunicação entre projeto e obra

Referências:

A Lantelme (1994)	G Freire (2007)
B Oliveira, Lantelme e Formoso (1995)	H Mascaró (2010)
C Oliveira e Freitas (1996)	I Assahi (2014)
D Oliveira e Freitas (2001)	J Franco (2014)
E Silva (2003)	K Melhado (2014)
F Rodrigues (2005)	

Fonte: da autora (2015).

Quadro 33 – Análise dos indicadores da bibliografia

Continuação

Índice	Fatores					Referências										
	1	2	3	4	5	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Indicadores do projeto estrutural																
Densidade de vigas	X		X												X	
	Este indicador é importante se utilizado em conjunto com a densidade de pilares e área média de lajes, já que o equilíbrio entre os 3, promove uma otimização da mão de obra da estrutura, eliminando tempos ociosos.															
Área média de laje	X		X												X	
	Este indicador é importante se utilizado em conjunto com a densidade de pilares e vigas, já que o equilíbrio entre os 3, promove uma otimização da mão de obra da estrutura, eliminando tempos ociosos.															
Número de vigas, pilares e lajes diferentes em relação à área do pavimento	X	X					X									
	Mede a padronização dos elementos, isso é interessante para elaboração das formas, armaduras e para que se possa trabalhar com plantas modulares. Aumenta as possibilidades de utilização de pré-moldados e formas prontas, aumenta a produtividade após a curva de aprendizado.															

Fatores de construtibilidade de Oliveira (1994 *apud* AMANCIO, 2010):

- 1 Simplificação do projeto
- 2 Padronização
- 3 Sequência executiva e interdependência entre atividades
- 4 Acessibilidade e espaços adequados para o trabalho
- 5 Comunicação entre projeto e obra

Referências:

- | | |
|---------------------------------------|------------------|
| A Lantelme (1994) | G Freire (2007) |
| B Oliveira, Lantelme e Formoso (1995) | H Mascaró (2010) |
| C Oliveira e Freitas (1996) | I Assahi (2014) |
| D Oliveira e Freitas (2001) | J Franco (2014) |
| E Silva (2003) | K Melhado (2014) |
| F Rodrigues (2005) | |

Fonte: da autora (2015).

Quadro 33 – Análise dos indicadores da bibliografia

Continuação

Índice	Fatores					Referências											
	1	2	3	4	5	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
Indicadores do projeto estrutural																	
Quantidade de pontos de fundação	X		X	X												X	
	Este indicador pode ser medido indiretamente através da densidade de pilares, que já calcula a otimização no lançamento da estrutura. Além de que, na fase em que serão feitas as medições, ainda não há este tipo de informação do projeto estrutural.																
Comprimento de viga baldrame	X		X													X	
	Na fase em que serão feitas as medições, ainda não há este tipo de informação do projeto estrutural.																
Taxa média de armadura	X												X				
	Como será utilizado o projeto estrutural ainda na sua fase inicial (pré-formas), esta informação ainda não estará disponível. Com o andamento do projeto, este é um item que geralmente é fornecido pelo projetista estrutural, portanto pode ser calculado para uma avaliação final do projeto. Estruturas com taxas de aço maiores dificultam o processo de montagem e colocação destas armaduras nas formas, podem precisar até mesmo de equipamentos para isso, devido ao seu peso.																

Fatores de construtibilidade de Oliveira (1994 *apud* AMANCIO, 2010):

- 1 Simplificação do projeto
- 2 Padronização
- 3 Sequência executiva e interdependência entre atividades
- 4 Acessibilidade e espaços adequados para o trabalho
- 5 Comunicação entre projeto e obra

Referências:

- | | |
|---------------------------------------|------------------|
| A Lantelme (1994) | G Freire (2007) |
| B Oliveira, Lantelme e Formoso (1995) | H Mascaró (2010) |
| C Oliveira e Freitas (1996) | I Assahi (2014) |
| D Oliveira e Freitas (2001) | J Franco (2014) |
| E Silva (2003) | K Melhado (2014) |
| F Rodrigues (2005) | |

Fonte: da autora (2015).

Quadro 33 – Análise dos indicadores da bibliografia

Continuação

Índice	Fatores					Referências										
	1	2	3	4	5	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Indicadores do projeto estrutural																
Espessura média da estrutura	X											X	X			
	Não selecionado	Como será utilizado o projeto estrutural ainda na sua fase inicial (pré-formas), esta informação ainda não estará disponível e seu levantamento pode ser demorado demais. Com o andamento do projeto, seus dados geralmente são fornecidos pelo projetista estrutural, portanto pode ser calculado para uma avaliação final. Taxas de concreto elevadas, podem significar excesso de transições, fundações complicadas, arquitetura que dificulta o lançamento da estrutura, resultando em excesso de pilares. Tudo isso dificulta o processo de execução, aumentando o prazo de obra, os custos do empreendimento, podendo comprometer inclusive a qualidade do produto.														
Índice de cada tipo de bloco em relação à área do pavimento	X	X										X				
	Não selecionado	Este indicador mede a qualidade da modulação. Quanto mais o projeto fugir da modulação, mais blocos especiais serão necessários. Estes blocos geralmente são mais caros, tornam a logística de obra mais complicada e diminuem a produtividade dos bloqueiros. No entanto, as informações necessárias para seu cálculo não estão disponíveis no momento em que se pretende fazer a intervenção deste estudo.														

Fatores de construtibilidade de Oliveira (1994 *apud* AMANCIO, 2010):

- 1 Simplificação do projeto
- 2 Padronização
- 3 Sequência executiva e interdependência entre atividades
- 4 Acessibilidade e espaços adequados para o trabalho
- 5 Comunicação entre projeto e obra

Referências:

- | | |
|---------------------------------------|------------------|
| A Lantelme (1994) | G Freire (2007) |
| B Oliveira, Lantelme e Formoso (1995) | H Mascaró (2010) |
| C Oliveira e Freitas (1996) | I Assahi (2014) |
| D Oliveira e Freitas (2001) | J Franco (2014) |
| E Silva (2003) | K Melhado (2014) |
| F Rodrigues (2005) | |

Fonte: da autora (2015).

Quadro 33 – Análise dos indicadores da bibliografia

Continuação

Índice	Fatores					Referências										
	1	2	3	4	5	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Indicadores do projeto estrutural																
Índice de cargas por estaca e área de influência da estaca	X											X				
	Não selecionado	Ainda que este indicador seja capaz de medir a qualidade da distribuição das cargas, feita pelo projetista, as informações necessárias para seu cálculo não estão disponíveis no momento em que se pretende fazer a intervenção deste estudo.														
Índice de cargas por área total do edifício	X											X				
	Não selecionado	Ainda que este indicador seja capaz de medir a qualidade do projeto estrutural de forma geral, verificando se não há superdimensionamento e má distribuição das cargas, as informações necessárias para seu cálculo não estão disponíveis no momento em que se pretende fazer a intervenção deste estudo.														

Fatores de construtibilidade de Oliveira (1994 *apud* AMANCIO, 2010):

- 1 Simplificação do projeto
- 2 Padronização
- 3 Sequência executiva e interdependência entre atividades
- 4 Acessibilidade e espaços adequados para o trabalho
- 5 Comunicação entre projeto e obra

Referências:

A Lantelme (1994)	G Freire (2007)
B Oliveira, Lantelme e Formoso (1995)	H Mascaró (2010)
C Oliveira e Freitas (1996)	I Assahi (2014)
D Oliveira e Freitas (2001)	J Franco (2014)
E Silva (2003)	K Melhado (2014)
F Rodrigues (2005)	

Fonte: da autora (2015).

Quadro 33 – Análise dos indicadores da bibliografia

Continuação

Índice	Fatores					Referências										
	1	2	3	4	5	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Indicadores do projeto estrutural																
Índice de formas em relação à área do pavimento	X												X	X		
	Não selecionado	Este indicador é possível de ser calculado com apenas as pré-formas do projeto estrutural, mas Assahi (2014) sugere uma análise das formas através da proporcionalidade entre os elementos laje, vigas e pilares que é mais interessante para a avaliação da construtibilidade.														
Índice de alvenaria estrutural e não-estrutural em relação à área do pavimento	X												X			
	Não selecionado	Como as paredes estruturais são mais caras, possuem pontos de graute, portanto mais difíceis e demoradas de serem executadas, este indicador mede esta otimização. Como o estudo é especificamente para estruturas convencionais de concreto armado (lajes, pilares e vigas), este indicador não se aplica. Além de que nestas fases iniciais de projeto, as informações necessárias para cálculo deste indicador, não estão disponíveis.														

Fatores de construtibilidade de Oliveira (1994 *apud* AMANCIO, 2010):

- 1 Simplificação do projeto
- 2 Padronização
- 3 Sequência executiva e interdependência entre atividades
- 4 Acessibilidade e espaços adequados para o trabalho
- 5 Comunicação entre projeto e obra

Referências:

- | | |
|---------------------------------------|------------------|
| A Lantelme (1994) | G Freire (2007) |
| B Oliveira, Lantelme e Formoso (1995) | H Mascaró (2010) |
| C Oliveira e Freitas (1996) | I Assahi (2014) |
| D Oliveira e Freitas (2001) | J Franco (2014) |
| E Silva (2003) | K Melhado (2014) |
| F Rodrigues (2005) | |

Fonte: da autora (2015).

Quadro 33 – Análise dos indicadores da bibliografia

Continuação

Índice	Fatores					Referências										
	1	2	3	4	5	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Indicadores do projeto estrutural																
Índice de graute	Não selecionado	X									X	X				
		Como o estudo é especificamente para estruturas convencionais de concreto armado (lajes, pilares e vigas), este indicador não se aplica. Além de que nestas fases iniciais de projeto, as informações necessárias para cálculo deste indicador, não estão disponíveis.														
Índice de ação na alvenaria	Não selecionado	X									X	X				
		Como o estudo é especificamente para estruturas convencionais de concreto armado (lajes, pilares e vigas), este indicador não se aplica. Além de que nestas fases iniciais de projeto, as informações necessárias para cálculo deste indicador, não estão disponíveis.														

Fatores de construtibilidade de Oliveira (1994 *apud* AMANCIO, 2010):

- 1 Simplificação do projeto
- 2 Padronização
- 3 Sequência executiva e interdependência entre atividades
- 4 Acessibilidade e espaços adequados para o trabalho
- 5 Comunicação entre projeto e obra

Referências:

- | | |
|---------------------------------------|------------------|
| A Lantelme (1994) | G Freire (2007) |
| B Oliveira, Lantelme e Formoso (1995) | H Mascaró (2010) |
| C Oliveira e Freitas (1996) | I Assahi (2014) |
| D Oliveira e Freitas (2001) | J Franco (2014) |
| E Silva (2003) | K Melhado (2014) |
| F Rodrigues (2005) | |

Fonte: da autora (2015).

Quadro 33 – Análise dos indicadores da bibliografia

Continuação

Índice	Fatores					Referências										
	1	2	3	4	5	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Indicadores do projeto estrutural																
Peso do aço em relação ao volume de concreto na estrutura	X						X					X				
	<p>Não selecionado</p> <p>Pode ser utilizado para avaliar o projetista estrutural, se não desperdiços ou superdimensionamento da estrutura, mas na fase em que se propõe a implantação dos indicadores neste estudo, não há dados suficientes para seu cálculo.</p>															
Peso de aço em relação à área construída	X					X	X		X	X						
	<p>Não selecionado</p> <p>Como será utilizado o projeto estrutural ainda na sua fase inicial (pré-formas), esta informação ainda não estará disponível. Com o andamento do projeto, este é um item que geralmente é fornecido pelo projetista estrutural, portanto pode ser calculado para uma avaliação final do projeto. Estruturas com taxas de aço maiores dificultam o processo de montagem e colocação destas armaduras nas formas, podem precisar até mesmo de equipamentos para isso, devido ao seu peso.</p>															

Fatores de construtibilidade de Oliveira (1994 *apud* AMANCIO, 2010):

- 1 Simplicação do projeto
- 2 Padronização
- 3 Sequência executiva e interdependência entre atividades
- 4 Acessibilidade e espaços adequados para o trabalho
- 5 Comunicação entre projeto e obra

Referências:

- | | |
|---------------------------------------|------------------|
| A Lantelme (1994) | G Freire (2007) |
| B Oliveira, Lantelme e Formoso (1995) | H Mascaró (2010) |
| C Oliveira e Freitas (1996) | I Assahi (2014) |
| D Oliveira e Freitas (2001) | J Franco (2014) |
| E Silva (2003) | K Melhado (2014) |
| F Rodrigues (2005) | |

Fonte: da autora (2015).

Quadro 33 – Análise dos indicadores da bibliografia

Continuação

Índice	Fatores					Referências										
	1	2	3	4	5	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Indicadores do projeto estrutural																
Volume de concreto em relação à área construída	X					X	X		X	X						
	Como será utilizado o projeto estrutural ainda na sua fase inicial (pré-formas), esta informação ainda não estará disponível e seu levantamento pode ser demorado demais. Com o andamento do projeto, seus dados geralmente são fornecidos pelo projetista estrutural, portanto pode ser calculado para uma avaliação final. Taxas de concreto elevadas, podem significar excesso de transições, fundações complicadas, arquitetura que dificulta o lançamento da estrutura, resultando em excesso de pilares. Tudo isso dificulta o processo de execução, aumentando o prazo de obra, os custos do empreendimento, podendo comprometer inclusive a qualidade do produto.															
Área de formas em relação à área construída	X					X	X		X	X						
	Este indicador é possível de ser calculado com apenas as pré-formas do projeto estrutural, mas Assahi (2014) sugere uma análise das formas através da proporcionalidade entre os elementos laje, vigas e pilares que é mais interessante para a avaliação da construtibilidade.															

Fatores de construtibilidade de Oliveira (1994 *apud* AMANCIO, 2010):

- 1 Simplificação do projeto
- 2 Padronização
- 3 Sequência executiva e interdependência entre atividades
- 4 Acessibilidade e espaços adequados para o trabalho
- 5 Comunicação entre projeto e obra

Referências:

- | | |
|---------------------------------------|------------------|
| A Lantelme (1994) | G Freire (2007) |
| B Oliveira, Lantelme e Formoso (1995) | H Mascaró (2010) |
| C Oliveira e Freitas (1996) | I Assahi (2014) |
| D Oliveira e Freitas (2001) | J Franco (2014) |
| E Silva (2003) | K Melhado (2014) |
| F Rodrigues (2005) | |

Fonte: da autora (2015).

Quadro 33 – Análise dos indicadores da bibliografia

Continuação

Índice	Fatores					Referências										
	1	2	3	4	5	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Indicadores dos projetos de instalações																
Índice de rasgos	Não selecionado	X								X						
		Este indicador esta relacionado com as instalações, que não serão alvo do estudo. Além de que nestas fases iniciais de projeto, as informações necessárias para cálculo deste indicador, não estão disponíveis.														
Comprometo de tubulações em relação ao número de pontos	Não selecionado	X				X			X							
		Conforme Mascaró (2010) os custos das instalações são mais influenciados por decisões dicotômicas e menos por seu caminhamento, portanto não há muitas alternativas de melhorias relacionadas a este item. Geralmente as instalações não demandam profissionais dedicados em tempo integral a uma única obra, sendo um serviço rápido e dificilmente estando no caminho crítico do andamento da obra. Além de que, na fase em que será feita a análise da construtibilidade para este estudo, não existem estas informações disponíveis.														

Fatores de construtibilidade de Oliveira (1994 *apud* AMANCIO, 2010):

- 1 Simplicação do projeto
- 2 Padronização
- 3 Sequência executiva e interdependência entre atividades
- 4 Acessibilidade e espaços adequados para o trabalho
- 5 Comunicação entre projeto e obra

Referências:

- | | |
|---------------------------------------|------------------|
| A Lantelme (1994) | G Freire (2007) |
| B Oliveira, Lantelme e Formoso (1995) | H Mascaró (2010) |
| C Oliveira e Freitas (1996) | I Assahi (2014) |
| D Oliveira e Freitas (2001) | J Franco (2014) |
| E Silva (2003) | K Melhado (2014) |
| F Rodrigues (2005) | |

Fonte: da autora (2015).

Quadro 33 – Análise dos indicadores da bibliografia

Conclusão

Índice	Fatores					Referências										
	1	2	3	4	5	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Indicadores dos projetos de instalações																
Comprimento de eletrodutos em relação ao número de pontos	Não selecionado	X				X			X							
	Conforme Mascaró (2010) os custos das instalações são mais influenciados por decisões dicotômicas e menos por seu caminhamento, portanto não há muitas alternativas de melhorias relacionadas a este item. Geralmente as instalações não demandam profissionais dedicados em tempo integral a uma única obra, sendo um serviço rápido e dificilmente estando no caminho crítico do andamento da obra. Além de que, na fase em que será feita a análise da construtibilidade para este estudo, não existem estas informações disponíveis.															
Indicadores da obra																
Índice de revestimento externo e interno	Não selecionado									X						
	Como este índice mede a espessura real, medida em obra do revestimento, não se aplica ao foco do trabalho, que são medições ainda na fase de projeto.															

Fatores de construtibilidade de Oliveira (1994 *apud* AMANCIO, 2010):

- 1 Simplificação do projeto
- 2 Padronização
- 3 Sequência executiva e interdependência entre atividades
- 4 Acessibilidade e espaços adequados para o trabalho
- 5 Comunicação entre projeto e obra

Referências:

- | | |
|---------------------------------------|------------------|
| A Lantelme (1994) | G Freire (2007) |
| B Oliveira, Lantelme e Formoso (1995) | H Mascaró (2010) |
| C Oliveira e Freitas (1996) | I Assahi (2014) |
| D Oliveira e Freitas (2001) | J Franco (2014) |
| E Silva (2003) | K Melhado (2014) |
| F Rodrigues (2005) | |

Fonte: da autora (2015).

4.3.2 Novos indicadores de construtibilidade para o estudo piloto

Mascaró (2010) menciona outras formas de se otimizar um projeto. Alguns destes itens também podem ser transformados em indicadores. Além disso, o Quadro 34 mostra alguns exemplos que não foram encontrados na bibliografia pesquisada e que podem ser medidos para melhorar a análise da construtibilidade.

Quadro 34 – Análise de outros indicadores

Índice	Fatores					Referências	
	1	2	3	4	5	H	L
Indicadores do projeto arquitetônico							
Modulação	X	X					X
	Este é um indicador que representa bem a racionalidade de um projeto. Pois quando a planta é 100% modular, a quantidade de blocos especiais diminui consideravelmente. Isto significa que a mão de obra irá trabalhar boa parte do tempo com blocos inteiros, meio bloco e bloco e meio, o que melhora a logística deste material em obra também. Seu cálculo pode ser feito através da análise de algumas medidas dos ambientes. O indicador será calculado através da quantidade de medidas modulares em relação a quantidade total de medidas levantadas. Sugere-se duas medidas por ambiente.						

Continua

Fatores de construtibilidade de Oliveira (1994 *apud* AMANCIO, 2010):

- 1 Simplificação do projeto
- 2 Padronização
- 3 Sequência executiva e interdependência entre atividades
- 4 Acessibilidade e espaços adequados para o trabalho
- 5 Comunicação entre projeto e obra

Referências:

- H Mascaró (2010)
 L Percepção da autora em relação à revisão bibliográfica apresentada e a realidade da construtora em estudo.

Fonte: da autora (2015).

Quadro 34 – Análise de outros indicadores

Continuação

Índice	Fatores					Referências	
	1	2	3	4	5	H	L
Indicadores do projeto arquitetônico							
Índice de formato	X					X	
	Mascaró (2010) menciona algumas formas ideais de ambientes, como dormitórios, cozinhas e salas, por exemplo. É possível utilizar estes valores como indicadores do melhor aproveitamento de espaço e paredes dos ambientes. Aqui o termo forma foi substituído por formato, para que seja mais fácil diferenciá-lo do indicador relacionado a caixaria para concretagem da estrutura.						
Índice de sacadas recuadas	X					X	
	Sacadas em balanço são mais caras do que as recuadas, além de aumentarem o perímetro de fachada, que é uma fase cara, que depende de bom clima e com altos índices de acidentes de trabalho. Pode-se calcular um indicador através da razão entre o perímetro recuado e o perímetro total da sacada, considerando-se apenas as laterais, já que a frente sempre será para o ambiente externo e os fundos para a torre.						
Índice de otimização da tipologia das circulações	X			X		X	
	A escolha por uma ou mais circulações verticais é influenciada pela altura do edifício e tamanho das unidades privativas (MASCARÓ, 2010). Assim é possível avaliar se a solução adotada é otimizada.						

Fatores de construtibilidade de Oliveira (1994 *apud* AMANCIO, 2010):

- 1 Simplificação do projeto
- 2 Padronização
- 3 Sequência executiva e interdependência entre atividades
- 4 Acessibilidade e espaços adequados para o trabalho
- 5 Comunicação entre projeto e obra

Referências:

- H Mascaró (2010)
- L Percepção da autora em relação à revisão bibliográfica apresentada e a realidade da construtora em estudo.

Fonte: da autora (2015).

Quadro 34 – Análise de outros indicadores

Índice	Fatores					Referências		Conclusão
	1	2	3	4	5	H	L	
Indicadores do projeto arquitetônico								
Padronização das esquadrias	X	X						X
	É muito comum em obra que sejam colocados os contramarcos na posição errada, que os vãos na alvenaria não estejam na medida correta ou que o fornecedor envie contramarcos nas quantidades erradas. Isso acontece em grande parte devido à enorme quantidade de dimensões diferentes das esquadrias, muitas vezes com pequenas diferenças entre si, que poderiam ser facilmente padronizadas para facilitar a logística de obra.							
Indicadores do projeto estrutural								
Índice de otimização do processo construtivo adotado	X						X	
	Considerando-se os 3 processos construtivos básicos para execução da estrutura: aço, concreto e alvenaria; pode-se definir um indicador para avaliação do processo adotado de acordo com a altura do edifício, tomando como base valores apresentados por Mascaró (2010).							
Indicadores gerais								
Viabilidade					X	X	X	
	Mascaró (2010) propõe uma maneira de se ter uma ideia dos custos de um empreendimento, sendo esta uma viabilidade prévia que pode ser calculada e transformada em indicador.							

Fatores de construtibilidade de Oliveira (1994 *apud* AMANCIO, 2010):

- 1 Simplificação do projeto
- 2 Padronização
- 3 Sequência executiva e interdependência entre atividades
- 4 Acessibilidade e espaços adequados para o trabalho
- 5 Comunicação entre projeto e obra

Referências:

- H Mascaró (2010)
- L Percepção da autora em relação à revisão bibliográfica apresentada e a realidade da construtora em estudo.

Fonte: da autora (2015).

4.3.3 Indicadores de construtibilidade selecionados para o estudo piloto

Inicialmente havia 54 indicadores, alguns apresentados na bibliografia e outros novos. Destes foram selecionados 29 para o estudo piloto. Os indicadores de construtibilidade foram escolhidos por diversos motivos como: facilidade de medição, disponibilidade de dados, relevância, entre outras características que já permitem sua quantificação ainda nas fases iniciais de um projeto. Estes indicadores, bem como as informações necessárias para seu cálculo, estão apresentados no APÊNDICE D.

5 RESULTADOS

5.1 IMPLANTAÇÃO DA INTERVENÇÃO

Conforme foi estabelecido, a intervenção foi realizada através da aplicação dos indicadores selecionados até esta etapa no estudo piloto, que é composto por dois projetos: o empreendimento M e o empreendimento S (as letras foram atribuídas para preservar informações da construtora em questão). O empreendimento S uma evolução do empreendimento M.

No empreendimento M ainda não existia o setor de Engenharia dentro da construtora. Os projetos foram desenvolvidos pelos projetistas terceirizados e passaram apenas pela análise do setor comercial da construtora.

O empreendimento S deveria ser apenas sua repetição. No entanto, após sua aprovação na prefeitura, mas antes da elaboração dos projetos executivos, foi criado o setor de Engenharia dentro da construtora. Desta forma foi possível implantar algumas melhorias como aplicação de uma modulação parcial de 15 cm, eliminação de paredes e elementos desnecessários, revisão de espessuras das alvenarias, utilização de blocos cerâmicos modulares ao invés do tijolo baiano e diminuição de recortes nas fachadas, por exemplo.

O empreendimento S teve pequenas alterações em relação ao M, pois o projeto já estava aprovado, mas já será possível fazer um comparativo nos resultados dos indicadores para uma análise de sua eficácia.

5.1.1 Empreendimento M

5.1.1.1 Caracterização do empreendimento M

Um dos empreendimentos que fez parte do estudo piloto foi aqui designado como empreendimento M (Figura 41 e Figura 42). Este teve seu projeto arquitetônico desenvolvido pelo projetista C. Os códigos M e C foram atribuídos para preservar informações da construtora em questão. Está localizado na cidade de Joinville (SC) com apartamentos de 61 m² (apartamento tipo B), 64 m² (apartamento tipo C) e 74 m² (apartamento tipo A) de área privativa e área construída de

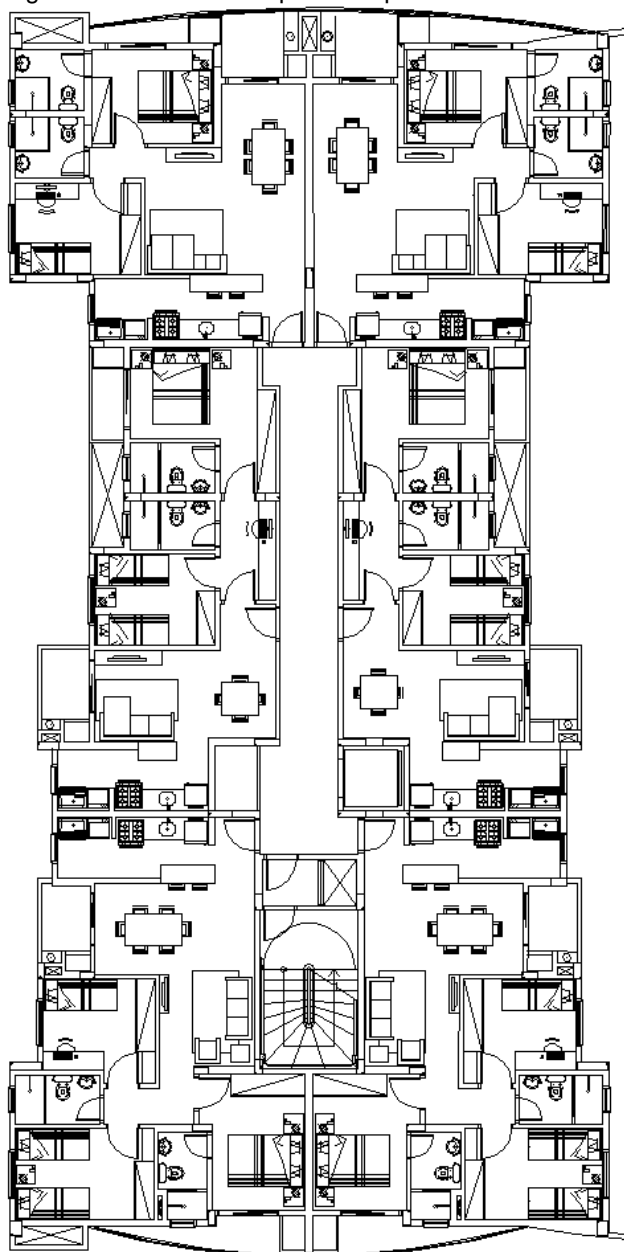
10564 m². Possui pavimento térreo com garagens, lixeira, central de gás, guarita, salão de festas e banheiros; pavimento mezanino com garagens, jardins, piscina, academia, vestiários, cisternas, sala de jogos, brinquedoteca e cinema. A partir do pavimento mezanino o empreendimento passa a ter 2 torres de apartamentos, cada uma com 7 pavimentos tipo com 6 apartamentos por andar; 1 pavimento cobertura com 3 apartamentos (iguais aos do tipo), barrilete e reservatório superior, totalizando 10 pavimentos.

Figura 41 – Fachada do empreendimento M



Fonte: imagem cedida pela construtora (2015).

Figura 42 – Pavimento tipo do empreendimento M



Fonte: imagem cedida pela construtora (2015).

5.1.1.2 Levantamento de dados do empreendimento M

Neste item foram levantados os dados e feitas as medições necessárias para o cálculo dos indicadores para o estudo piloto. As variáveis utilizadas foram apresentadas no APÊNDICE E.

5.1.1.3 Aplicação da proposta de indicadores de construtibilidade no empreendimento M

Os dados levantados para o empreendimento M (APÊNDICE E) (APÊNDICE E) do estudo piloto foram aplicados nas fórmulas apresentadas na proposta inicial de sistema de indicadores (APÊNDICE D

APÊNDICE D) e os resultados estão apresentados no Quadro 35 e no Quadro 36.

Quadro 35 – Indicadores calculados para os tipos de apartamento do empreendimento M

Empreendimento: M				
SIGLA	DESCRIÇÃO	VALORES POR APARTAMENTO		
		TIPO A	TIPO B	TIPO C
Repetições no tipo		2	2	2
Icoz	FORMATO DAS COZINHAS	19,74%	19,80%	21,88%
Idor (médio)	FORMATO DOS DORMITÓRIOS	70,10%	67,25%	74,60%
Iest	ÁREA DE ESTAR DOS APARTAMENTOS	34,19%	29,78%	44,41%
Isac (médio)	FORMATO DAS SACADAS	43,83%	57,90%	34,37%
Isal	FORMATO DE SALAS DE ESTAR E JANTAR INTEGRADAS	99,38%	97,48%	87,25%
Suíte				
Idor (suíte)	FORMATO DOS DORMITÓRIOS	68,26%	60,09%	74,76%
Dormitório 1				
Idor (dormitório 1)	FORMATO DOS DORMITÓRIOS	74,43%	74,41%	74,44%
Dormitório 2				
Idor (dormitório 2)	FORMATO DOS DORMITÓRIOS	67,60%	-	-
Sacada sala				
Isac (sacada sala)	FORMATO DAS SACADAS	51,06%	56,68%	-
Sacada suíte				
Isac (sacada suíte)	FORMATO DAS SACADAS	36,60%	59,12%	-
Sacada sala e suíte				
Isac (sacada sala e suíte)	FORMATO DAS SACADAS	-	-	34,37%

Fonte: da autora (2015).

Quadro 36 – Indicadores calculados para o empreendimento M

Empreendimento: M		
SIGLA	VALOR	DESCRIÇÃO
Ivia (CUBs)	10750,21	VIABILIDADE
Icmp	66,55%	COMPACIDADE DO PAVIMENTO TIPO
Igco	59,65%	ÍNDICE GERAL DE CONSTRUTIBILIDADE
Icma	23,53%	COMPACIDADE CONSIDERANDO A ALTURA DA TORRE
Icns	60,94%	CONSTRUTIBILIDADE SEGUNDO OS AGENTES DO PROJETO
Icom	98,55%	ÁREA COMUM NO PAVIMENTO TIPO
Icoz	20,47%	FORMATO DAS COZINHAS
I dor	70,65%	FORMATO DOS DORMITÓRIOS
Iecm	50,49%	ÍNDICE ECONÔMICO DE COMPACIDADE DO PAVIMENTO TIPO
Iesq	85,04%	ESQUADRIAS NO PAVIMENTO TIPO
Iest	36,13%	ÁREA DE ESTAR DOS APARTAMENTOS
I fac	44,12%	FACHADA NO PAVIMENTO TIPO
Igar	106,16%	GARAGEM
I laj	43,49%	ÁREA MÉDIA DE LAJES
I mod	42,59%	MODULAÇÃO
I pes	62,50%	PADRONIZAÇÃO DE ESQUADRIAS
I pil	58,27%	DENSIDADE DE PILARES
I pla	50,00%	PADRONIZAÇÃO DE LAJES
I ppi	12,50%	PADRONIZAÇÃO DE PILARES
I pri	74,55%	ÁREA PRIVATIVA
I pro	100,00%	PROCESSO CONSTRUTIVO ADOTADO
I pvi	10,00%	PADRONIZAÇÃO DE VIGAS
I sac	45,37%	FORMATO DAS SACADAS
I sal	94,70%	FORMATO DE SALAS DE ESTAR E JANTAR INTEGRADAS
I sar	53,73%	SACADAS RECUADAS
I sec	90,26%	ÁREA COM PISO SECO NO PAVIMENTO TIPO
I tip	88,94%	TIPOLOGIA DAS CIRCULAÇÕES NO PAVIMENTO TIPO
I uti	82,84%	ÁREA ÚTIL NO PAVIMENTO TIPO
I vig	45,16%	DENSIDADE DE VIGAS

Fonte: da autora (2015).

5.1.2 Empreendimento S

5.1.2.1 Caracterização do empreendimento S

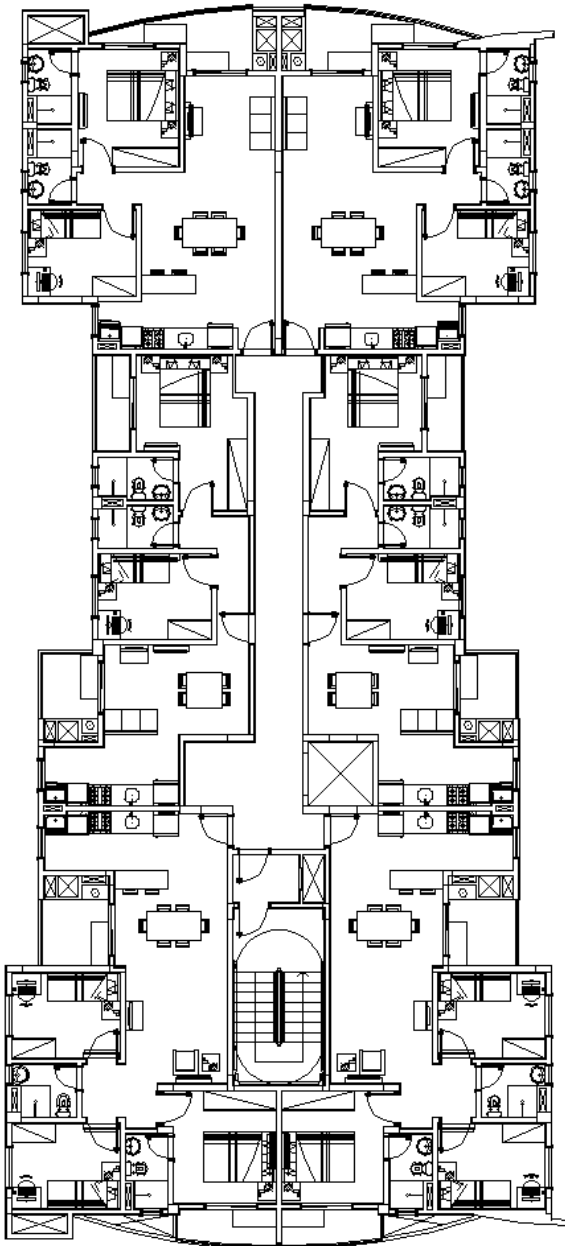
O outro empreendimento que fez parte do estudo piloto foi aqui designado como empreendimento S (Figura 43 e Figura 44). Este também teve seu projeto arquitetônico desenvolvido pelo projetista C. Os códigos S e C foram atribuídos para preservar informações da construtora em questão. Está localizado na cidade de Joinville (SC) com apartamentos de 59 m² (apartamento tipo B), 64 m² (apartamento tipo C) e 74 m² (apartamento tipo A) de área privativa e área construída de 10414 m². Possui pavimento térreo com garagens, lixeira, central de gás, guarita, salão de festas e banheiros; pavimento mezanino com garagens, jardins, piscina, academia, vestiários, cisternas, sala de jogo e quiosque com churrasqueira. A partir do pavimento mezanino o empreendimento passa a ter 2 torres de apartamentos, cada uma com 7 pavimentos tipo com 6 apartamentos por andar; 1 pavimento cobertura com 3 apartamentos (iguais aos do tipo), barrilete e reservatório superior, totalizando 10 pavimentos.

Figura 43 – Fachada do empreendimento S



Fonte: imagem cedida pela construtora (2015).

Figura 44 – Pavimento tipo do empreendimento S



Fonte: imagem cedida pela construtora (2015).

5.1.2.2 Levantamento de dados do empreendimento S

Neste item foram levantados os dados e feitas as medições necessárias para o cálculo dos indicadores para o estudo piloto. As variáveis utilizadas foram apresentadas no APÊNDICE FAPÊNDICE F.

5.1.2.3 Aplicação da proposta de indicadores de construtibilidade no empreendimento S

Os dados levantados para o empreendimento S (APÊNDICE FAPÊNDICE F) do estudo piloto foram aplicados nas fórmulas apresentadas na proposta inicial de sistema de indicadores (APÊNDICE D) e os resultados estão apresentados no Quadro 37 e no Quadro 38.

Quadro 37 – Indicadores calculados para os tipos de apartamento do empreendimento S

Empreendimento: S				
SIGLA	DESCRIÇÃO	VALORES POR APARTAMENTO		
		TIPO A	TIPO B	TIPO C
Repetições no tipo		2	2	2
Icoz	FORMATO DAS COZINHAS	24,49%	18,83%	23,01%
Idor (médio)	FORMATO DOS DORMITÓRIOS	72,57%	68,27%	75,07%
Iest	ÁREA DE ESTAR DOS APARTAMENTOS	58,03%	28,70%	43,64%
Isac (médio)	FORMATO DAS SACADAS	54,47%	56,79%	39,44%
Isal	FORMATO DE SALAS DE ESTAR E JANTAR INTEGRADAS	87,08%	76,73%	93,16%
Suíte				
Idor (suíte)	FORMATO DOS DORMITÓRIOS	69,14%	62,20%	75,85%
Dormitório 1				
Idor (dormitório 1)	FORMATO DOS DORMITÓRIOS	74,29%	74,33%	74,29%
Dormitório 2				
Idor (dormitório 2)	FORMATO DOS DORMITÓRIOS	74,29%	-	-
Sacada sala				
Isac (sacada sala)	FORMATO DAS SACADAS	60,93%	52,95%	-
Sacada suíte				
Isac (sacada suíte)	FORMATO DAS SACADAS	48,01%	60,63%	-
Sacada sala e suíte				
Isac (sacada sala e suíte)	FORMATO DAS SACADAS	-	-	39,44%

Fonte: da autora (2015).

Quadro 38 – Indicadores calculados para o empreendimento S

Empreendimento: S		
SIGLA	VALOR	DESCRIÇÃO
Ivia (CUBs)	10704,35	VIABILIDADE
Icmp	68,32%	COMPACIDADE DO PAVIMENTO TIPO
Igco	63,47%	ÍNDICE GERAL DE CONSTRUTIBILIDADE
Icma	24,15%	COMPACIDADE CONSIDERANDO A ALTURA DA TORRE
Icns	60,94%	CONSTRUTIBILIDADE SEGUNDO OS AGENTES DO PROJETO
Icom	93,88%	ÁREA COMUM NO PAVIMENTO TIPO
Icoz	22,11%	FORMATO DAS COZINHAS
Idor	71,97%	FORMATO DOS DORMITÓRIOS
Iecm	54,83%	ÍNDICE ECONÔMICO DE COMPACIDADE DO PAVIMENTO TIPO
Iesq	86,96%	ESQUADRIAS NO PAVIMENTO TIPO
Iest	43,46%	ÁREA DE ESTAR DOS APARTAMENTOS
Ifac	42,91%	FACHADA NO PAVIMENTO TIPO
Igar	92,70%	GARAGEM
Ilaj	44,67%	ÁREA MÉDIA DE LAJES
Imod	80,77%	MODULAÇÃO
Ipes	62,50%	PADRONIZAÇÃO DE ESQUADRIAS
Ipil	62,03%	DENSIDADE DE PILARES
Ipla	100,00%	PADRONIZAÇÃO DE LAJES
Ippi	8,33%	PADRONIZAÇÃO DE PILARES
Ipri	74,37%	ÁREA PRIVATIVA
Ipro	100,00%	PROCESSO CONSTRUTIVO ADOTADO
Ipvi	14,29%	PADRONIZAÇÃO DE VIGAS
Isac	50,23%	FORMATO DAS SACADAS
Isal	85,66%	FORMATO DE SALAS DE ESTAR E JANTAR INTEGRADAS
Isar	69,69%	SACADAS RECUADAS
Isec	90,76%	ÁREA COM PISO SECO NO PAVIMENTO TIPO
Itip	89,53%	TIPOLOGIA DAS CIRCULAÇÕES NO PAVIMENTO TIPO
Iuti	82,17%	ÁREA ÚTIL NO PAVIMENTO TIPO
Ivig	41,35%	DENSIDADE DE VIGAS

Fonte: da autora (2015).

5.1.3 Análise dos resultados e propostas de melhorias

Conforme mencionado, a intervenção foi feita através da avaliação dos indicadores selecionados até esta etapa no estudo piloto, que foi composto por dois projetos: o empreendimento M e o empreendimento S. Como o empreendimento S é uma evolução do empreendimento M, foi possível fazer um comparativo nos resultados dos indicadores para uma análise de sua eficácia.

No Quadro 39 foram apresentados os resultados dos 29 indicadores dos 2 empreendimentos do estudo piloto, bem como uma análise destes resultados e proposta de melhorias. A última coluna demonstra quais foram os indicadores selecionados.

Ao fim desta segunda análise restaram 24 indicadores para o Modelo Indicador de Construtibilidade. Este é um sistema aberto, que pode sofrer alterações de acordo com a realidade da construtora em que for aplicado. Por exemplo, se o Modelo for aplicado em uma construtora que desenvolve o projeto estrutural antes da aprovação do projeto arquitetônico na prefeitura, indicadores como taxa de aço, concreto e formas, que foram descartados nesta dissertação, podem ser utilizados nesta outra realidade.

Para este trabalho não foram aplicados pesos nos indicadores, mas foram apresentados dois indicadores que fornecem uma visão geral da situação de cada projeto. O Índice Geral de Viabilidade (I_{via}) que fornece a medida a ser multiplicada pelo valor atualizado do CUB; para uma avaliação simplificada do custo utilizado na viabilidade do empreendimento. E o Índice Geral de Construtibilidade (I_{gco}), que é a média dos 22 indicadores restantes, serve como um norte para a construtora, para que possa definir metas, por exemplo; na tomada de decisão devem ser avaliados os 22 indicadores individualmente.

Quadro 39 – Análise de resultados do estudo piloto e proposta de melhorias

Continua

Indicador	M	S	Análise	
Ivia (CUBs) VIABILIDADE	10750,21	10704,35	Este indicador é representativo, já que usualmente se multiplica a área construída pelo valor do CUB para o cálculo da viabilidade. Para exemplificar pode-se considerar que a área construída de ambos os empreendimentos ficou em torno de 10500 m ² , que a viabilidade ficou em torno de 10700 CUBs e que o CUB atualizado de Santa Catarina (abril de 2015) está em torno de R\$1440/m ² . Multiplicando a diferença de 200 pelo valor do CUB, tem-se um valor de 288 mil reais. Uma diferença muito grande na viabilidade para este tipo de empreendimento, já que representa o preço aproximado de venda de um apartamento e cerca de 2% dos custos. Para que fique mais clara esta análise, foi proposta uma alteração, onde o valor deve ser dividido também pela área construída, resultando assim em um índice percentual.	Selecionado com alterações
Icomp COMPACIDADE DO PAVIMENTO TIPO	66,55%	68,32%	Haviam sido foram tomadas algumas medidas para que o empreendimento S possuísse menos recortes na fachada do que o empreendimento M. No entanto, conforme já mencionado na revisão bibliográfica, este indicador pode criar a falsa impressão de que é mais fácil construir um círculo do que um quadrado. Sendo assim, será descartado do grupo final, já que o objetivo é medir justamente as dificuldades que a obra encontrará.	Não selecionado
Igco ÍNDICE GERAL DE CONSTRUTIBILIDADE	59,73%	63,47%	Com este indicador foi possível verificar que o empreendimento S, em geral, teve um índice de construtibilidade melhor do que o M. Isto é fato, já que foram tomadas algumas medidas pelo setor de engenharia da construtora com este objetivo.	Selecionado

Fonte: da autora (2015).

Quadro 39 – Análise de resultados do estudo piloto e proposta de melhorias

Continuação

Indicador	M	S	Análise	
Icma COMPACIDADE CONSIDERANDO A ALTURA DA TORRE	23,53%	24,15%	Como ambos os empreendimentos possuem a mesma quantidade de pavimentos, o resultado deste indicador ficou parecido, sendo sua diferença relativa a diferença na compacidade do pavimento tipo. É importante por considerar a altura do edifício em seu cálculo, já que edifícios mais altos acabam tendo mais tarefas sendo executadas simultaneamente e mais tempo no deslocamento de materiais. Portanto precisam de mais elementos de transporte vertical, mais pavimentos com bandeirão, além de possuir riscos mais elevados de acidentes de trabalho. As construtoras buscam aproveitar o máximo o terreno, construindo a maior quantidade de pavimentos possível. Desta forma, este indicador demonstra fatores como impactos no custo, prazo e segurança, que precisam ser levados em consideração no planejamento e orçamento do empreendimento.	Selecionado
Icns CONSTRUTIBILIDADE SEGUNDO OS AGENTES DO PROJETO	60,94%		Este indicador possui apenas um resultado, pois a entrevista foi feita durante a elaboração desta dissertação e não durante cada obra. Mas tem sua importância por avaliar itens mais subjetivos, que não estão tão claros e que, muitas vezes, não podem ser medidos ainda na fase de projeto. No entanto representa de forma clara a cultura da empresa. Ainda que já exista uma consciência na construtora da importância de se fazer um projeto de fácil execução, vê-se que falta muito para que isto seja colocado em prática de forma que traga grandes resultados.	Selecionado

Fonte: da autora (2015).

Quadro 39 – Análise de resultados do estudo piloto e proposta de melhorias

Continuação

Indicador		M	S	Análise	
Icom	ÁREA COMUM NO PAVIMENTO TIPO	98,55%	93,88%	Boa parte da diferença foi encontrada devido a alteração no tipo de escada do empreendimento S, pois o empreendimento M possuía degraus em leque, o que não está mais sendo permitido pelo corpo de bombeiros da região. O acréscimo de um patamar fez com que a área comum do empreendimento S se tornasse maior que a do M, mas ambos com bons resultados. Esta sempre foi uma preocupação da empresa, já que excesso de áreas deste tipo não agregam valor ao cliente.	Selecionado
Icoz	FORMATO DAS COZINHAS	20,47%	22,11%	Este indicador não se mostrou representativo. Quanto maior o perímetro, melhores deveriam ser os resultados, já que teoricamente aumentariam o espaço para bancadas. No entanto, a fórmula proposta faz com que uma cozinha retangular, tenha resultados ruins, por não ser muito recortada, mas recortes também não facilitam a colocação de bancadas e eletrodomésticos. Desta forma ele foi descartado do grupo final.	Não selecionado
Idor	FORMATO DOS DORMITÓRIOS	70,65%	71,97%	Durante o período em que a engenharia da construtora fez algumas alterações no projeto, foram alinhadas algumas paredes e diminuídos alguns recortes internos também. Foram pequenas alterações, já que o projeto já estava aprovado, mas que já apareceram de forma sutil neste indicador.	Selecionado

Fonte: da autora (2015).

Quadro 39 – Análise de resultados do estudo piloto e proposta de melhorias

Continuação

Indicador	M	S	Análise	
<p>lecm</p> <p>ÍNDICE ECONÔMICO DE COMPACTIDADE DO PAVIMENTO TIPO</p>	50,49%	54,83%	A diminuição de recortes nas fachadas do empreendimento S em relação ao M, já ficou visível neste indicador. Como não podiam ser feitas grandes alterações no projeto, foram eliminados principalmente os pequenos dentes, diminuindo significativamente a quantidade de arestas (de 42 para 26), o que se tornou o principal fator de melhora nos resultados deste indicador.	Selecionado
<p>lesq</p> <p>ESQUADRIAS NO PAVIMENTO TIPO</p>	85,04%	86,96%	Ambos os empreendimentos não são de alto padrão, são mais direcionados a classe média alta. Deve sempre haver um cuidado em relação a quantidade de esquadrias, pois possuem custo elevado e sempre dificultam a execução, já que precisam de requadros e chumbamento de contramarcos. Muitas vezes a quantidade pode não condizer com o padrão e até dificultar a colocação de mobília. Isso porque, como os ambientes são pequenos, pode não sobrar paredes livres para colocar armários e camas, por exemplo.	Selecionado

Fonte: da autora (2015).

Quadro 39 – Análise de resultados do estudo piloto e proposta de melhorias

Continuação

Indicador	M	S	Análise		
lest	ÁREA DE ESTAR DOS APARTAMENTOS	36,13%	43,46%	Este indicador sugere uma proporcionalidade entre a quantidade de dormitórios e a dimensão da sala de estar. Na construtora é solicitado que as salas de estar comportem a quantidade de moradores do apartamento no mínimo, mas ainda assim este indicador forneceu um valor baixo. Ainda que avalie a otimização no uso dos espaços, ele mostrou resultados baixos para um item que não tem se mostrado como um problema nas vendas, para os clientes e até mesmo para a obra.	Não selecionado
lfac	FACHADA NO PAVIMENTO TIPO	44,12%	42,91%	Ainda que a fachada seja um item crítico em relação à construtibilidade, o indicador índice de compacidade econômico representa melhor as dificuldades de obra. Por exemplo, este indicador pode demonstrar erroneamente que fazer um círculo é mais fácil do que um quadrado, já o índice de compacidade econômico não permite este tipo de equívoco.	Não selecionado
lgar	GARAGEM	106,16%	92,70%	Este indicador precisará sofrer uma alteração, pois na forma como foi apresentado e calculado neste estudo piloto, quando menor a área melhor. No entanto, áreas muito pequenas podem gerar uma insatisfação do cliente, pelas dificuldades de manobra e acesso ao carro. Problemas deste tipo já foram diagnosticados pela construtora. Portanto, para o grupo final, deverá avaliar a proximidade dos resultados em relação ao valor ótimo, independente se maior ou menor.	Selecionado com alterações

Fonte: da autora (2015).

Quadro 39 – Análise de resultados do estudo piloto e proposta de melhorias

Continuação

Indicador		M	S	Análise	
Ilaj	ÁREA MÉDIA DE LAJES	43,49%	44,67%	A tipologia recortada de ambos os empreendimentos dificulta o lançamento da estrutura e compromete este tipo de indicador. Ainda assim, foi possível verificar que as pequenas alterações feitas pela engenharia da construtora resultaram em um pequeno aumento neste indicador no empreendimento S em relação ao M.	Selecionado
Imod	MODULAÇÃO	42,59%	80,77%	A utilização de modulação no empreendimento S ficou bem evidente no resultado deste indicador, ainda que tenha sido uma modulação parcial.	Selecionado
Ipes	PADRONIZAÇÃO DE ESQUADRIAS	62,50%	62,50%	Este não foi um item alterado no empreendimento S pela Engenharia da construtora, por isso os resultados iguais. Mas continua sendo importante sua avaliação, no sentido de simplificar a logística e execução da obra. Os resultados não foram ótimos, pois ambos os empreendimentos possuem repetição de tipos de esquadrias, mas com dimensões diferentes. Por exemplo, os dois empreendimentos utilizam portas de madeira de 60 e 80 cm de largura em seus apartamentos.	Selecionado
Ipil	DENSIDADE DE PILARES	58,27%	62,03%	A tipologia recortada de ambos os empreendimentos dificulta o lançamento da estrutura e compromete este tipo de indicador. Ainda assim, foi possível verificar que as pequenas alterações feitas pela Engenharia da construtora resultaram em um pequeno aumento neste indicador no empreendimento S em relação ao M.	Selecionado

Fonte: da autora (2015).

Quadro 39 – Análise de resultados do estudo piloto e proposta de melhorias

Continuação

Indicador	M	S	Análise	
Ipla PADRONIZAÇÃO DE LAJES	50,00%	100,00%	No empreendimento M havia um rebaixo no hall dos apartamentos para colocação de contrapiso, por isso esta laje era menos espessa. Mas é algo que o projetista fazia e que não condizia com a realidade da construtora, pois a mesma não faz contrapiso e trabalha com laje zero. Para o empreendimento S foi solicitada a eliminação deste rebaixo e assim todas as lajes ficaram com a mesma espessura.	Selecionado
Ippi PADRONIZAÇÃO DE PILARES	12,50%	8,33%	Em ambos os empreendimentos não houve uma tentativa de padronização de pilares. No entanto no empreendimento S, foi solicitado pela engenharia que os pilares fossem compatibilizados com a modulação. Isto não foi totalmente possível, pois alguns pilares foram dimensionados pelo projetista com largura mínima de 19 cm, sendo a modulação 15 cm, esta necessidade comprometeu inclusive a modulação. Para solucionar este tipo de problema, seria necessário rever a modulação conforme as necessidades do projetista estrutural também. Isto não foi possível, dada a situação avançada dos projetos e a necessidade de se começar a obra.	Selecionado
Ipri ÁREA PRIVATIVA	74,55%	74,37%	Como ambos os empreendimentos são de padrão Home Club, eles possuem uma área comum diferenciada, com academia, salão de festas, área gourmet. Isso tudo pode tornar os resultados deste indicador um pouco mais baixos do que habitações de interesse social (com menos áreas de lazer).	Selecionado

Fonte: da autora (2015).

Quadro 39 – Análise de resultados do estudo piloto e proposta de melhorias

Continuação

Indicador		M	S	Análise	
Ipro	PROCESSO CONSTRUTIVO ADOTADO	100,00%	100,00%	Ambos os empreendimentos possuem o processo construtivo sugerido por Mascaró (2010).	Selecionado
Ipvi	PADRONIZAÇÃO DE VIGAS	10,00%	14,29%	A Engenharia da construtora solicitou algumas pequenas alterações para padronizar estas vigas, mas como o projeto do empreendimento S já estava aprovado, não eram possíveis muitas alterações, como intervenções significativas nas espessuras das paredes, por exemplo. Ainda assim houve um pequeno aumento neste indicador, mas que ainda pode ser melhorado em novos empreendimentos.	Selecionado
Isac	FORMATO DAS SACADAS	45,37%	50,23%	Com o alinhamento de algumas paredes feito pela engenharia da construtora, houve algumas melhoras neste indicador do empreendimento M para o S, pois alguns recortes foram eliminados.	Selecionado
Isal	FORMATO DE SALAS DE ESTAR E JANTAR INTEGRADAS	94,70%	85,66%	Quando estes dois ambientes são integrados, o ideal é que tenham uma relação 1:2 (MASCARÓ, 2010). No entanto este indicador está mais relacionado com a funcionalidade do ambiente. Ainda que meça uma otimização das áreas, sua relação com a construtibilidade é pequena. Para tornar o modelo mais enxuto, este indicador não será utilizado, devido à sua baixa representatividade para os objetivos deste trabalho.	Não selecionado

Fonte: da autora (2015).

Quadro 39 – Análise de resultados do estudo piloto e proposta de melhorias

Continuação

Indicador	M	S	Análise	
I _{sar} SACADAS RECUADAS	53,73%	69,69%	Com o alinhamento de algumas paredes feito pela Engenharia da construtora, houve algumas melhoras neste indicador do empreendimento M para o S, pois pequenos trechos em balanço foram diminuídos.	Selecionado
I _{sec} ÁREA COM PISO SECO NO PAVIMENTO TIPO	90,26%	90,76%	Devido a semelhança nas tipologias dos dois empreendimentos, não há diferença significativa neste indicador. Mas é interessante mantê-lo, pois para empreendimentos de tipologias diferentes é importante que se avalie a quantidade de áreas a serem impermeabilizadas. Já que esta é uma etapa crítica para a execução, por exigir mão de obra mais qualificada, por ser um serviço que é pré-requisito para outros e também pelo seu elevado índice de assistência técnica.	Selecionado
I _{tip} TIPOLOGIA DAS CIRCULAÇÕES NO PAVIMENTO TIPO	88,94%	89,53%	Como ambos os empreendimentos possuem área média dos apartamentos próxima de 60 m ² , a tipologia das circulações adotada com apenas um eixo vertical e vários horizontais se mostrou uma boa solução.	Selecionado
I _{uti} ÁREA ÚTIL NO PAVIMENTO TIPO	82,84%	82,17%	Como o projeto do empreendimento S já havia sido aprovado, não foram feitas grandes alterações neste sentido, por isso a semelhança nos resultados deste indicador. Mas conforme já visto na bibliografia apresentada, ambientes maiores consomem menos paredes por metro quadrado e também facilitam a logística de obra. Como este indicador faz este tipo de avaliação, se torna importante para o estudo.	Selecionado

Fonte: da autora (2015).

Quadro 39 – Análise de resultados do estudo piloto e proposta de melhorias

Conclusão

Indicador	M	S	Análise	
Ivig DENSIDADE DE VIGAS	45,16%	41,35%	A tipologia recortada de ambos os empreendimentos dificulta o lançamento da estrutura e compromete este tipo de indicador.	Selecionado

Fonte: da autora (2015).

5.2 DEFINIÇÃO DO MODELO INDICADOR DA CONSTRUTIBILIDADE

A definição do Modelo Indicador da Construtibilidade será feita através da descrição dos seguintes itens já mencionados na bibliografia:

- em qual etapa do processo da empresa devem ser feitas as medições;
- quais os indicadores;
- qual o objetivo de cada indicador;
- quais suas fórmulas;
- quais as variáveis (dados);
- qual a periodicidade de cada medição;
- qual o responsável pelo processamento dos dados e inserção no banco de dados (*benchmarking* interno);
- quem é o responsável pela análise dos resultados e tomada de decisão.

5.2.1 Etapa do fluxo de projeto onde devem ser feitas as medições

Este modelo é uma proposta de melhoria em 2 etapas do fluxo de projetos na construtora em estudo, conforme demonstrado na Figura 39.

Etapa 6 – Desenvolvimento dos projetos legais: deve ser fornecido aos projetistas acesso ao Modelo Indicador de Construtibilidade, com a descrição dos indicadores, suas fórmulas, variáveis e valores de *benchmarking*. Para que o

projeto já seja desenvolvido com o objetivo de facilitar a execução.

Etapa 7 – Verificação e análise crítica dos projetos legais: esta é a etapa em que a empresa deve efetivamente aplicar os indicadores, analisar os resultados e tomar decisões.

Ainda que a proposta seja para estas 2 etapas, é interessante que o Modelo se torne cultura da empresa e que, aos poucos, faça parte de diversas outras etapas. Já nos estudos iniciais de viabilidade deve-se tomar medidas com o objetivo de melhorar a construtibilidade do edifício.

5.2.2 Descrição dos indicadores, seus objetivos, variáveis e fórmulas

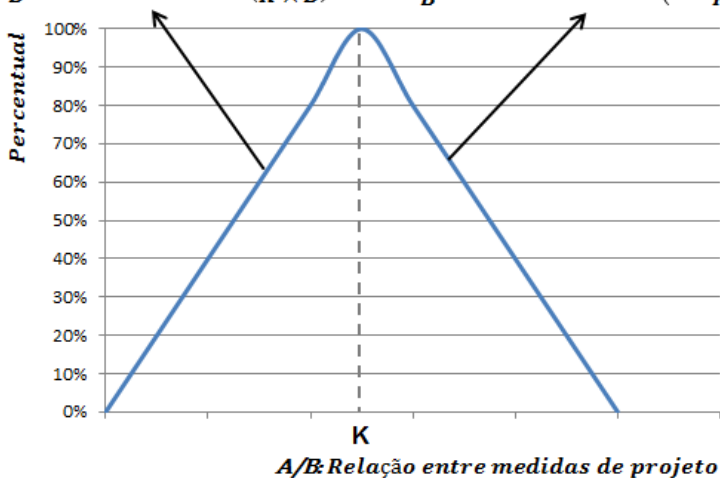
Com base na análise do estudo piloto (Quadro 39), alguns indicadores foram descartados, outros sofreram alterações e alguns permaneceram como estavam. O resumo com os 24 indicadores que fazem parte do Modelo foi apresentado no Quadro 40.

O Modelo Indicador de Construtibilidade foi detalhado no Quadro 41, com seus objetivos, variáveis e fórmulas. Destes, dois indicadores fornecem uma visão geral da situação de cada projeto: o Índice Geral de Viabilidade (I_{via}) e o Índice Geral de Construtibilidade (I_{gco}). Os outros 22 indicadores fornecem informações mais específicas, como por exemplo, a cultura da empresa (construtibilidade segundo os agentes do projeto), padronização, otimização e racionalidade.

Os indicadores Índice de Otimização das Garagens, Índice de Área Média de Lajes, Índice de Densidade de Pilares e Índice de Densidade de Vigas possuem uma equação para seu cálculo conforme apresentado no gráfico da Figura 45.

Figura 45 – Gráfico da equação geral dos indicadores

$$\text{se } \frac{A}{B} \leq K: I (\%) = 100 \times \left(\frac{A}{K \times B} \right) \quad \text{se } \frac{A}{B} \geq K: I (\%) = 100 \times \left(2 - \frac{A}{K \times B} \right)$$



Fonte: da autora (2015).

Neste gráfico (Figura 45) o eixo vertical é o resultado do indicador em valor percentual, o eixo horizontal é a razão entre duas variáveis a serem mensuradas no projeto e K é o valor de *benchmarking* para cada indicador.

Tomando como exemplo o indicador Índice de Otimização das Garagens (Quadro 41), a relação A/B é representada por A_g/N_v (área de garagem em relação à quantidade de vagas em $m^2/vaga$) e o valor de K por K_g (área de garagem ótima conforme a área privativa do apartamento em $m^2/vaga$).

Quadro 40 – Índices do Modelo Indicador de Construtibilidade

Indicadores Gerais		Sigla	Unid.
1	Índice Geral de Viabilidade	lva	%
2	Índice Geral de Construtibilidade	lgco	%
Indicadores Específicos		Sigla	
1	Índice de Compacidade Considerando a Altura da Torre	lcma	%
2	Índice de Construtibilidade Segundo os Agentes do Projeto	lcns	%
3	Índice de Otimização da Área Comum no Pavimento Tipo	lcom	%
4	Índice de Otimização do Formato dos Dormitórios	ldor	%
5	Índice Econômico de Compacidade do Pavimento Tipo	lecm	%
6	Índice de Otimização das Esquadrias no Pavimento Tipo	lesq	%
7	Índice de Otimização das Garagens	lgar	%
8	Índice de Área Média de Lajes	llaj	%
9	Índice de Modulação no Pavimento Tipo	lmod	%
10	Índice de Padronização de Esquadrias	lpes	%
11	Índice de Densidade de Pilares	lpil	%
12	Índice de Padronização de Lajes	lpla	%
13	Índice de Padronização de Pilares	lppi	%
14	Índice de Área Privativa	lpri	%
15	Índice de Avaliação do Processo Construtivo Adotado	lpro	%
16	Índice de Padronização de Vigas	lpvi	%
17	Índice de Otimização do Formato das Sacadas	lsac	%
18	Índice de Sacadas Recuadas	lsar	%
19	Índice de Área com Piso Seco no Pavimento Tipo	lsec	%
20	Índice de Otimização da Tipologia das Circulações no Pavimento Tipo	ltip	%
21	Índice de Área Útil no Pavimento Tipo	luti	%
22	Índice de Densidade de Vigas	lvig	%

Fonte: da autora (2015).

Quadro 41 – Modelo Indicador de Construtibilidade a partir da Análise do Projeto

Continua

1		ÍNDICE GERAL DE VIABILIDADE	
Objetivo	Este estudo demonstrou que os empreendimentos já iniciaram com cerca de 2% de desvio de custo devido à diferenças na viabilidade. Como é comum que se utilize a área construída (sem multiplicação pelos coeficientes de equivalência) para estudos de viabilidade, este indicador demonstra as diferenças percentuais em relação à esta área. No entanto é importante considerar acréscimos relativos ao valor do terreno, terraplenagem e fundações fora do padrão, por exemplo.		
	Fórmula		
	$I_{via} (\%) = \frac{Ae \times Ks}{Ao} - 1$		
Variáveis	Ae (m ²)	Área equivalente total, onde a área de cada ambiente (inclusive das garagens), deve ser multiplicada pelo seu coeficiente de equivalência	
	Ao (m ²)	Área construída do empreendimento (sem multiplicação pelos coeficientes de equivalência)	
	Ks (unid)	Coeficiente que relaciona o custo em CUB/m ² com o padrão do empreendimento	
Menor - Melhor		Fator de análise do resultado	Maior - Pior
2		ÍNDICE GERAL DE CONSTRUTIBILIDADE	
Objetivo	O objetivo deste indicador é fornecer uma noção geral de como está a construtibilidade do empreendimento. É importante que para a tomada de decisão sejam analisados cada indicador separadamente e não apenas este. O indicador viabilidade não deve fazer parte do grupo, pois seu objetivo é estimar um custo em CUBs. Este índice pode ter mais ou menos indicadores incorporados ao seu cálculo, dadas as condições de cada projeto. Caso a quantidade de apartamentos de cada tipo seja diferente, também é possível que se apliquem pesos.		
	Fórmula		
$I_{gco} (\%) = \frac{\sum I_{xxx}}{Nd}$			
Variáveis	Ixxx (unid)	Indicadores calculados, exceto viabilidade	
	Nd (unid)	Quantidade total de indicadores que farão parte do índice geral de construtibilidade	
Menor - Pior		Fator de análise do resultado	Maior - Melhor

Fonte: da autora (2015).

Quadro 41 – Modelo Indicador de Construtibilidade a partir da Análise do Projeto

Continuação

1	ÍNDICE DE COMPACIDADE CONSIDERANDO A ALTURA DA TORRE	
Objetivo	O objetivo deste indicador é identificar as dificuldades de se executar um edifício devido à sua altura, já que edifícios mais altos acabam tendo mais tarefas sendo executadas simultaneamente e mais tempo no deslocamento de materiais. Portanto precisam de mais elementos de transporte vertical, mais pavimentos com bandeirão, além de possuir riscos mais elevados de acidentes de trabalho.	
Fórmula	$Icma (\%) = 100 \times \frac{2\sqrt{Ap \times \pi}}{Pp \times \sqrt{Np}}$	
Variáveis	Np (unid)	Número de pavimentos tipo
	Ap (m ²)	Área do pavimento tipo
	Pp (m)	Perímetro do ambiente
	Menor - Pior	Fator de análise do resultado Maior - Melhor
2	ÍNDICE DE CONSTRUTIBILIDADE SEGUNDO OS AGENTES DO PROJETO	
Objetivo	O objetivo deste indicador é avaliar itens mais subjetivos relacionados à construtibilidade, que não estão tão claros e que, muitas vezes, não podem ser medidos ainda na fase de projeto. Mas que representem de forma clara a cultura da empresa.	
Fórmula	$Icns (\%) = 100 \times \frac{\sum Nc}{Nt - \sum Na}$	
Variáveis	Nc (unid)	Número de pontos obtidos no check list (Anexo C), sendo 1 ponto para "sim", 0,5 ponto para "parcialmente" e 0 ponto para "não".
	Nt (unid)	Número total de itens do <i>check list</i> .
	Na (unid)	Itens "não se aplica" do <i>check list</i> .
	Menor - Pior	Fator de análise do resultado Maior - Melhor

Fonte: da autora (2015).

Quadro 41 – Modelo Indicador de Construtibilidade a partir da Análise do Projeto

Continuação

3	ÍNDICE DE OTIMIZAÇÃO DA ÁREA COMUM NO PAVIMENTO TIPO	
Objetivo	O objetivo deste indicador é medir possíveis excessos desta área nos pavimento tipo, pois são áreas caras e que não agregam valor ao cliente.	
Fórmula	$I_{com} (\%) = 100 \times K_c \times \frac{N_n}{A_c}$	
Variáveis	K_c (m ²)	Área de uso comum ótima conforme a quantidade de apartamentos por andar (tabelado)
	N_n (unid)	Número de apartamentos por andar
	A_c (m ²)	Área de uso comum no pavimento tipo
Menor - Pior	Fator de análise do resultado	Maior - Melhor
4	ÍNDICE DE OTIMIZAÇÃO DO FORMATO DOS DORMITÓRIOS	
Objetivo	O objetivo deste indicador é medir a otimização do formato dos dormitórios, que deve ser a mais compacta possível, possuindo o mínimo de arestas e curvas. Mas com paredes retas para colocação de camas e roupeiros.	
Fórmula	$I_{dor} (\%) = 100 \times \frac{2\sqrt{A_d \times \pi}}{P_r + 1,5P_c + \frac{N_r}{2}}$	
Variáveis	A_d (m ²)	Área de cada dormitório do apartamento
	P_r (m)	Perímetro das paredes retas
	P_c (m)	Perímetro das paredes curvas
	N_r (unid)	Número de arestas no perímetro
Menor - Pior	Fator de análise do resultado	Maior - Melhor

Fonte: da autora (2015).

Quadro 41 – Modelo Indicador de Construtibilidade a partir da Análise do Projeto

Continuação

5		ÍNDICE ECONÔMICO DE COMPACIDADE DO PAVIMENTO TIPO	
Objetivo	O objetivo deste indicador é medir as dificuldades de se executar as fachadas de um empreendimento. Muitas vezes se tem a noção errada de que para se diminuir os custos deve-se diminuir a área, mas os planos horizontais representam apenas 25% dos custos, enquanto os planos verticais representam 45%. Ele incorpora também a quantidade de arestas e curvas, que dificultam muito o levantamento das alvenarias e execução de reboco, por exemplo.		
	Fórmula		
		$Iecm (\%) = 100 \times \frac{2\sqrt{Ap \times \pi}}{Pr + 1,5Pc + \frac{Nr}{2}}$	
Variáveis	Ap (m²)	Área do pavimento tipo	
	Pr (m)	Perímetro das paredes retas	
	Pc (m)	Perímetro das paredes curvas	
	Nr (unid)	Número de arestas no perímetro	
Menor - Pior		Fator de análise do resultado	Maior - Melhor
6		ÍNDICE DE OTIMIZAÇÃO DAS ESQUADRIAS NO PAVIMENTO TIPO	
Objetivo	O objetivo deste indicador é medir a otimização no uso de esquadrias para que não haja exageros. Deve sempre haver cuidado em relação a quantidade de esquadrias, pois possuem custo elevado e dificultam a execução, já que precisam de requadros e chumbamento de contramarcos. Muitas vezes a quantidade pode não condizer com o padrão e até dificultar a colocação de mobília. Isso porque, como os ambientes são pequenos, pode não sobrar haver paredes livres para colocar armários e camas, por exemplo.		
	Fórmula		
		$Iesq (\%) = 100 \times \left(1 - \frac{\sum Aq}{Hp \times \sum Pa} \right)$	
Variáveis	Aq (m²)	Área das esquadrias do pavimento tipo	
	Hp (m)	Pé direito de piso a piso do pavimento tipo	
	Pa (m)	Perímetro das paredes do pavimento tipo	
Menor - Pior		Fator de análise do resultado	Maior - Melhor

Fonte: da autora (2015).

Quadro 41 – Modelo Indicador de Construtibilidade a partir da Análise do Projeto

Continuação

7		ÍNDICE DE OTIMIZAÇÃO DAS GARAGENS	
Objetivo	O objetivo deste indicador é medir a otimização da área de garagens (cobertas e descobertas). Excesso de áreas de manobras custam caro. Já áreas muito pequenas podem gerar uma insatisfação do cliente, pelas dificuldades de manobra e acesso ao carro.		
Fórmula	$se \frac{Ag}{Nv} \leq Kg: Igar (\%) = 100 \times \left(\frac{Ag}{Kg \times Nv} \right)$ $se \frac{Ag}{Nv} \geq Kg: Igar (\%) = 100 \times \left(2 - \frac{Ag}{Kg \times Nv} \right)$		
Variáveis	Kg (m ²)	Área da garagem ótima conforme a área privativa do apartamento (tabelado)	
	Nv (unid)	Número total de vagas de garagem	
	Ag (m ²)	Área total de garagem	
	Menor - Pior	Fator de análise do resultado	Maior - Melhor
8		ÍNDICE DE ÁREA MÉDIA DE LAJES	
Objetivo	O objetivo deste indicador é medir a otimização da estrutura em relação a demanda por mão de obra. É importante se utilizado em conjunto com a densidade de pilares e vigas, já que o equilíbrio entre os 3, promove a redução de tempos ociosos (ASSAHI, 2014).		
Fórmula	$se \frac{Ap}{Nj} \leq 25: Ilaj (\%) = 100 \times \left(\frac{Ap}{25 \times Nj} \right)$ $se \frac{Ap}{Nj} \geq 25: Ilaj (\%) = 100 \times \left(2 - \frac{Ap}{25 \times Nj} \right)$		
Variáveis	Ap (m ²)	Área do pavimento tipo	
	Nj (unid)	Número de lajes no pavimento tipo	
	Menor - Pior	Fator de análise do resultado	Maior - Melhor

Fonte: da autora (2015).

Quadro 41 – Modelo Indicador de Construtibilidade a partir da Análise do Projeto

Continuação

9	ÍNDICE DE MODULAÇÃO NO PAVIMENTO TIPO	
Objetivo	O objetivo deste indicador é medir a racionalidade de um projeto. Pois quando a planta é 100% modular, a quantidade de blocos especiais (que compensem a falta de modulação) diminui consideravelmente. Isto significa que a mão de obra irá trabalhar boa parte do tempo com blocos inteiros, meio bloco e bloco e meio, o que melhora muito a logística deste material em obra também. No caso de projetos onde não foi utilizada modulação, podem ser consideradas as medidas múltiplas de 5 cm.	
Fórmula	$I_{mod} (\%) = 100 \times \frac{\sum Nm}{\sum NI}$	
Variáveis	Nm (unid)	Número de medidas modulares, deve-se considerar medidas múltiplas do módulo + 1 cm (junta de argamassa)
	NI (unid)	Número de medidas levantadas, sugere-se 2 medidas internas por ambiente.
Menor - Pior	Fator de análise do resultado	Maior - Melhor

Fonte: da autora (2015).

Quadro 41 – Modelo Indicador de Construtibilidade a partir da Análise do Projeto

Continuação

10		ÍNDICE DE PADRONIZAÇÃO DE ESQUADRIAS
Objetivo	O objetivo deste indicador é medir a padronização na escolha dos elementos. É muito comum em obra que sejam colocados os contramarcos na posição errada, que os vãos na alvenaria não estejam na medida correta, ou que o fornecedor envie contramarcos nas quantidades erradas. Isso acontece em grande parte devido à quantidade de dimensões diferentes nas esquadrias, muitas vezes com pequenas diferenças entre si, que poderiam ser facilmente padronizadas para facilitar a logística de obra.	
Fórmula	$Ipes (\%) = 100 \times \frac{No}{Nq}$	
Variáveis	No (unid)	Quantidade de esquadrias de tipos diferentes (ex: porta e janela)
	Nq (unid)	Quantidade de esquadrias de tipos e dimensões diferentes (ex: porta de 60, porta de 80, janela de 120, janela de 150 cm de largura)
Menor - Pior		Fator de análise do resultado Maior - Melhor

Fonte: da autora (2015).

Quadro 41 – Modelo Indicador de Construtibilidade a partir da Análise do Projeto

Continuação

11		ÍNDICE DE DENSIDADE DE PILARES	
Objetivo	O objetivo deste indicador é medir a otimização da estrutura em relação a demanda por mão de obra. É importante se utilizado em conjunto com a densidade de vigas e área média de lajes, já que o equilíbrio entre os 3, promove a redução de tempos ociosos (ASSAHI, 2014). Excesso de pilares comprometem a movimentação em obra, aumentam os pontos de fundação e consequentemente os custos e prazos de obra.		
Fórmula	$se \frac{Ap}{Ni} \leq 15: I_{pil} (\%) = 100 \times \left(\frac{Ap}{15 \times Ni} \right)$ $se \frac{Ap}{Ni} \geq 15: I_{pil} (\%) = 100 \times \left(2 - \frac{Ap}{15 \times Ni} \right)$		
Variáveis	Ap (m²)	Área do pavimento tipo	
	Ni (unid)	Quantidade de pilares considerando que pilares de 2 a 3 m de comprimento em planta contam como 1,5 pilar; pilares com mais de 3 m contam como 2 pilares; pilares em forma de L contam como 2 pilares e pilares em forma de U contam como 3 pilares (ASSAHI, 2014)	
Menor - Pior		Fator de análise do resultado	Maior - Melhor
12		ÍNDICE DE PADRONIZAÇÃO DE LAJES	
Objetivo	O objetivo deste indicador é medir a padronização dos elementos, isso é interessante para elaboração das formas, armaduras e para que se possa trabalhar com plantas modulares. Aumenta as possibilidades de utilização de pré-moldados e formas prontas.		
Fórmula	$I_{pla} (\%) = \frac{100}{N_s}$		
Variáveis	Ns (unid)	Número de lajes diferentes (considerar apenas espessura) no pavimento tipo	
Menor - Pior		Fator de análise do resultado	Maior - Melhor

Fonte: da autora (2015).

Quadro 41 – Modelo Indicador de Construtibilidade a partir da Análise do Projeto

Continuação

13		ÍNDICE DE PADRONIZAÇÃO DE PILARES	
Objetivo	O objetivo deste indicador é medir a padronização dos elementos, isso é interessante para elaboração das formas, armaduras e para que se possa trabalhar com plantas modulares. Aumenta as possibilidades de utilização de pré-moldados e formas prontas.		
Fórmula	$I_{ppi} (\%) = \frac{100}{N_e}$		
Variáveis	Ne (unid)	Número de pilares diferentes (não considerar altura) no pavimento tipo	
	Menor - Pior	Fator de análise do resultado	Maior - Melhor
14		ÍNDICE DE ÁREA PRIVATIVA	
Objetivo	O objetivo deste indicador é medir a proporcionalidade de área privativa em relação às demais áreas. É uma boa verificação para que não se extrapole a quantidade de áreas comuns para determinado padrão de empreendimento.		
Fórmula	$I_{pri} (\%) = 100 \times K_a \times \frac{A_i}{A_e}$		
Variáveis	Ka (unid)	Relação ótima entre área equivalente e área privativa conforme quantidade de vagas de garagem por apartamento (tabelado)	
	Ai (m ²)	Área privativa total (sem garagens)	
	Ae (m ²)	Área equivalente total, onde a área de cada ambiente (inclusive das garagens), deve ser multiplicada pelo seu coeficiente de equivalência	
	Menor - Pior	Fator de análise do resultado	Maior - Melhor

Fonte: da autora (2015).

Quadro 41 – Modelo Indicador de Construtibilidade a partir da Análise do Projeto

Continuação

15	ÍNDICE DE AVALIAÇÃO DO PROCESSO CONSTRUTIVO ADOTADO		
Objetivo	O objetivo deste indicador é avaliar a escolha do processo construtivo considerando-se os 3 processos básicos para execução da estrutura: aço, concreto e alvenaria.		
Fórmula	$I_{pro} (\%) = 100 \times K3$		
Variáveis	K3 (unid)	Coeficiente em função do processo construtivo adotado e da quantidade de pavimentos tipo (tabelado)	
	Menor - Pior	Fator de análise do resultado	Maior - Melhor
16	ÍNDICE DE PADRONIZAÇÃO DE VIGAS		
Objetivo	O objetivo deste indicador é medir a padronização dos elementos, isso é interessante para elaboração das formas, armaduras e para que se possa trabalhar com plantas modulares. Aumenta as possibilidades de utilização de pré-moldados e formas prontas.		
Fórmula	$I_{pvi} (\%) = \frac{100}{N_g}$		
Variáveis	N_g (unid)	Número de vigas diferentes (não considerar comprimento) no pavimento tipo	
	Menor - Pior	Fator de análise do resultado	Maior - Melhor

Fonte: da autora (2015).

Quadro 41 – Modelo Indicador de Construtibilidade a partir da Análise do Projeto

Continuação

17		ÍNDICE DE OTIMIZAÇÃO DO FORMATO DAS SACADAS	
Objetivo	O objetivo deste indicador é medir a otimização do formato das sacadas, que deve ser a mais compacta possível, possuindo o mínimo de arestas e curvas.		
Fórmula	$Isac (\%) = 100 \times \frac{2\sqrt{Aa} \times \pi}{Pr + 1,5Pc + \frac{Nr}{2}}$		
Variáveis	Aa (m ²)	Área de cada sacada do apartamento	
	Pr (m)	Perímetro das paredes retas	
	Pc (m)	Perímetro das paredes curvas	
	Nr (unid)	Número de arestas no perímetro	
Menor - Pior		Fator de análise do resultado	Maior - Melhor
18		ÍNDICE DE SACADAS RECUADAS	
Objetivo	O objetivo deste indicador é medir as dificuldades na execução de sacadas, que podem estar recuadas em relação à torre ou em balanço. Sacadas em balanço são mais caras do que as recuadas, além de aumentarem o perímetro de fachada, que é uma fase cara, que depende de bom clima e com altos índices de acidentes de trabalho.		
Fórmula	$Isar (\%) = 100 \times \frac{\sum Pe}{\sum Pl}$		
Variáveis	Pe (m)	Somatório dos perímetros laterais recuados das sacadas em relação a projeção da torre	
	Pl (m)	Somatório dos perímetros laterais tanto recuados quanto em balanço das sacadas em relação à projeção da torre	
Menor - Pior		Fator de análise do resultado	Maior - Melhor

Fonte: da autora (2015).

Quadro 41 – Modelo Indicador de Construtibilidade a partir da Análise do Projeto

Continuação

19	ÍNDICE DE ÁREA COM PISO SECO NO PAVIMENTO TIPO	
Objetivo	O objetivo deste indicador é medir excessos de áreas a serem impermeabilizadas. Áreas molhadas são mais caras, mais difíceis de serem executadas e mais demoradas. Utilizam revestimento cerâmico e impermeabilizações.	
Fórmula	$I_{sec} (\%) = 100 \times \left(1 - \frac{\sum Am}{Ap} \right)$	
Variáveis	Am (m ²)	Área impermeabilizada no pavimento tipo
	Ap (m ²)	Área do pavimento tipo
	Menor - Pior	Fator de análise do resultado Maior - Melhor
20	ÍNDICE DE OTIMIZAÇÃO DA TIPOLOGIA DAS CIRCULAÇÕES NO PAVIMENTO TIPO	
Objetivo	O objetivo deste indicador é avaliar a escolha por determinada tipologia de circulação, podendo ser com várias circulações verticais (elevadores e escadas) ou com apenas uma vertical e várias horizontais (circulações para acesso aos apartamentos). A escolha por uma ou mais circulações verticais é influenciada pela altura do edifício e tamanho das unidades privativas.	
Fórmula	$I_{tip} (\%) = 100 \times K1 \times K2$	
Variáveis	K1 (unid)	Coefficiente em função da área média dos apartamentos (tabelado)
	K2 (unid)	Coefficiente em função da quantidade de pavimentos tipo (tabelado)
	Menor - Pior	Fator de análise do resultado Maior - Melhor

Fonte: da autora (2015).

Quadro 41 – Modelo Indicador de Construtibilidade a partir da Análise do Projeto

Conclusão

21		ÍNDICE DE ÁREA ÚTIL NO PAVIMENTO TIPO	
Objetivo	O objetivo deste indicador é medir a otimização das paredes (layout e espessura), já que os planos verticais representam cerca de 45% dos custos. O indicador representa a área que sobra quando descontadas as paredes.		
Fórmula	$Iuti (\%) = 100 \times \left(1 - \frac{Kp \times Ar}{Ap} \right)$		
Variáveis	Kp (m)	Pé direito médio dividido pelas densidades ótimas em relação ao pavimento tipo (tabelado)	
	Ar (m ²)	Projeção da área das paredes no pavimento tipo	
	Ap (m ²)	Área do pavimento tipo	
Menor - Pior		Fator de análise do resultado	Maior - Melhor
22		ÍNDICE DE DENSIDADE DE VIGAS	
Objetivo	O objetivo deste indicador é medir a otimização da estrutura em relação a demanda por mão de obra. É importante se utilizado em conjunto com a densidade de pilares e área média de lajes, já que o equilíbrio entre os 3, promove a redução de tempos ociosos (ASSAHI, 2014).		
Fórmula	$se \frac{Cv}{Ap} \leq 0,45: Ivig (\%) = 100 \times \left(\frac{Cv}{0,45 \times Ap} \right)$ $se \frac{Cv}{Ap} \geq 0,45: Ivig (\%) = 100 \times \left(2 - \frac{Cv}{0,45 \times Ap} \right)$		
Variáveis	Ap (m ²)	Área do pavimento tipo	
	Cv (m)	Comprimento das vigas	
Menor - Pior		Fator de análise do resultado	Maior - Melhor

Fonte: da autora (2015).

5.2.3 Periodicidade das medições

Dos 24 indicadores aqui apresentados, 23 são relativos especificamente a cada projeto. A única exceção é o Índice de construtibilidade segundo os agentes do projeto (Icns) que está

relacionado à cultura da empresa. Por isso a sugestão é de este indicador seja calculado quando houver alterações nas rotinas ou agentes do projeto, e que os demais indicadores sejam calculados para cada novo projeto.

5.2.4 Responsáveis pelo processamento dos dados, inserção no banco de dados, análise de resultados e tomada de decisão

A verificação do projeto com o levantamento de dados e cálculo dos indicadores deve ser feita pelo setor de engenharia da empresa. Estes valores devem ser armazenados em um banco de dados e utilizados para comparação e análise dos valores de *benchmarking* interno.

Com estes dados, o nível de gerência deste setor deve fazer a análise e tomar decisões quanto a necessidade ou não de alterações no projeto.

Este retorno deve sempre ser dado em conjunto com os projetistas, setor comercial e representante da equipe de obras, para que haja um acordo entre as partes e um comprometimento de todos os envolvidos com a decisão tomada.

5.3 DEFINIÇÃO DE VALORES DE *BENCHMARKING* INTERNO

Nesta etapa da dissertação, foram aplicados os 23 indicadores relacionados a cada projeto em um novo projeto da construtora (empreendimento V). O valor relativo ao Índice de construtibilidade segundo os agentes do projeto (Icns) foi novamente replicado, já que o questionário foi aplicado durante o desenvolvimento desta dissertação e representa a cultura atual da empresa.

Além disso, os valores dos indicadores referentes à otimização das garagens (Igar) e viabilidade (Ivia) foram recalculados para os empreendimentos M e S, pois suas fórmulas foram alteradas após a primeira análise dos resultados. As alterações foram apresentadas no Quadro 39.

5.3.1 Empreendimento V

5.3.1.1 Caracterização do empreendimento V

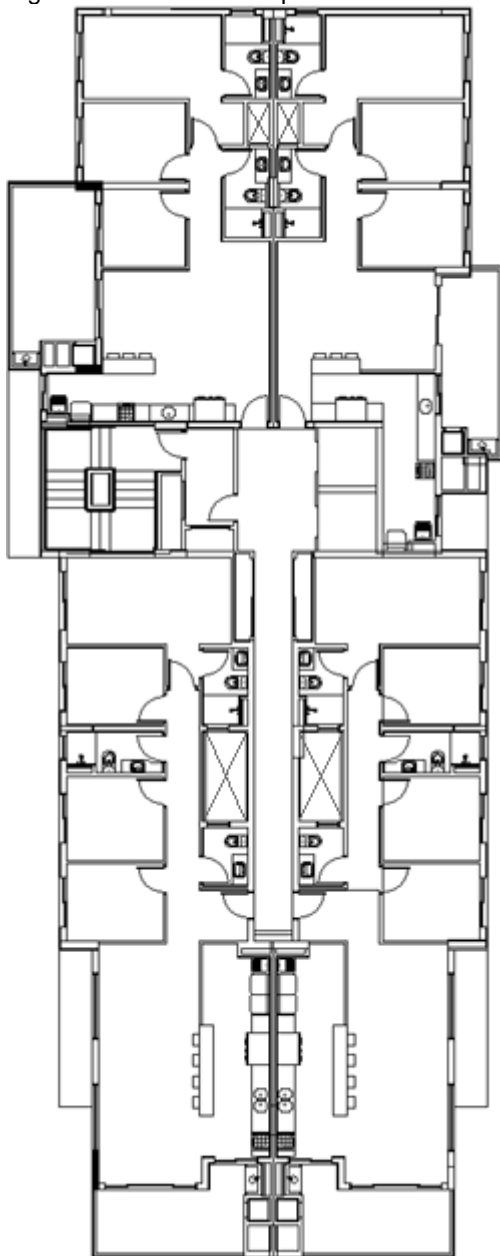
O outro empreendimento para o qual foram levantados os valores dos indicadores, afim de se criar um banco de dados para definição de valores de *benchmarking* interno, foi aqui designado como empreendimento V (Figura 46, Figura 47 e Figura 48) que teve seu projeto arquitetônico desenvolvido pelo projetista D. Os códigos V e D foram atribuídos para preservar informações da construtora em questão. Está localizado na cidade de Penha (SC) com apartamentos de 73 m² (apartamento tipo B21), 74 m² (apartamento tipo A21), 75 m² (apartamento tipo C21), 90 m² (apartamento tipo C31 e D31), 92 m² (apartamento tipo A31), 93 m² (apartamento tipo B31) e 122 m² (apartamento tipo A41) de área privativa e área construída de 22420 m². Possui pavimento térreo com garagens, lixeira, central de gás, guarita, salão de festas, banheiros, sala de jogos, academia, sauna, piscinas, jardins e playground; pavimento mezanino com garagens, quadra e redário. A partir do pavimento mezanino o empreendimento passa a ter 2 torres de apartamentos, cada uma com 15 pavimentos tipo, sendo a Torre A com 4 apartamentos por andar e a Torre B com 6 apartamentos por andar, ambas com barrilete e reservatório superior, totalizando 17 pavimentos.

Figura 46 – Fachada do empreendimento V



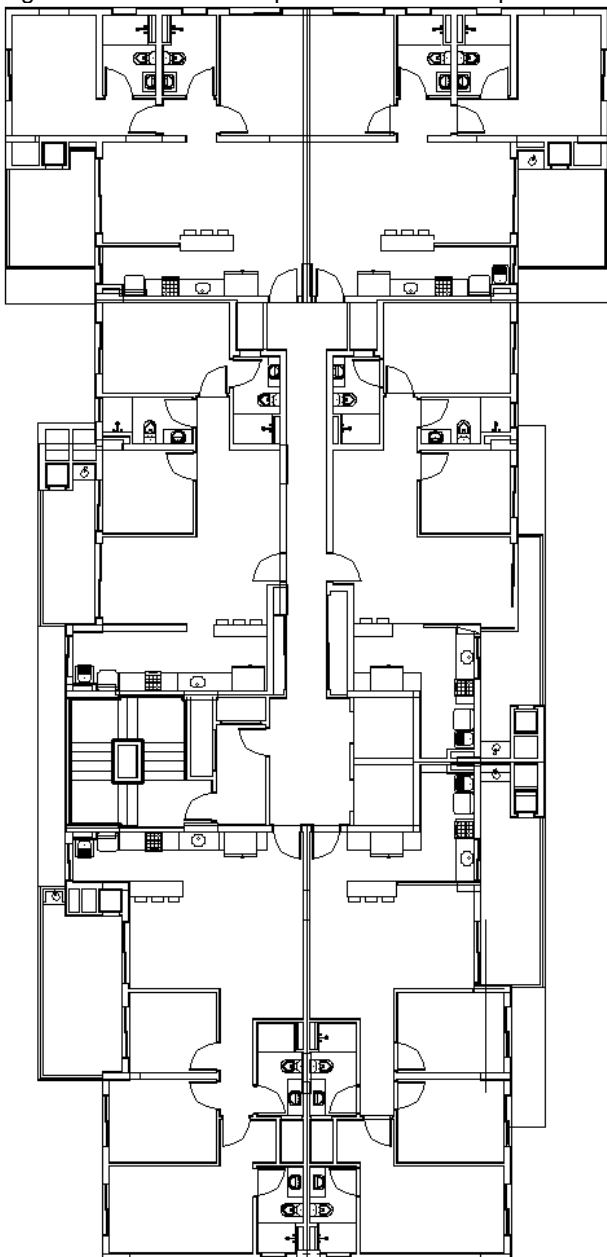
Fonte: imagem cedida pela construtora (2015).

Figura 47 – Pavimento tipo da torre A do empreendimento V



Fonte: imagem cedida pela construtora (2015).

Figura 48 – Pavimento tipo da torre B do empreendimento V



Fonte: imagem cedida pela construtora (2015).

5.3.1.2 Levantamento de dados do empreendimento V

Neste item foram levantados os dados e feitas as medições necessárias para o cálculo dos indicadores. As variáveis utilizadas foram apresentadas no APÊNDICE G.

5.3.1.3 Aplicação do modelo indicador de construtibilidade no empreendimento V

Os dados levantados para o empreendimento V foram aplicados no Modelo Indicador de Construtibilidade e os resultados estão apresentados no Quadro 42 e no Quadro 43.

Quadro 42 – Indicadores calculados para os tipos de apartamento do empreendimento V

SIGLA		DESCRIÇÃO	Empreendimento: V								
			VALORES POR APARTAMENTO								
		A41	A31	B31	C31	D31	A21	B21	C21		
Repetições no tipo		2	1	1	1	1	1	1	2		
ÍNDICE DE OTIMIZAÇÃO DO FORMATO DOS DORMITÓRIOS		71,36%	69,20%	69,41%	69,20%	69,41%	74,96%	74,96%	68,60%		
ÍNDICE DE OTIMIZAÇÃO DO FORMATO DAS SACADAS		57,73%	62,66%	53,65%	61,11%	54,75%	55,27%	45,79%	66,04%		
Suite											
ÍNDICE DE OTIMIZAÇÃO DO FORMATO DOS DORMITÓRIOS		61,91%	59,09%	59,09%	59,09%	59,09%	75,68%	75,68%	62,39%		
Dormitório 1											
ÍNDICE DE OTIMIZAÇÃO DO FORMATO DOS DORMITÓRIOS		74,29%	74,77%	74,77%	74,77%	74,77%	74,24%	74,24%	74,81%		
Dormitório 2											
ÍNDICE DE OTIMIZAÇÃO DO FORMATO DOS DORMITÓRIOS		74,94%	73,74%	74,36%	73,74%	74,36%	-	-	-		
Dormitório 3											
ÍNDICE DE OTIMIZAÇÃO DO FORMATO DOS DORMITÓRIOS		74,29%	-	-	-	-	-	-	-		

Fonte: da autora (2015).

Quadro 43 – Indicadores calculados para o empreendimento V

Continua

Empreendimento: V		
SIGLA	DESCRIÇÃO	VALOR
Ivia	ÍNDICE GERAL DE VIABILIDADE	9,09%
Igco	ÍNDICE GERAL DE CONSTRUTIBILIDADE	60,37%
Icns	ÍNDICE DE CONSTRUTIBILIDADE SEGUNDO OS AGENTES DO PROJETO	60,94%
Idor	ÍNDICE DE OTIMIZAÇÃO DO FORMATO DOS DORMITÓRIOS	70,70%
Igar	ÍNDICE DE OTIMIZAÇÃO DAS GARAGENS	18,31%
Ipes	ÍNDICE DE PADRONIZAÇÃO DE ESQUADRIAS	54,55%
Ipla	ÍNDICE DE PADRONIZAÇÃO DE LAJES	33,33%
Ippi	ÍNDICE DE PADRONIZAÇÃO DE PILARES	4,35%
Ipri	ÍNDICE DE ÁREA PRIVATIVA	78,73%
Ipro	ÍNDICE DE AVALIAÇÃO DO PROCESSO CONSTRUTIVO ADOTADO	100,00%
Ipvi	ÍNDICE DE PADRONIZAÇÃO DE VIGAS	6,25%
Isac	ÍNDICE DE OTIMIZAÇÃO DO FORMATO DAS SACADAS	58,08%
Itip	ÍNDICE DE OTIMIZAÇÃO DA TIPOLOGIA DAS CIRCULAÇÕES NO PAVIMENTO TIPO	61,70%

Fonte: da autora (2015).

Quadro 43 – Indicadores calculados para o empreendimento V

Conclusão

Empreendimento: V			
SIGLA	DESCRIÇÃO	VALOR	
Torre		A	B
Igco	ÍNDICE GERAL DE CONSTRUTIBILIDADE	70,12%	71,92%
Icma	ÍNDICE DE COMPACIDADE CONSIDERANDO A ALTURA DA TORRE	19,27%	18,83%
Icom	ÍNDICE DE OTIMIZAÇÃO DA ÁREA COMUM NO PAVIMENTO TIPO	55,93%	72,09%
Iecm	ÍNDICE ECONÔMICO DE COMPACIDADE DO PAVIMENTO TIPO	69,49%	68,22%
Iesq	ÍNDICE DE OTIMIZAÇÃO DAS ESQUADRIAS NO PAVIMENTO TIPO	86,31%	86,36%
Ilaj	ÍNDICE DE ÁREA MÉDIA DE LAJES	86,42%	71,18%
Imod	ÍNDICE DE MODULAÇÃO NO PAVIMENTO TIPO	100,00%	100,00%
Ipil	ÍNDICE DE DENSIDADE DE PILARES	76,54%	94,55%
Isar	ÍNDICE DE SACADAS RECUADAS	29,30%	39,11%
Isec	ÍNDICE DE ÁREA COM PISO SECO NO PAVIMENTO TIPO	86,71%	85,33%
Iuti	ÍNDICE DE ÁREA ÚTIL NO PAVIMENTO TIPO	84,37%	83,17%
Ivig	ÍNDICE DE DENSIDADE DE VIGAS	77,01%	72,25%

Fonte: da autora (2015).

5.3.2 Revisão dos indicadores dos empreendimentos M e S conforme modelo definido e agrupamento dos resultados

O Quadro 44 apresenta o agrupamento dos resultados dos indicadores dos 3 empreendimentos (M, S e V), conforme o Modelo Indicador de Construtibilidade definido.

Foi preferível manter os valores em porcentagem, pois por mais que seja o setor de engenharia responsável pela análise, a tomada de decisão é a nível gerencial. Na construtora em estudo a gerência não possui conhecimento específico de construção civil, portanto a utilização de valores percentuais facilita sua tomada de decisão.

Quadro 44 – Agrupamento dos resultados dos indicadores dos empreendimentos M, S e V

Resultados dos indicadores por empreendimento (%)			M		S		V	
Indicador	Sigla	Indicador	TA	TB	TA	TB	TA	TB
			1	Índice Geral de Viabilidade	lvia	1,76	2,79	2,79
2	Índice Geral de Construtibilidade	lgco	61,07	66,16	66,16	60,37		
			61,27	66,48	66,48	71,92		
1	Índice de Compacidade Considerando a Altura da Torre	lcma	23,53	24,15	24,15	19,27	18,83	
2	Índice de Construtibilidade Segundo os Agentes do Projeto	lcns	60,94	60,94	60,94	60,94		
3	Índice de Otimização da Área Comum no Pavimento Tipo	lcom	98,55	93,88	93,88	55,93	72,09	
4	Índice de Otimização do Formato dos Dormitórios	ldor	70,65	71,97	71,97	70,70		
5	Índice Econômico de Compacidade do Pavimento Tipo	lecm	50,49	54,83	54,83	69,49	68,22	
6	Índice de Otimização das Esquadrias no Pavimento Tipo	lesq	85,04	86,96	86,96	86,31	86,36	
7	Índice de Otimização das Garagens	lgar	94,20	92,13	92,13	18,31		
8	Índice de Área Média de Lajes	llaj	43,49	44,67	44,67	86,42	71,18	
9	Índice de Modulação no Pavimento Tipo	lmod	42,59	80,77	80,77	100,00	100,00	
10	Índice de Padronização de Esquadrias	lpes	62,50	62,50	62,50	54,55		
11	Índice de Densidade de Pilares	lpil	58,27	62,03	62,03	76,54	94,55	
12	Índice de Padronização de Lajes	lpla	50,00	100,00	100,00	33,33		
13	Índice de Padronização de Pilares	lppi	12,50	8,33	8,33	4,35		
14	Índice de Área Privativa	lpri	74,55	74,37	74,37	78,73		
15	Índice de Avaliação do Processo Construtivo Adotado	lpro	100,00	100,00	100,00	100,00		
16	Índice de Padronização de Vigas	lpvi	10,00	14,29	14,29	6,25		
17	Índice de Otimização do Formato das Sacadas	lsac	45,37	50,23	50,23	58,08		
18	Índice de Sacadas Recuadas	lsar	53,73	69,69	69,69	29,30	39,11	
19	Índice de Área com Piso Seco no Pavimento Tipo	lsec	90,26	90,76	90,76	86,71	85,33	
20	Índice de Otimização da Tipologia das Circulações no Pavimento Tipo	ltip	88,94	89,53	89,53	61,70		
21	Índice de Área Útil no Pavimento Tipo	luti	82,84	82,17	82,17	84,37	83,17	
22	Índice de Densidade de Vigas	lvig	45,16	41,35	41,35	77,01	72,25	

Fonte: da autora (2015).

5.3.3 Análise dos valores de *benchmarking*

Neste item foram apresentados os valores dos indicadores calculados para os 3 empreendimentos (M, S e V) da construtora conforme Modelo definido no Quadro 41.

5.3.3.1 Índice Geral de Viabilidade (Ivia)

O valor referente ao Índice Geral de Viabilidade (Ivia), não possui valor de *benchmarking* definido, pois seu objetivo é fazer com que a viabilidade que é desenvolvida pela construtora fique mais próxima do custo real dos empreendimentos. É apenas um auxílio e não necessariamente uma meta a ser atingida, já que fatores de mercado, localização e tipo do terreno também compõem a viabilidade final do empreendimento. Assim é possível trabalhar com preços de venda coerentes com a realidade de cada empreendimento. Os valores obtidos para os 3 empreendimentos foram apresentados no Quadro 45.

Quadro 45 – Índice Geral de Viabilidade (Ivia) dos Empreendimentos

Índice (%)	M	S	V
Índice geral de viabilidade (Ivia)	1,76%	2,79%	9,09%

Fonte: da autora (2015).

5.3.3.2 Índice Geral de Construtibilidade (Igc)

O projeto que obteve o melhor resultado foi o empreendimento S (Quadro 46), portanto seu valor pode ser definido como uma meta pela empresa. No entanto, é importante que se leve em consideração que este é um indicador geral, uma média dos demais. Por isso, para a tomada de decisão, deve sempre ser analisado cada um dos demais indicadores, fazendo alterações no projeto apenas nos itens que tiveram resultados ruins.

Quadro 46 – Valores de *benchmarking* para o Índice Geral de Construtibilidade (Igc) dos empreendimentos

Índice (%)	M	S	V
Índice geral de construtibilidade (Igc)	61,07%	66,16%	60,37%

Fonte: da autora (2015).

Se o mesmo indicador for calculado considerando apenas os valores referentes às torres, é possível verificar que a torre B do empreendimento V possui os melhores índices de construtibilidade (Quadro 47). Este é um exemplo de como só tomando como referência o Índice Geral de Construtibilidade dos empreendimentos se pode tomar uma decisão errada, já que se a construtora quiser escolher uma torre para ser replicada em novos empreendimentos, fazendo alterações apenas na área comum, as melhores opções seriam as torres do empreendimento V.

O Índice Geral de Construtibilidade aplicado nas torres faz uma boa demonstração do esforço do setor de Engenharia em melhorar a execução dos empreendimentos. Até então o trabalho estava se concentrando em melhorar as torres (pavimentos tipo), o que pode ser visto pela melhora dos índices ao longo do tempo. Já que no empreendimento M o setor ainda não existia, no empreendimento S o setor foi criado e pôde fazer algumas melhorias e no empreendimento V foram aplicadas diversas diretrizes no projeto arquitetônico afim de melhorar a construtibilidade.

As melhorias no empreendimento S estavam relacionadas principalmente à aplicação de uma modulação parcial de 15 cm, eliminação de paredes e elementos desnecessários, revisão de espessuras das alvenarias, utilização de blocos cerâmicos modulares ao invés do tijolo baiano e diminuição de recortes nas fachadas, por exemplo.

Já no empreendimento V a engenharia implantou algumas diretrizes no pavimento tipo como: alinhamentos de paredes, diminuição de recortes e aplicação de modulação total de 10 cm.

Quadro 47 – Valores de *benchmarking* para o Índice Geral de Construtibilidade (Igc) das torres

Índice (%)	TA e TB (M)	TA e TB (S)	TA (V)	TB (V)
Índice geral de construtibilidade (Igc)	61,27%	66,48%	70,12%	71,92%

Fonte: da autora (2015).

5.3.3.3 Índice de Compacidade Considerando a Altura da Torre (Icma)

Quanto mais alto o edifício, mais difícil se torna a execução, seja por necessidade de mais equipamentos de transporte, aumento no tempo de locomoção dos trabalhadores, ou por outros fatores já citados. Sendo assim, o melhor valor apresentado para este indicador foi no empreendimento S (Quadro 48). É natural que empreendimentos mais altos tenham valores piores, no entanto é importante que isso seja considerado na elaboração de orçamentos e cronogramas de obra. Uma forma de se obter melhores resultados neste indicador, ainda que o empreendimento seja alto, é levar em consideração o formato (perímetro externo) da torre, já que estes valores também são utilizados no cálculo do indicador.

Quadro 48 – Valores de *benchmarking* para o Índice de Compacidade Considerando a Altura da Torre (Icma) das torres

Índice (%)	TA e TB (M)	TA e TB (S)	TA (V)	TB (V)
Índice de compacidade considerando a altura da torre (Icma)	23,53%	24,15%	19,27%	18,83%

Fonte: da autora (2015).

5.3.3.4 Índice de Construtibilidade Segundo os Agentes do Projeto (Icns)

Este índice não é relativo a cada projeto, mas a cultura da empresa em relação à construtibilidade. Desta forma, pode-se tomar como base o valor obtido nesta dissertação de 60,94%. Como referência externa para este índice tem-se o valor apresentado por Rodrigues (2005) de 84%.

5.3.3.5 Índice de Otimização da Área Comum no Pavimento Tipo (Icom)

Quanto maior a área comum nos pavimentos tipo, pior serão os resultados deste indicador. Sabe-se que é necessária certa área para acesso aos apartamentos, escadas e elevadores, por exemplo. Por isso no cálculo do indicador existe a variável Kc

(referência externa). Esta variável define um valor ótimo de área comum de acordo com a quantidade de apartamentos. Por exemplo, para um pavimento tipo com 4 apartamentos por andar, sugere-se 8 m² de área comum por apartamento (Quadro 81 do APÊNDICE D), totalizando 32 m². Se o empreendimento em estudo possuir esta área, o resultado do indicador será 100%.

No Quadro 49 é possível verificar que o empreendimento V obteve os piores resultados. Isso porque ambas as torres possuem 2 elevadores e eles aumentam a área comum do pavimento tipo. Ainda que para este empreendimento era realmente necessário haver 2 elevadores, o indicador demonstra que deve haver um cuidado na elaboração de orçamentos, viabilidades e planejamento das tarefas que envolvem a área comum do pavimento tipo.

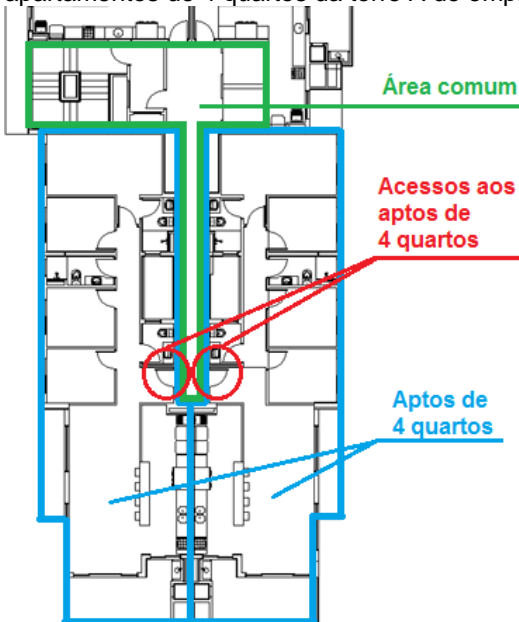
Já na Figura 49 a situação se agravou na torre A do empreendimento V devido ao fato do pavimento possuir apenas 4 apartamentos por andar, onde a tipologia do apartamento de 4 quartos comprometeu uma otimização da área comum, já que sua porta de acesso está no extremo da torre.

Quadro 49 – Valores de *benchmarking* para o Índice de Otimização da Área Comum no Pavimento Tipo (Icom) das torres

Índice (%)	TA e TB (M)	TA e TB (S)	TA (V)	TB (V)
Índice de otimização da área comum no pavimento tipo (Icom)	98,55%	93,88%	55,93%	72,09%

Fonte: da autora (2015).

Figura 49 – Aumento de área comum devido ao layout dos apartamentos de 4 quartos da torre A do empreendimento V



Fonte: da autora (2015).

5.3.3.6 Índice de Otimização do Formato dos Dormitórios (*Idor*)

O Quadro 50 mostra que os dormitórios que tiveram os melhores formatos estão no empreendimento S. É possível definir este valor como meta para cada um dos dormitórios calculados separadamente, já que durante a elaboração do trabalho foi possível verificar que quanto mais corredores, recortes e arestas, piores são seus resultados. Isso dificulta tanto a execução, quanto a colocação da mobília.

Analisando a Figura 50, é possível verificar que os dormitórios do empreendimento S não possuem muitos recortes. Os dormitórios marcados em vermelho possuem as paredes mais recortadas sendo o pior caso deles a suíte dos apartamentos centrais (tipo B). Estas suítes possuem cerca de 2 m² a mais do que as suítes dos apartamentos tipo A e C, no entanto é possível verificar que este aumento de área não agregou valor ao cliente, já que o mobiliário continuou o mesmo

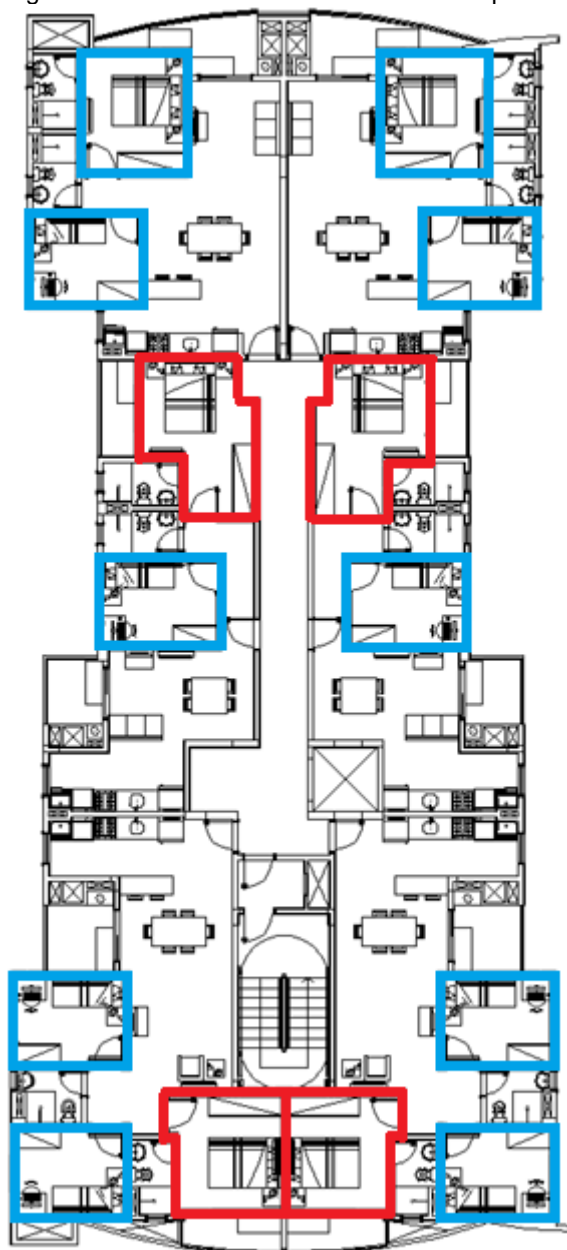
do que nos demais tipo, aumentando apenas as áreas de circulação dentro do dormitório.

Quadro 50 – Valores de *benchmarking* para o Índice de Otimização do Formato dos Dormitórios (Idor) dos empreendimentos

Índice (%)	M	S	V
Índice de otimização do formato dos dormitórios (Idor)	70,65%	71,97%	70,70%

Fonte: da autora (2015).

Figura 50 – Formato dos dormitórios do empreendimento S



Fonte: da autora (2015).

5.3.3.7 Índice Econômico de Compacidade do Pavimento Tipo (Iecm)

O perímetro do pavimento tipo das torres M e S é composto por muitas curvas, isso prejudicou consideravelmente os resultados deste indicador. Já no caso do empreendimento V foram tomadas medidas pela Engenharia da construtora afim de melhorar a compacidade, além do empreendimento já não possuir curvas em seu perímetro. Isto fez com que seus resultados fossem melhores (Quadro 51).

Quadro 51 – Valores de *benchmarking* para o Índice Econômico de Compacidade do Pavimento Tipo (Iecm) das torres

Índice (%)	TA e TB (M)	TA e TB (S)	TA (V)	TB (V)
Índice econômico de compacidade do pavimento tipo (Iecm)	50,49%	54,83%	69,49%	68,22%

Fonte: da autora (2015).

5.3.3.8 Índice de Otimização das Esquadrias no Pavimento Tipo (Iesq)

Todos os empreendimentos tiveram valores muito próximos para este indicador (Quadro 52), isto aconteceu por serem do mesmo padrão.

Quadro 52 – Valores de *benchmarking* para o Índice de Otimização das Esquadrias no Pavimento Tipo (Iesq) das torres

Índice (%)	TA e TB (M)	TA e TB (S)	TA (V)	TB (V)
Índice de otimização das esquadrias no pavimento tipo (Iesq)	85,04%	86,96%	86,31%	86,36%

Fonte: da autora (2015).

5.3.3.9 Índice de Otimização das Garagens (Igar)

No Quadro 53 é possível ver que os empreendimentos M e S obtiveram índices muito melhores que o empreendimento V. Esta já foi uma reclamação do setor comercial da construtora, pois os carros terão que circular muito até chegar em suas vagas. Não foi feita nenhuma melhoria neste sentido e os

resultados são visíveis neste indicador. Este tipo de situação encarece o empreendimento, pois as áreas de manobra demandam um custo que não agrega valor ao cliente. Além disso possuem muitas transições (pilares apoiados em vigas, que possuem grandes dimensões) e ocupam espaço de canteiro de obras, até que se retire o escoramento e se possa usar esta área.

Sabe-se que é necessária certa área para manobra e estacionamento dos veículos. Por isso no cálculo do indicador existe a variável Kg (referência externa). Esta variável define um valor ótimo de área de garagem de acordo com a área dos apartamentos. Por exemplo, para apartamentos entre 70 e 100 m², sugere-se 20 m² de área de garagem por apartamento (Quadro 81 do APÊNDICE D). Supondo um empreendimento com 90 apartamentos, se a área de garagem totalizar 1800 m², o resultado do indicador será 100%.

Quadro 53 – Valores de *benchmarking* para o Índice de Otimização das Garagens (Igar) dos empreendimentos

Índice (%)	M	S	V
Índice de otimização das garagens (Igar)	94,20%	92,13%	18,31%

Fonte: da autora (2015).

5.3.3.10 Índice de Área Média de Lajes (Ilaj)

No empreendimento M não foram feitas alterações pela engenharia, no empreendimento S foram feitas as alterações já citadas, mas que não descaracterizaram o projeto arquitetônico já aprovado. Portanto estes dois empreendimentos continuaram com seu layout recortado. Já no empreendimento V houve um trabalho para melhora da arquitetura do pavimento tipo em termos de construtibilidade. Ainda que a Engenharia não tenha feito uma análise do projeto estrutural, a melhora na arquitetura teve seus efeitos nesse quesito. No Quadro 54 isso é perceptível, já que as áreas médias das lajes se aproximaram bastante do valor ótimo no empreendimento V. Bons índices neste indicador, juntamente com a densidade de pilares e vigas, otimiza a tarefa de execução da estrutura de concreto armado, eliminando tempos ociosos da mão de obra para o sistema de formas utilizado pela construtora (ASSAHI, 2014).

A referência apresentada na bibliografia é de lajes com área média de 25 m² (referência externa), por isso este valor aparece na fórmula de cálculo deste indicador. Assim, quando houver um empreendimento com esta área média o resultado do indicador será 100%.

Quadro 54 – Valores de *benchmarking* para o Índice de Área Média de Lajes (I_{laj}) das torres

Índice (%)	TA e TB (M)	TA e TB (S)	TA (V)	TB (V)
Índice de área média de lajes (I _{laj})	43,49%	44,67%	86,42%	71,18%

Fonte: da autora (2015).

5.3.3.11 Índice de Modulação no Pavimento Tipo (I_{mod})

No Quadro 55 é possível verificar que o empreendimento M não é modular, seu resultado está relativo apenas as medidas múltiplas de 5 cm, que facilitam a execução, mas que ainda não podem ser consideradas como uma modulação parcial. Já o empreendimento S teve a implantação de uma modulação parcial, já que seu projeto arquitetônico já estava aprovado na prefeitura. No empreendimento V os pavimentos tipo ficaram 100% modulares.

Quadro 55 – Valores de *benchmarking* para o Índice de Modulação no Pavimento Tipo (I_{mod}) das torres

Índice (%)	TA e TB (M)	TA e TB (S)	TA (V)	TB (V)
Índice de modulação no pavimento tipo (I _{mod})	42,59%	80,77%	100,00%	100,00%

Fonte: da autora (2015).

5.3.3.12 Índice de Padronização de Esquadrias (I_{pes})

Em nenhum dos empreendimentos houve uma tentativa de padronização das esquadrias no pavimento tipo, isto é visível pelos resultados dos indicadores no Quadro 56.

Quadro 56 – Valores de *benchmarking* para o Índice de Padronização de Esquadrias (Ipes) dos empreendimentos

Índice (%)	M	S	V
Índice de padronização de esquadrias (Ipes)	62,50%	62,50%	54,55%

Fonte: da autora (2015).

5.3.3.13 Índice de Densidade de Pilares (Ipil)

Conforme já mencionado no item sobre o Índice de área média de laje, os bons resultados deste indicador para o empreendimento V (Quadro 57) provém das alterações feitas no projeto arquitetônico, diminuindo assim tempos ociosos da mão de obra na estrutura (ASSAHI, 2014).

A referência apresentada na bibliografia é de 15 m² de laje por pilar (referência externa), por isso este valor aparece na fórmula de cálculo deste indicador. Assim, quando houver um empreendimento com esta área média de laje por pilar o resultado do indicador será 100%.

Quadro 57 – Valores de *benchmarking* para o Índice de Densidade de Pilares (Ipil) das torres

Índice (%)	TA e TB (M)	TA e TB (S)	TA (V)	TB (V)
Índice de densidade de pilares (Ipil)	58,27%	62,03%	76,54%	94,55%

Fonte: da autora (2015).

5.3.3.14 Índice de Padronização de Lajes (Ipla)

Não houve qualquer trabalho da Engenharia na padronização de elementos estruturais no empreendimento V, isto refletiu em resultados ruins para este indicador (Quadro 58). Já o resultado ótimo no empreendimento S, foi resultado da eliminação de um rebaixo desnecessário que havia no empreendimento M. Isso mostra como é um item fácil de ser solucionado e como é importante que sejam definidas diretrizes e metas para os projetistas, evitando assim que aconteça este tipo de retrocesso.

Quadro 58 – Valores de *benchmarking* para o Índice de Padronização de Lajes (Ipla) dos empreendimentos

Índice (%)	M	S	V
Índice de padronização de lajes (Ipla)	50,00%	100,00%	33,33%

Fonte: da autora (2015).

5.3.3.15 Índice de Padronização de Pilares (Ippi)

Este item reflete novamente o que foi explicado no tópico anterior. Onde o fato da engenharia não ter analisado o projeto estrutural, da construtora não possuir diretrizes e metas fez com que os indicadores de padronização da estrutura fossem ruins (Quadro 59).

Quadro 59 – Valores de *benchmarking* para o Índice de Padronização de Pilares (Ippi) dos empreendimentos

Índice (%)	M	S	V
Índice de padronização de pilares (Ippi)	12,50%	8,33%	4,35%

Fonte: da autora (2015).

5.3.3.16 Índice de Área Privativa (Ipri)

Todos os empreendimentos tiveram resultados parecidos neste indicador (Quadro 60). Isso pode ser resultado do fato de serem do mesmo padrão e do setor comercial da construtora passar as mesmas diretrizes em relação às áreas de lazer para os projetistas. No entanto é importante que se considere o impacto nos custos destes resultados, que ainda podem melhorar.

Sabe-se que é necessária certa área para acessos, garagens, medidores, caixas d'água e lazer, por exemplo. Por isso no cálculo do indicador existe a variável Ka (referência externa). Esta variável define um valor ótimo de área equivalente de acordo com a quantidade de vagas de garagem por apartamento. Por exemplo, para um empreendimento com 1 vaga por apartamento, sugere-se 1,2 m² de área equivalente por 1 m² de área privativa (Quadro 81 do APÊNDICE D). Supondo um empreendimento com 90 apartamentos de 100 m² cada, se a

área equivalente totalizar 10800 m², o resultado do indicador será 100%.

Quadro 60 – Valores de *benchmarking* para o Índice de Área Privativa (Ipri) dos empreendimentos

Índice (%)	M	S	V
Índice de área privativa (Ipri)	74,55%	74,37%	78,73%

Fonte: da autora (2015).

5.3.3.17 Índice de Avaliação do Processo Construtivo Adotado (Ipro)

De acordo com a Figura 21 de Mascaró (2010), empreendimentos que possuem entre aproximadamente 6 e 40 pavimentos tem seu custo otimizado quando construídos em estrutura de concreto armado (referência externa). A variável K3 que aparece na equação faz esta ponderação conforme apresentado no Quadro 83 do APÊNDICE D.

Todos os empreendimentos possuem o processo construtivo sugerido pela bibliografia para sua altura (Quadro 61), por isso todos tiveram resultado de 100% neste indicador.

Quadro 61 – Valores de *benchmarking* para o Índice de Avaliação do Processo Construtivo Adotado (Ipro) dos empreendimentos

Índice (%)	M	S	V
Índice de avaliação do processo construtivo adotado (Ipro)	100,00%	100,00%	100,00%

Fonte: da autora (2015).

5.3.3.18 Índice de Padronização de Vigas (Ipmi)

Este é mais um item que reflete o retrocesso que houve devido ao fato da engenharia não ter analisado o projeto estrutural e da construtora não possuir diretrizes e metas. Isto fez com que os indicadores de padronização da estrutura piorassem ao passar dos empreendimentos iniciais, M e S para o último a ser analisado, empreendimento V (Quadro 62).

Quadro 62 – Valores de *benchmarking* para o Índice de Padronização de Vigas (Ipvi) dos empreendimentos

Índice (%)	M	S	V
Índice de padronização de vigas (Ipvi)	10,00%	14,29%	6,25%

Fonte: da autora (2015).

5.3.3.19 Índice de Otimização do Formato das Sacadas (Isac)

A eliminação das curvas que havia nos empreendimentos M e S colaboraram para uma melhora nos resultados do empreendimento V (Quadro 63).

Quadro 63 – Valores de *benchmarking* para o Índice de Otimização do Formato das Sacadas (Isac) dos empreendimentos

Índice (%)	M	S	V
Índice de otimização do formato das sacadas (Isac)	45,37%	50,23%	58,08%

Fonte: da autora (2015).

5.3.3.20 Índice de Sacadas Recuadas (Isar)

O empreendimento V está localizado próximo ao mar. Uma das solicitações do setor comercial da construtora para o projetista era que todos os apartamentos tivessem vista para o mar. Isto trouxe um impacto negativo neste indicador (Quadro 64), já que boa parte das sacadas está em balanço (fora da projeção da torre). A vista das sacadas é um argumento do setor de vendas da construtora. É importante que seja considerado nos custos de construção do empreendimento e, conseqüentemente, em seus preços de venda também.

Quadro 64 – Valores de *benchmarking* para o Índice de Sacadas Recuadas (Isar) das torres

Índice (%)	TA e TB (M)	TA e TB (S)	TA (V)	TB (V)
Índice de sacadas recuadas (Isar)	53,73%	69,69%	29,30%	39,11%

Fonte: da autora (2015).

5.3.3.21 Índice de Área com Piso Seco no Pavimento Tipo (Isec)

O aumento no tamanho das sacadas do empreendimento V fez com que os resultados do indicador fossem levemente inferiores aos empreendimentos M e S. Já que quanto mais área molhada, menor o resultado do indicador (Quadro 65). Segundo o setor comercial da construtora, uma sacada ampla agrega valor ao cliente, principalmente nos casos de proximidade ao mar, no entanto este é mais um item a ser considerado nos custos de obra e preço de venda.

Quadro 65 – Valores de *benchmarking* para o Índice de área com Piso Seco no Pavimento Tipo (Isec) das torres

Índice (%)	TA e TB (M)	TA e TB (S)	TA (V)	TB (V)
Índice de área com piso seco no pavimento tipo (Isec)	90,26%	90,76%	86,71%	85,33%

Fonte: da autora (2015).

5.3.3.22 Índice de Otimização da Tipologia das Circulações no Pavimento Tipo (Itip)

Os apartamentos dos empreendimentos M e S possuem cerca de 67 m², já os do empreendimento V possuem aproximadamente 97 m² de área privativa. Esta diferença reflete nos resultados deste indicador (Quadro 66), onde já se deveria pensar em aumentar a quantidade de circulações verticais no empreendimento V.

Sabe-se que as áreas de circulação são necessárias, mas muitas vezes é possível otimizar estas regiões alterando sua tipologia, diminuindo corredores e aumentando a quantidade de circulações verticais, por exemplo. Por isso no cálculo do indicador existem as variáveis K1 e K2 (referências externas). A variável K1 define um índice ótimo de acordo com o tamanho dos apartamentos. Já a variável K2 define os índices de acordo com a quantidade de pavimentos. Por exemplo, para apartamentos com mais de 60 m² e entre 5 e 15 pavimentos, a tipologia ótima seria com várias circulações verticais (tipologias B e D do Quadro 82 do APÊNDICE D), resultando assim em 100% no cálculo do indicador.

Quadro 66 – Valores de *benchmarking* para o Índice de Otimização das Circulações no Pavimento Tipo (Itip) dos empreendimentos

Índice (%)	M	S	V
Índice de otimização da tipologia das circulações no pavimento tipo (Itip)	88,94%	89,53%	61,70%

Fonte: da autora (2015).

5.3.3.23 Índice de Área Útil no Pavimento Tipo (Iuti)

Não houve grandes diferenças neste indicador para os empreendimentos. Uma melhora no layout do tipo e o aumento no tamanho dos apartamentos do empreendimento V, fizeram com que seus resultados fossem um pouco melhores (Quadro 67).

É importante salientar que estes resultados são o inverso do indicador Densidade de Paredes descrito na bibliografia, onde a relação foi invertida para manter o padrão de que quando maiores os índices melhores os resultados. Para possibilitar o cálculo do Índice Geral de Construtibilidade (Igc).

Como referência externa, tem-se os valores apresentados por Oliveira, Lantelme e Formoso (1995) no Quadro 103 do ANEXO B. Considerando apartamentos de até 100 m² (caso dos empreendimentos deste estudo), densidades de paredes ótimas devem ter índices de até 15%. Como o indicador foi invertido, índices ótimos são os que possuem resultados superiores a 85%.

Quadro 67 – Valores de *benchmarking* para o Índice de Área Útil no Pavimento Tipo (Iuti) das torres

Índice (%)	TA e TB (M)	TA e TB (S)	TA (V)	TB (V)
Índice de área útil no pavimento tipo (Iuti)	82,84%	82,17%	84,37%	83,17%

Fonte: da autora (2015).

5.3.3.24 Índice de Densidade de Vigas (Ivig)

Conforme já mencionado nos itens sobre área média de lajes e densidade de pilares, os bons resultados deste indicador para o empreendimento V (Quadro 68) provém das alterações feitas no projeto arquitetônico, diminuindo assim tempos ociosos da mão de obra na estrutura (ASSAHI, 2014).

A referência apresentada na bibliografia é de 0,45 m de viga por 1 m² de laje (referência externa), por isso este valor aparece na fórmula de cálculo deste indicador. Assim, quando houver um empreendimento com este comprimento de viga por área de laje o resultado do indicador será 100%.

Quadro 68 – Valores de *benchmarking* para o Índice de Densidade de Vigas (Ivig) das torres

Índice (%)	TA e TB (M)	TA e TB (S)	TA (V)	TB (V)
Índice de densidade de vigas (Ivig)	45,16%	41,35%	77,01%	72,25%

Fonte: da autora (2015).

5.3.4 Resumo com os melhores índices

O Quadro 69 apresenta um resumo com os maiores índices obtidos nos 3 empreendimentos deste estudo (M, S e V). Como o Índice de Viabilidade (Ivia) tem o objetivo de fazer com que a viabilidade fique o mais próxima possível do custo real dos empreendimentos, seus valores não serão apresentados como *benchmarking*.

Quadro 69 – Resumo com os melhores índices dos empreendimentos M, S e V

Resumo com os melhores índices dos empreendimentos M, S e V		
Indicador	Sigla	Origem
	(%)	
2 Índice Geral de Construtibilidade (por empreendimento)	lgco	Empreendimento S
2 Índice Geral de Construtibilidade (por torre)	71.92	Torre B do empreendimento V
1 Índice de Compacidade Considerando a Altura da Torre	lcma	Torres A e B do empreendimento S
2 Índice de Construtibilidade Segundo os Agentes do Projeto	lcns	Cultura da construtora em 2015
3 Índice de Otimização da Área Comum no Pavimento Tipo	lcom	Torres A e B do empreendimento M
4 Índice de Otimização do Formato dos Dormitórios	ldor	Empreendimento S
5 Índice Econômico de Compacidade do Pavimento Tipo	lecm	Torre A do empreendimento V
6 Índice de Otimização das Esquadrias no Pavimento Tipo	lesq	Torres A e B do empreendimento S
7 Índice de Otimização das Garagens	lgar	Empreendimento M
8 Índice de Área Média de Lajes	llaj	Torre A do empreendimento V
9 Índice de Modulação no Pavimento Tipo	lmod	Torres A e B do empreendimento V
10 Índice de Padronização de Esquadrias	lpes	Empreendimentos M e S
11 Índice de Densidade de Pilares	lpi1	Torre B do empreendimento V
12 Índice de Padronização de Lajes	lpla	Empreendimento S
13 Índice de Padronização de Pilares	lppi	Empreendimento M
14 Índice de Área Privativa	lpri	Empreendimento V
15 Índice de Avaliação do Processo Construtivo Adotado	lpro	Empreendimentos M, S e V
16 Índice de Padronização de Vigas	lpro	Empreendimento S
17 Índice de Otimização do Formato das Sacadas	lpsac	Empreendimento V
18 Índice de Sacadas Recuadas	lsar	Torres A e B do empreendimento S
19 Índice de Área com Piso Seco no Pavimento Tipo	lsec	Torres A e B do empreendimento S
20 Índice de Otimização da Tipologia das Circulações no Pavimento Tipo	litip	Empreendimento S
21 Índice de Área Útil no Pavimento Tipo	luit	Torre A do empreendimento V
22 Índice de Densidade de Vigas	lvig	Torre A do empreendimento V

Fonte: da autora (2015).

5.3.5 Painel de controle

Para facilitar a tomada de decisão, é interessante que seja possível fazer uma análise visual dos resultados dos indicadores. Para isso foram utilizados gráficos do tipo radar.

Este tipo de gráfico foi utilizado por ser de fácil interpretação visual. Como o objetivo não é avaliar a relação entre os indicadores, mas sim seus valores individuais, os mesmos foram dispostos de forma aleatória. Assim, quanto maior a superfície do gráfico, melhores os resultados do empreendimento.

No entanto, antes foi necessário tornar a comparação com valores de *benchmarking* interno mais clara. Para isso, os melhores valores obtidos nos 3 empreendimentos (M, S e V) foram definidos como 100% e os demais foram recalculados através de regra de três. O Quadro 70 apresenta estes resultados (relativos aos melhores índices).

Com os índices relativos aos melhores resultados dos 3 empreendimentos, foi possível elaborar os gráficos tipo radar, como forma de painel de controle, para o empreendimento M (Figura 51), empreendimento S (Figura 52), empreendimento V (Figura 53), torres A e B do empreendimento M (Figura 54), torres A e B do empreendimento S (Figura 55) e torres A e B do empreendimento V (Figura 56 e Figura 57). Os valores das torres A e B dos empreendimentos M e S foram agrupados durante todo o estudo, pois as torres são iguais. As torres do empreendimento V são diferentes, por isso possuem gráficos separados para cada uma delas.

É importante que na análise destes gráficos haja consciência de que os valores de 100% que aparecem em alguns resultados nem sempre representam boa construtibilidade.

Por exemplo, no gráfico apresentado no Quadro 59 pôde-se notar que o empreendimento M possui a maior padronização de pilares (Ippi), com resultado de 12,5%. Consultando a fórmula para cálculo deste indicador no Quadro 41, vê-se que seu resultado é inversamente proporcional a quantidade de pilares com seção diferente (variável N_e), isto é, quanto maior a quantidade de pilares menor é o resultado do indicador.

No Quadro 84 do APÊNDICE E foi apresentado o valor da variável N_e do empreendimento M, onde foram obtidas 8

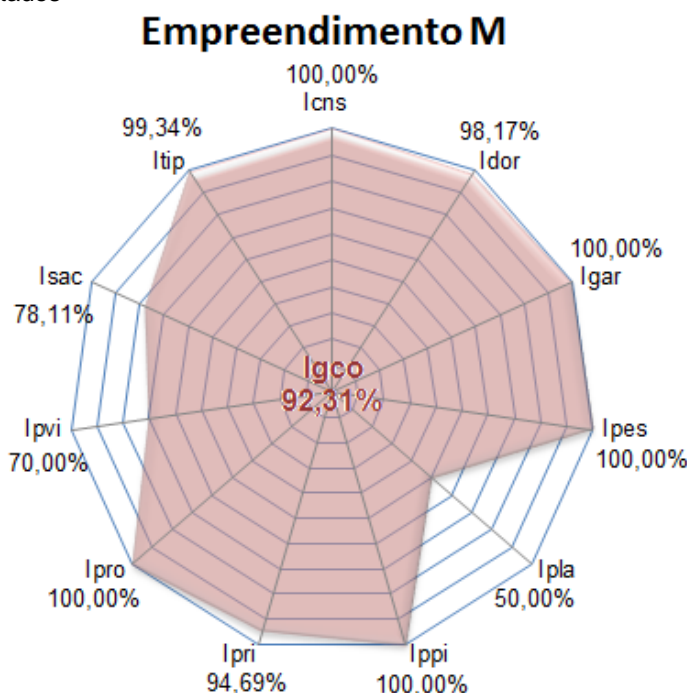
dimensões diferentes de pilares no pavimento tipo. O que é muito em termos de padronização para aumento na produtividade e utilização de formas prontas e reaproveitáveis, por exemplo. Mas na Figura 51 este índice teve resultado relativo de 100%, por ter sido o melhor resultado obtido pela construtora nos empreendimentos estudados.

Quadro 70 – Índices relativos dos empreendimentos M, S e V

Índices relativos por empreendimento (%)		M		S		V	
		TA	TB	TA	TB	TA	TB
Indicador		Sigla					
2	Índice Geral de Construtibilidade	lgco	92,31 85,19	100,00 92,43	100,00 97,50	100,00 100,00	91,25 77,96
1	Índice de Compacidade Considerando a Altura da Torre	lcma	97,40	100,00	79,78	100,00	77,96
2	Índice de Construtibilidade Segundo os Agentes do Projeto	lcns	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
3	Índice de Otimização da Área Comum no Pavimento Tipo	lcom	100,00	95,26	56,76	73,15	73,15
4	Índice de Otimização do Formato dos Dormitórios	ldor	98,17	100,00	98,24	98,24	98,24
5	Índice Econômico de Compacidade do Pavimento Tipo	lecm	72,65	78,90	100,00	98,17	98,17
6	Índice de Otimização das Esquadrias no Pavimento Tipo	lesq	97,80	100,00	99,26	99,31	99,31
7	Índice de Otimização das Garagens	lgar	100,00	97,80	19,44	19,44	19,44
8	Índice de Área Média de Lajes	llaj	50,32	51,68	100,00	82,37	82,37
9	Índice de Modulação no Pavimento Tipo	lmod	42,59	80,77	100,00	100,00	100,00
10	Índice de Padronização de Esquadrias	lpes	100,00	100,00	87,28	87,28	87,28
11	Índice de Densidade de Pilares	lpil	61,63	65,61	80,95	100,00	100,00
12	Índice de Padronização de Lajes	lpla	50,00	100,00	33,33	33,33	33,33
13	Índice de Padronização de Pilares	lppi	100,00	66,67	34,80	34,80	34,80
14	Índice de Área Privativa	lpri	94,69	94,47	100,00	100,00	100,00
15	Índice de Avaliação do Processo Construtivo Adotado	lpro	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
16	Índice de Padronização de Vigas	lpvi	70,00	100,00	43,75	43,75	43,75
17	Índice de Otimização do Formato das Sacadas	lisc	78,11	86,49	100,00	100,00	100,00
18	Índice de Sacadas Recuadas	lisar	77,10	100,00	42,04	56,12	56,12
19	Índice de Área com Piso Seco no Pavimento Tipo	lsec	99,45	100,00	95,54	94,01	94,01
20	Índice de Otimização da Tipologia das Circulações no Pavimento Tipo	ltip	99,34	100,00	68,91	68,91	68,91
21	Índice de Área Útil no Pavimento Tipo	luti	98,19	97,40	100,00	98,58	98,58
22	Índice de Densidade de Vigas	lvig	58,65	53,69	100,00	93,82	93,82

Fonte: da autora (2015).

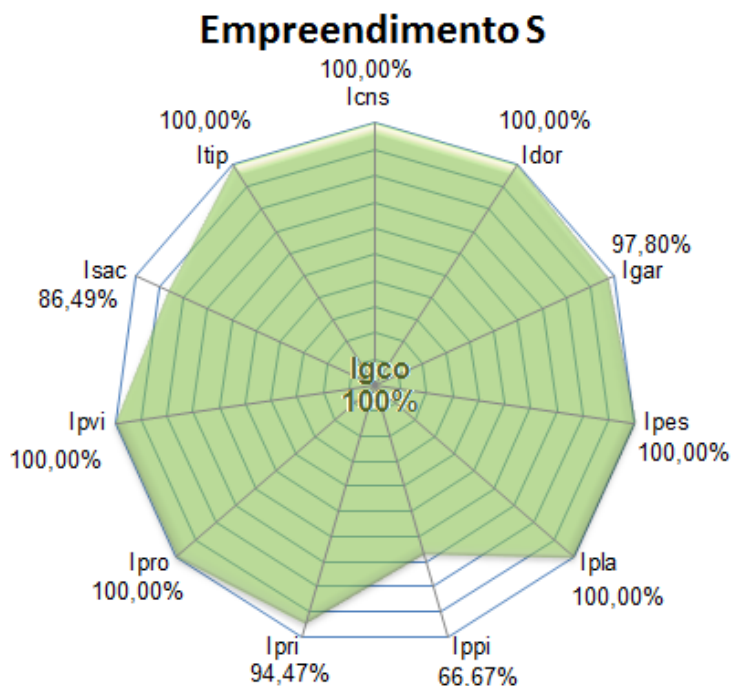
Figura 51 – Índices do empreendimento M relativos aos melhores resultados



- Igco** Índice Geral de Construtibilidade
Icns Índice de Construtibilidade Segundo os Agentes do Projeto
Idor Índice de Otimização do Formato dos Dormitórios
Igar Índice de Otimização das Garagens
Ipes Índice de Padronização de Esquadrias
Ipla Índice de Padronização de Lajes
Ippi Índice de Padronização de Pilares
Ipri Índice de Área Privativa
Ipro Índice de Avaliação do Processo Construtivo Adotado
Ipvi Índice de Padronização de Vigas
Isac Índice de Otimização do Formato das Sacadas
Itip Índice de Otimização da Tipologia das Circulações no Pavimento Tipo

Fonte: da autora (2015).

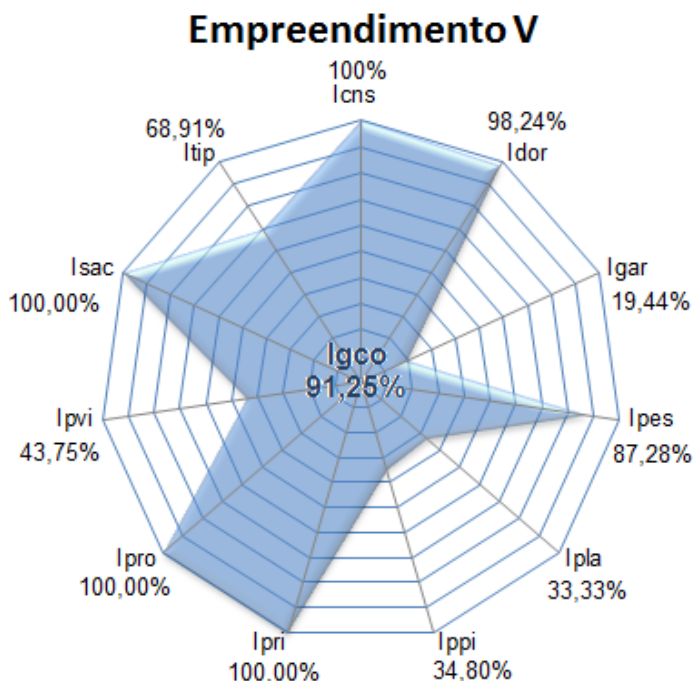
Figura 52 – Índices do empreendimento S relativos aos melhores resultados



- Igco** Índice Geral de Construtibilidade
Icns Índice de Construtibilidade Segundo os Agentes do Projeto
Idor Índice de Otimização do Formato dos Dormitórios
Igar Índice de Otimização das Garagens
Ipes Índice de Padronização de Esquadrias
Ipla Índice de Padronização de Lajes
Ippi Índice de Padronização de Pilares
Ipri Índice de Área Privativa
Ipro Índice de Avaliação do Processo Construtivo Adotado
Ipv Índice de Padronização de Vigas
Isac Índice de Otimização do Formato das Sacadas
Itip Índice de Otimização da Tipologia das Circulações no Pavimento Tipo

Fonte: da autora (2015).

Figura 53 – Índices do empreendimento V relativos aos melhores resultados

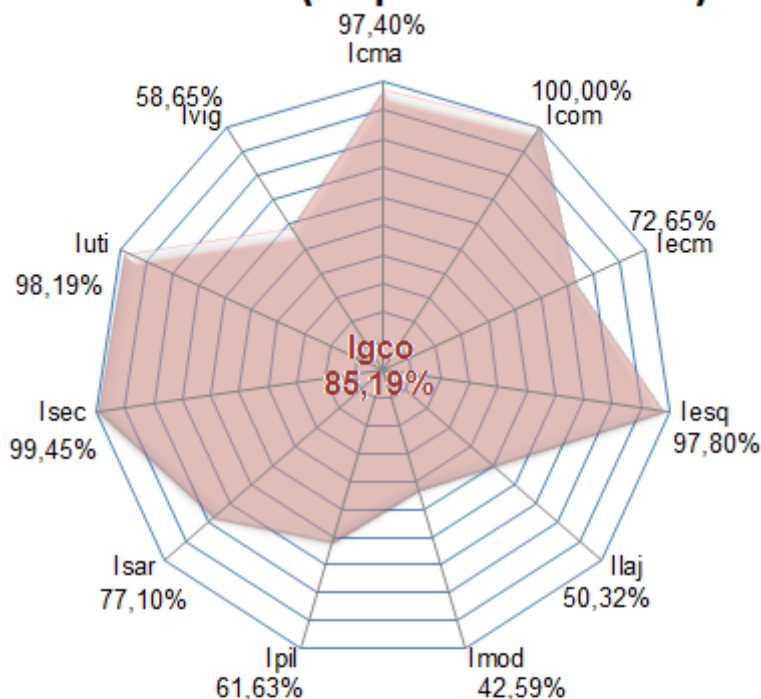


- Igco** Índice Geral de Construtibilidade
Icns Índice de Construtibilidade Segundo os Agentes do Projeto
Idor Índice de Otimização do Formato dos Dormitórios
Igar Índice de Otimização das Garagens
Ipes Índice de Padronização de Esquadrias
Ipla Índice de Padronização de Lajes
Ippi Índice de Padronização de Pilares
Ipri Índice de Área Privativa
Ipro Índice de Avaliação do Processo Construtivo Adotado
Ipv Índice de Padronização de Vigas
Isac Índice de Otimização do Formato das Sacadas
Itip Índice de Otimização da Tipologia das Circulações no Pavimento Tipo

Fonte: da autora (2015).

Figura 54 – Índices das torres A e B do empreendimento M relativos aos melhores resultados

Torres A e B (Empreendimento M)

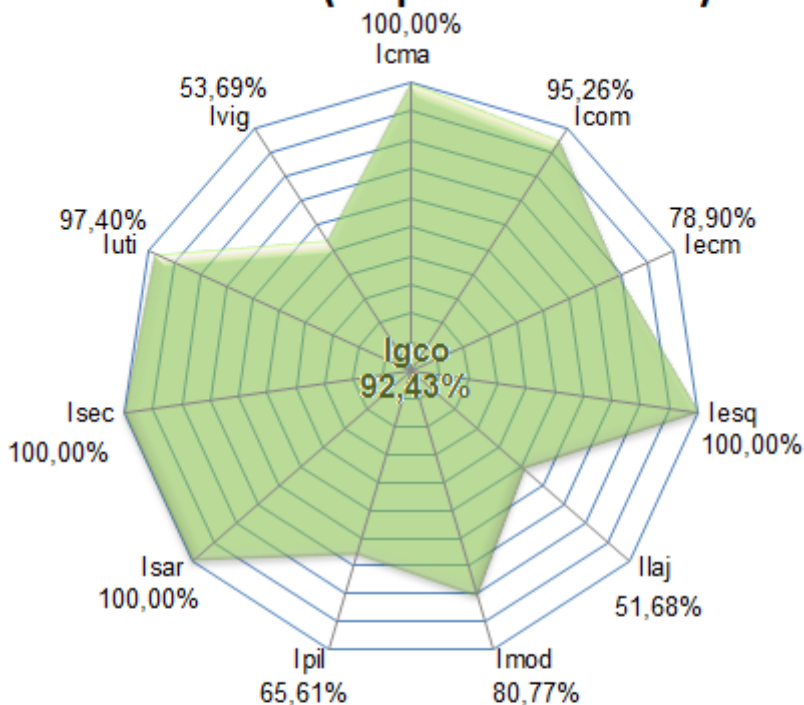


- Igc** Índice Geral de Construtibilidade
Icma Índice de Compacidade Considerando a Altura da Torre
Icom Índice de Otimização da Área Comum no Pavimento Tipo
Iecm Índice Econômico de Compacidade do Pavimento Tipo
Iesq Índice de Otimização das Esquadrias no Pavimento Tipo
Ilaj Índice de Área Média de Lajes
Imod Índice de Modulação no Pavimento Tipo
Ipil Índice de Densidade de Pilares
Isar Índice de Sacadas Recuadas
Isec Índice de Área com Piso Seco no Pavimento Tipo
Iuti Índice de Área Útil no Pavimento Tipo
Ivig Índice de Densidade de Vigas

Fonte: da autora (2015).

Figura 55 – Índices das torres A e B do empreendimento S relativos aos melhores resultados

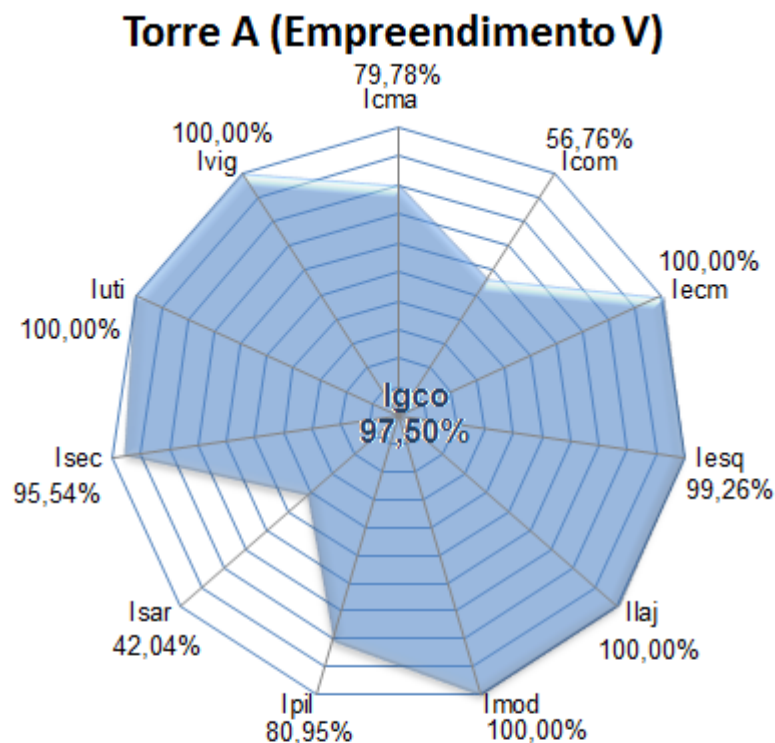
Torres A e B (Empreendimento S)



- Igc** Índice Geral de Construtibilidade
Icma Índice de Compacidade Considerando a Altura da Torre
Icom Índice de Otimização da Área Comum no Pavimento Tipo
Iecm Índice Econômico de Compacidade do Pavimento Tipo
Iesq Índice de Otimização das Esquadrias no Pavimento Tipo
Ilaj Índice de Área Média de Lajes
Imod Índice de Modulação no Pavimento Tipo
Ipil Índice de Densidade de Pilares
Isar Índice de Sacadas Recuadas
Isec Índice de Área com Piso Seco no Pavimento Tipo
Iuti Índice de Área Útil no Pavimento Tipo
Ivig Índice de Densidade de Vigas

Fonte: da autora (2015).

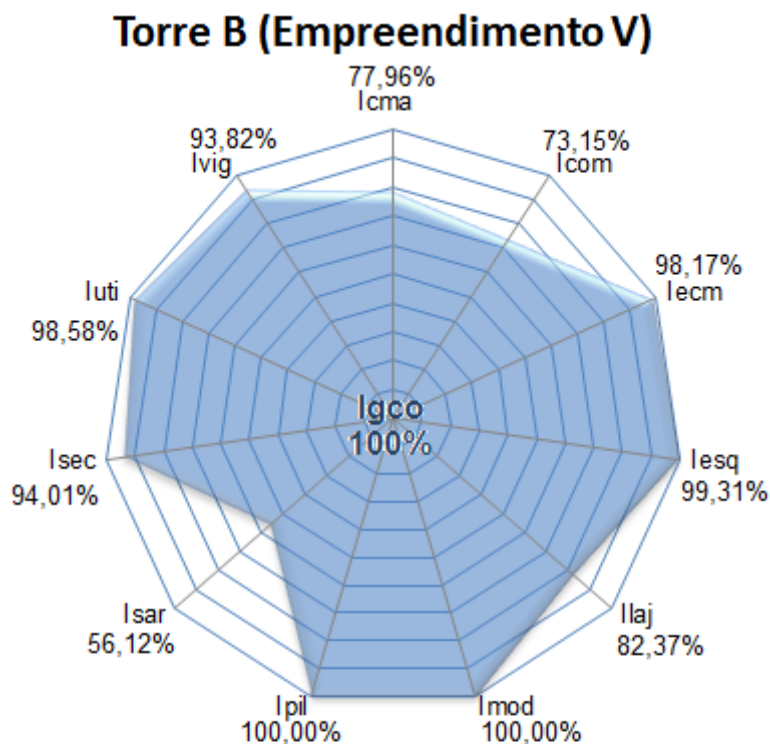
Figura 56 – Índices da torre A do empreendimento V relativos aos melhores resultados



- Igco** Índice Geral de Construtibilidade
Icma Índice de Compacidade Considerando a Altura da Torre
Icom Índice de Otimização da Área Comum no Pavimento Tipo
Iecm Índice Econômico de Compacidade do Pavimento Tipo
Iesq Índice de Otimização das Esquadrias no Pavimento Tipo
Ilaj Índice de Área Média de Lajes
Imod Índice de Modulação no Pavimento Tipo
Ipil Índice de Densidade de Pilares
Isar Índice de Sacadas Recuadas
Isec Índice de Área com Piso Seco no Pavimento Tipo
Iuti Índice de Área Útil no Pavimento Tipo
Ivig Índice de Densidade de Vigas

Fonte: da autora (2015).

Figura 57 – Índices da torre B do empreendimento V relativos aos melhores resultados



- Igco** Índice Geral de Construtibilidade
Icmá Índice de Compacidade Considerando a Altura da Torre
Icom Índice de Otimização da Área Comum no Pavimento Tipo
Iecm Índice Econômico de Compacidade do Pavimento Tipo
Iesq Índice de Otimização das Esquadrias no Pavimento Tipo
Iaj Índice de Área Média de Lajes
Imod Índice de Modulação no Pavimento Tipo
Ipil Índice de Densidade de Pilares
Isar Índice de Sacadas Recuadas
Isec Índice de Área com Piso Seco no Pavimento Tipo
Iuti Índice de Área Útil no Pavimento Tipo
Ivig Índice de Densidade de Vigas

Fonte: da autora (2015).

6 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SÍNTESE DOS RESULTADOS

Para facilitar a tomada de decisão, a construtora deve ter a possibilidade de fazer uma análise comparativa entre os 3 empreendimentos de maneira simples e visual. Para isso os resultados obtidos (gráficos radar) foram sobrepostos sem seus valores.

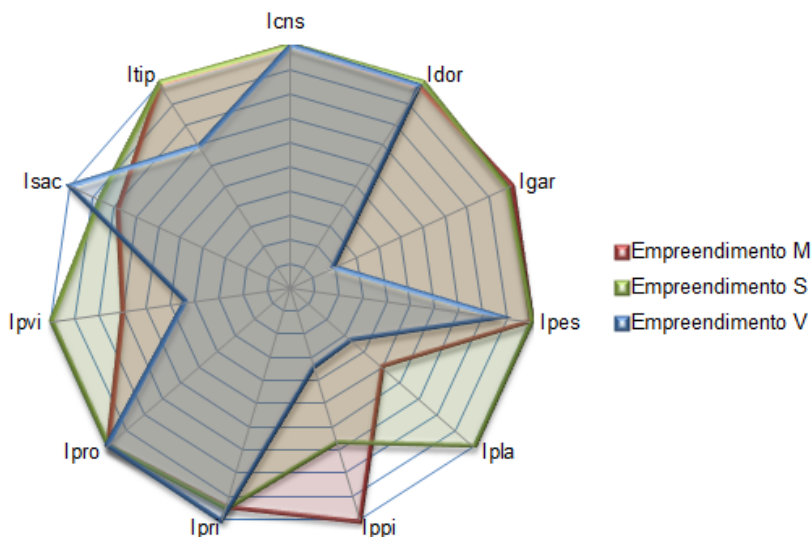
A Figura 58 apresenta a sobreposição por empreendimento. Conforme a ordem histórica de execução, o empreendimento em vermelho (M) foi o mais antigo e o empreendimento em azul (V) o mais recente. Como exemplo das possibilidades de tomada de decisão pela construtora em relação ao último empreendimento lançado por ela (V), pode-se citar os que tiveram resultados piores (do que M e o S) ao longo do tempo:

- a) Índice de Otimização das Garagens (Igar): a gerência pode solicitar ao setor de engenharia que reveja as áreas de garagem deste empreendimento juntamente com o arquiteto. Na análise o setor pode verificar que a área por vaga de garagem (Ag/Nv igual a $36,34 \text{ m}^2/\text{vaga}$ no Quadro 95 do APÊNDICE G) é maior do que o valor de referência (Kg igual a $20 \text{ m}^2/\text{vaga}$ no Quadro 95 do APÊNDICE G);
- b) Índice de Padronização de Lajes (Ipla): a gerência pode solicitar ao setor de engenharia que padronize as espessuras das lajes junto ao projetista estrutural. Na análise o setor pode verificar que o pavimento tipo possui 3 espessuras diferentes de laje (Ns no Quadro 95 do APÊNDICE G) e questionar o projetista do porquê desta diferenciação. Caso não haja impedimentos em relação ao dimensionamento o projetista poderá padroniza-las ;
- c) Índice de Padronização de Pilares (Ippi): a gerência pode solicitar ao setor de engenharia que padronize as dimensões dos pilares junto ao projetista estrutural. Na análise o setor pode verificar que o pavimento tipo possui 23 dimensões diferentes de pilares (Ne no Quadro 95 do APÊNDICE G) e que anteriormente (empreendimentos M e S) houve maior padronização ;
- d) Índice de Padronização de Vigas (Ipvi): a gerência pode solicitar ao setor de engenharia que padronize as

dimensões das vigas junto ao projetista estrutural. Na análise o setor pode verificar que o pavimento tipo possui 16 dimensões diferentes de vigas (N_g no Quadro 95 do APÊNDICE G);

- e) Índice de Otimização da Tipologia das Circulações no Pavimento Tipo (I_{tip}): a gerência pode solicitar ao setor de engenharia que reveja a solução adotada para a tipologia das circulações junto ao arquiteto. Na análise o setor pode verificar que uma das constantes utilizada no cálculo do indicador (K_1 igual a 0,62 no Quadro 95 do APÊNDICE G) não está com seu valor máximo (1,0), se fizer uma consulta ao Quadro 82 do APÊNDICE D verá que para apartamentos com área média de 97,25 m² e com 15 pavimentos tipo (A_t e N_p no Quadro 95 do APÊNDICE G) o ideal é que tenham mais circulações verticais e menos circulações horizontais, em função deste edifício (V) ser mais alto que os anteriores (M e S).

Figura 58 – Gráfico radar com sobreposição dos empreendimentos M, S e V



Icns Índice de Construtibilidade Segundo os Agentes do Projeto

Idor Índice de Otimização do Formato dos Dormitórios

Igar Índice de Otimização das Garagens

Ipes Índice de Padronização de Esquadrias

Ipla Índice de Padronização de Lajes

Ippi Índice de Padronização de Pilares

Ipri Índice de Área Privativa

Ipro Índice de Avaliação do Processo Construtivo Adotado

Ipvi Índice de Padronização de Vigas

Isac Índice de Otimização do Formato das Sacadas

Itip Índice de Otimização da Tipologia das Circulações no Pavimento Tipo

Fonte: da autora (2015).

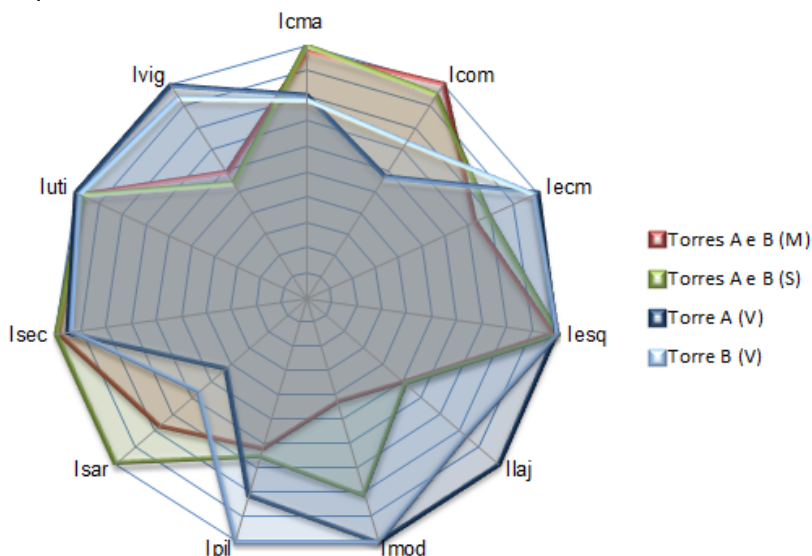
A Figura 59 apresenta a sobreposição das torres por empreendimento. Como exemplo das possibilidades de tomada de decisão pela construtora em relação às torres do último empreendimento lançado por ela (V), pode-se citar os que tiveram resultados piores (do que as torres dos empreendimentos M e S) ao longo do tempo:

- Índice de Compacidade considerando a Altura da Torre (Icma): a gerência pode solicitar ao setor de engenharia que considere no orçamento, viabilidade e planejamento custos e tempos coerentes com o aumento na altura das

torres do empreendimento V em relação aos empreendimentos anteriores (M e S);

- b) Índice de Otimização da Área Comum no Pavimento Tipo (Icom): a gerência pode solicitar ao setor de engenharia que reveja o *layout* do pavimento tipo junto ao arquiteto, na análise o setor pode verificar (Quadro 41) que é necessário reduzir a área comum no pavimento tipo para obter melhores resultados;
- c) Índice de Sacadas Recuadas (Isar): a gerência pode solicitar ao setor de engenharia que considere no orçamento, viabilidade e planejamento custos e tempos coerentes com o fato do empreendimento V possuir mais sacadas em balanço em relação aos empreendimentos anteriores (M e S).

Figura 59 – Gráfico radar com sobreposição das torres dos empreendimentos M, S e V



- Icmá** Índice de Compacidade Considerando a Altura da Torre
Icom Índice de Otimização da Área Comum no Pavimento Tipo
Iecm Índice Econômico de Compacidade do Pavimento Tipo
Iesq Índice de Otimização das Esquadrias no Pavimento Tipo
Ilaaj Índice de Área Média de Lajes
Imod Índice de Modulação no Pavimento Tipo
Ipil Índice de Densidade de Pilares
Isar Índice de Sacadas Recuadas
Isec Índice de Área com Piso Seco no Pavimento Tipo
Iuti Índice de Área Útil no Pavimento Tipo
Ivig Índice de Densidade de Vigas

Fonte: da autora (2015).

O Quadro 71 foi elaborado a fim de sintetizar os resultados e demonstrar como a construtibilidade foi avaliada em seus 5 fatores. A primeira coluna apresenta as siglas dos indicadores, as colunas numeradas (1 a 5) contém os fatores contemplados por cada indicador conforme a análise apresentada no Quadro 33 e as 3 colunas seguintes os resultados dos indicadores dos 3 empreendimentos.

Quadro 71 – Fatores de construtibilidade dos indicadores do modelo

Sigla	Fatores de construtibilidade*					Resultados dos indicadores		
						M	S	V
	1	2	3	4	5	TA TB	TA TB	TA TB**
lgco	X	X	X	X	X	92,31	100,00	91,25
lcma	X					97,40	100,00	78,87
lcns	X	X	X	X		100,00	100,00	100,00
lcom	X			X		100,00	95,26	64,95
ldor	X					98,17	100,00	98,24
lecm	X					72,65	78,90	99,09
lesq	X		X			97,80	100,00	99,29
lgar	X			X		100,00	97,80	19,44
llaj	X		X			50,32	51,68	91,18
lmod	X	X				42,59	80,77	100,00
lpes	X	X				100,00	100,00	87,28
lpil	X		X	X		61,63	65,61	90,48
lpla	X	X				50,00	100,00	33,33
lppi	X	X				100,00	66,67	34,80
lpri	X					94,69	94,47	100,00
lpro	X					100,00	100,00	100,00
lpvi	X	X				70,00	100,00	43,75
lsac	X					78,11	86,49	100,00
lsar	X					77,10	100,00	49,08
lsec	X		X			99,45	100,00	94,77
ltip	X			X		99,34	100,00	68,91
luti	X		X			98,19	97,40	99,29
lvig	X		X			58,65	53,69	96,91

*Fatores de construtibilidade de Oliveira (1994 *apud* AMANCIO, 2010):

- 1 Simplificação do projeto
- 2 Padronização
- 3 Sequência executiva e interdependência entre atividades
- 4 Acessibilidade e espaços adequados para o trabalho
- 5 Comunicação entre projeto e obra

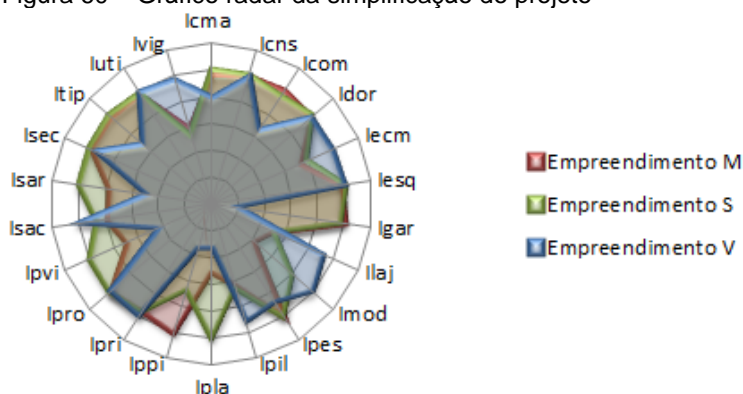
**Média dos resultados obtidos para as torres A e B (Emp. V)

Fonte: da autora (2015).

Com estes resultados agrupados por fator em gráficos radar é possível concluir que:

- a) simplificação do projeto (Figura 60): o empreendimento S possui o projeto mais simplificado, seguido do empreendimento M e por último do V;
- b) padronização (Figura 61): o empreendimento S possui a maior padronização, seguido do empreendimento M e por último do V;
- c) sequência executiva e interdependência entre atividades (Figura 62): o empreendimento V é o que possui melhor relação de sequência e dependência entre as atividades e os empreendimentos M e S a pior;
- d) Acessibilidade e espaços adequados para o trabalho (Figura 63): os empreendimentos M e S possuem melhor acessibilidade e espaços para as tarefas e o empreendimento V piores condições;
- e) Comunicação entre projeto e obra: este fator não pôde ser colocado em gráfico, pois apresenta apenas um indicador para sua análise, mas retomando o Quadro 71 é possível verificar que o empreendimento S possuía a melhor comunicação entre os setores, seguido do empreendimento M e por último do V.

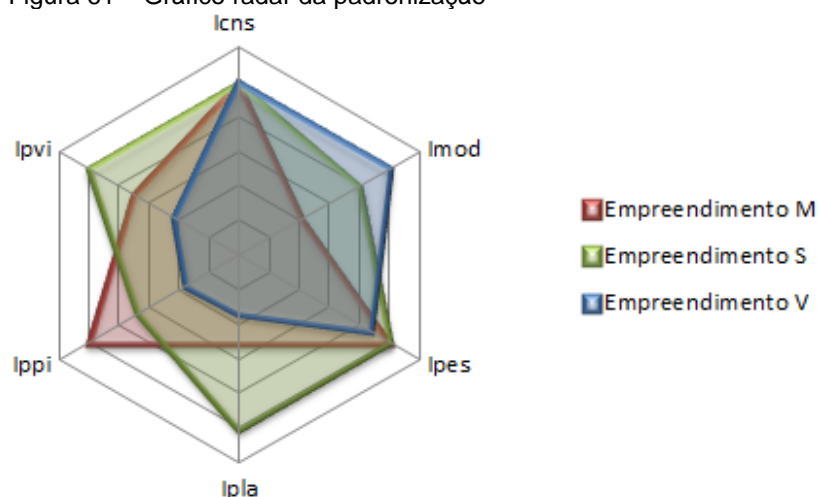
Figura 60 – Gráfico radar da simplificação do projeto



Icma	Índice de Compacidade Considerando a Altura da Torre
Icns	Índice de Construtibilidade Segundo os Agentes do Projeto
Icom	Índice de Otimização da Área Comum no Pavimento Tipo
Idor	Índice de Otimização do Formato dos Dormitórios
Iecm	Índice Econômico de Compacidade do Pavimento Tipo
Iesq	Índice de Otimização das Esquadrias no Pavimento Tipo
Igar	Índice de Otimização das Garagens
Ilaaj	Índice de Área Média de Lajes
Imod	Índice de Modulação no Pavimento Tipo
Ipes	Índice de Padronização de Esquadrias
Ipil	Índice de Densidade de Pilares
Ipla	Índice de Padronização de Lajes
Ippi	Índice de Padronização de Pilares
Ipro	Índice de Área Privativa
Ipro	Índice de Avaliação do Processo Construtivo Adotado
Ipvi	Índice de Padronização de Vigas
Isac	Índice de Otimização do Formato das Sacadas
Iсар	Índice de Sacadas Recuadas
Isec	Índice de Área com Piso Seco no Pavimento Tipo
Itip	Índice de Otimização da Tipologia das Circulações no Pavimento Tipo
Iuti	Índice de Área Útil no Pavimento Tipo
Ivig	Índice de Densidade de Vigas

Fonte: da autora (2015).

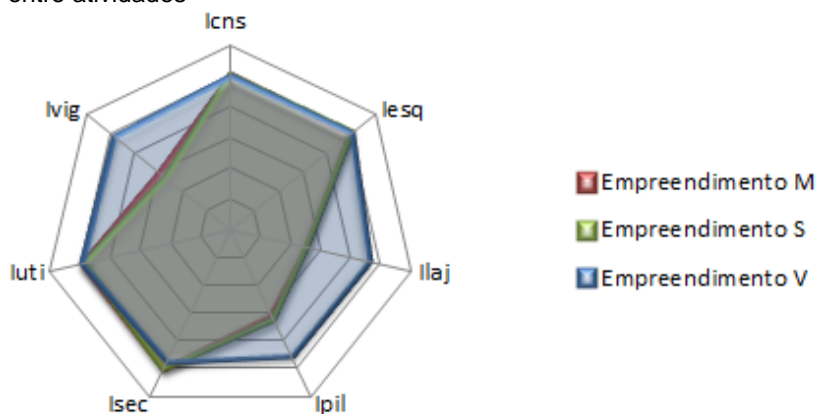
Figura 61 – Gráfico radar da padronização



- Icns** Índice de Construtibilidade Segundo os Agentes do Projeto
Imod Índice de Modulação no Pavimento Tipo
Ipes Índice de Padronização de Esquadrias
Ipla Índice de Padronização de Lajes
Ippi Índice de Padronização de Pilares
Ipvi Índice de Padronização de Vigas

Fonte: da autora (2015).

Figura 62 – Gráfico radar da sequência executiva e interdependência entre atividades



lcns Índice de Construtibilidade Segundo os Agentes do Projeto

lesq Índice de Otimização das Esquadrias no Pavimento Tipo

llaj Índice de Área Média de Lajes

lpil Índice de Densidade de Pilares

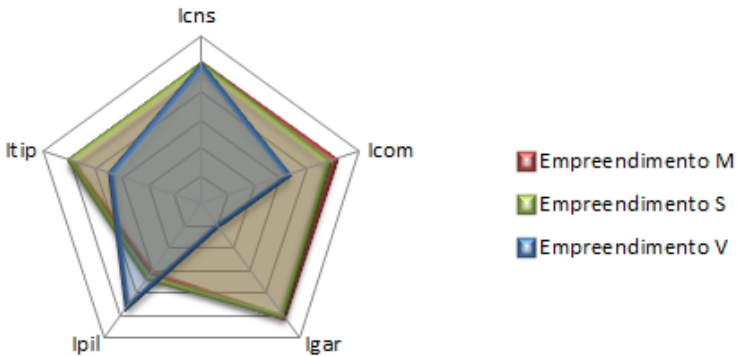
lsec Índice de Área com Piso Seco no Pavimento Tipo

luti Índice de Área Útil no Pavimento Tipo

lvi Índice de Densidade de Vigas

Fonte: da autora (2015).

Figura 63 – Gráfico radar da acessibilidade e espaços adequados para o trabalho



Icns Índice de Construtibilidade Segundo os Agentes do Projeto
Icom Índice de Otimização da Área Comum no Pavimento Tipo
Igar Índice de Otimização das Garagens
Ipil Índice de Densidade de Pilares
Itip Índice de Otimização da Tipologia das Circulações no Pavimento Tipo

Fonte: da autora (2015).

6.2 CONCLUSÕES

Com os indicadores apresentados, pode-se dizer que os mesmos fazem uma análise da construtibilidade de um projeto. Retomando a definição do termo e a relação de seus fatores com cada indicador (Quadro 71), a construtibilidade foi avaliada considerando que:

- todos os indicadores apresentados no modelo fazem uma avaliação da simplificação do projeto;
- os indicadores Índice de Construtibilidade segundo os Agentes do Projeto (Icns), Índice de Modulação no Pavimento Tipo (Imod), Índice de Padronização de Esquadrias (Ipes), Lajes (Ipla), Pilares (Ippi) e Vigas (Ipvi) avaliam a padronização dos empreendimentos;
- os indicadores Índice de Construtibilidade segundo os Agentes do Projeto (Icns), Índice de Otimização das Esquadrias no Pavimento Tipo (Iesq), Índice de Área Média de Lajes (Ilaj), Índice de Densidade de Pilares (Ipil), Índice de Área com Piso Seco no Pavimento Tipo (Isec), Índice de Área Útil no Pavimento Tipo (luti) e Índice de

Densidade de Vigas (Ivig) avaliam a sequência executiva e interdependência entre atividades;

- d) os indicadores Índice de Construtibilidade segundo os Agentes do Projeto (Icns), Índice de Otimização da Área Comum no Pavimento Tipo (Icom), Índice de Otimização das Garagens (Igar), Índice de Densidade de Pilares (Ipil) e Índice de Otimização da Tipologia das Circulações no Pavimento Tipo (Itip) avaliam a acessibilidade e os espaços adequados para o trabalho;
- e) o indicador Índice Geral da Construtibilidade (Igc) avalia a comunicação entre projeto e obra.

Outro ponto importante que ficou evidente nos resultados deste trabalho é a necessidade de se fazer a análise crítica dos projetos. No empreendimento M o setor de Engenharia não existia, portanto foram feitas apenas algumas análises comerciais. No empreendimento S o setor foi criado, desta forma foi possível fazer algumas melhorias, mesmo com o projeto arquitetônico já aprovado. Já no empreendimento V foram feitas diversas intervenções pelo setor de Engenharia no pavimento tipo do projeto arquitetônico, antes de sua aprovação na prefeitura, o que melhores resultados em alguns indicadores. Os indicadores deste empreendimento que tiveram resultados piores estão relacionados principalmente com as áreas comuns do projeto arquitetônico e a otimização da estrutura, pois estes dois itens não foram analisados pela Engenharia da construtora.

A definição de diretrizes pela construtora também poderia melhorar o resultados dos indicadores, tendo em vista que podem ser estipuladas metas para diversos itens avaliados pelo Modelo Indicador de Construtibilidade. Os projetistas poderiam ter acesso a estas metas, bem como suas fórmulas, variáveis e objetivos, para que o projeto já nascesse mais otimizado. A aplicação do Modelo nestes projetos serviria inclusive como uma avaliação dos fornecedores projetistas.

No entanto, é importante que se considere que o objetivo da análise da construtibilidade não é limitar a elaboração do projeto arquitetônico, mas sim fornecer informações para que a tomada de decisão de dar continuidade ou não a um projeto seja feita de forma consciente. Assim, quando um projeto com índices mais baixos for aceito pela construtora, ela possui informações para elaboração de orçamentos, cronogramas e

dimensionamento de equipes, por exemplo, compatíveis com a realidade deste empreendimento.

Este Modelo foi criado conforme as características da construtora em estudo, para sua aplicação em outras empresas podem ser necessárias alterações de acordo com o diagnóstico proposto neste trabalho.

Retomando a pergunta e o pressuposto da pesquisa é possível dizer que a construtibilidade pôde ser avaliada a partir da análise geométrica do projeto. Para isso foram feitas pesquisas bibliográficas, diagnóstico da construtora em estudo, foram analisados e criados indicadores, seus resultados foram comparados e foi definida uma forma de painel de controle. Para comprovação os indicadores foram agrupados conforme os 5 fatores da construtibilidade de Oliveira (1994 *apud* AMANCIO, 2010).

Sendo assim, foi possível concluir que os objetivos deste trabalho foram atingidos. Reportando os objetivos específicos aos principais resultados desta dissertação, pode-se concluir que:

- a) a realidade da construtora foi relatada através do seu diagnóstico, com sua caracterização e levantamento de seus indicadores de desempenho, onde foi definida a possibilidade de intervenção através na análise do seu fluxo de projetos e dos custos por tarefa apresentados na bibliografia;
- b) os indicadores para os projetos arquitetônico e estrutural foram desenvolvidos, através da compilação dos indicadores apresentados na revisão bibliográfica e pela criação de novos indicadores, que foram testados em estudo piloto. Seus resultados foram analisados e foram propostas melhorias, onde foi possível criar o Modelo Indicador de Construtibilidade, produzindo informações para que as tomadas de decisão sejam mais conscientes;
- c) as medidas de *benchmarking* interno foram desenvolvidas e apresentadas para 3 empreendimentos na forma de gráficos radar que facilitam a tomada de decisão.

Durante a pesquisa, ficou claro na bibliografia que a construtibilidade deve abranger todas as fases de um empreendimento. Sendo importante a análise e contemplação desde as etapas iniciais de viabilidade, até o término da vida útil do empreendimento.

6.3 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O Modelo Indicador da Construtibilidade apresentou uma análise isolada dos indicadores propostos, mas podem ser estudadas as relações que estes indicadores possuem entre si, demonstrando os impactos dos resultados de cada indicador nos demais. Algumas decisões podem melhorar o resultado de um indicador, mas piorar o resultado de outros, por exemplo, ao se reduzir a quantidade de pilares em um pavimento, pode haver um aumento excessivo de dimensões das vigas.

Muitos dos indicadores foram baseados nos estudos de Mascaró (2010), é possível desenvolver estudos que busquem uma ampliação da amostra levantada pelo autor, verificação de seus resultados e também a atualização das informações apresentadas por ele.

Este trabalho relacionou os indicadores de forma mais voltada aos aspectos econômicos, podem ainda ser estudadas questões estéticas, de funcionalidade, flexibilidade e acessibilidade, por exemplo.

Os indicadores podem ser desenvolvidos ainda para outros sistemas construtivos (alvenaria estrutural, por exemplo) ou considerando diferentes tecnologias, como formas metálicas ao invés das de madeira.

Uma outra forma de comprovação dos resultados seria a comparação dos indicadores do Modelo Indicador de Construtibilidade com os Indicadores de Desempenho Empresariais. Esta é uma sugestão para trabalhos futuros, já que não pôde ser feita nesta dissertação, por não haver acesso aos resultados dos Indicadores de Desempenho Empresariais (qualidade, custo, segurança, planejamento, projetos, orçamentos, satisfação do cliente, dentre outros) da construtora estudada.

Neste estudo as medições foram feitas apenas no projeto, mas recomenda-se que seja feita mensuração de indicadores voltados à construtibilidade em outras etapas. Como o levantamento de informações na etapa executiva e possíveis relações com as etapas de manutenção e reciclagem.

Sendo assim, esta dissertação abre diversas portas para novos trabalhos, onde pode ser possível avaliar a construtibilidade em outras etapas, como na compra do terreno, quando o projeto estrutural estiver finalizado, na elaboração de

projetos complementares, na elaboração do orçamento, na especificação de materiais, na elaboração do cronograma, no projeto de canteiro de obras, na escolha nos equipamentos de transporte vertical e horizontal em obra, na compra dos materiais, no dimensionamento das equipes de obra, dentre outros fatores que influenciam na produtividade, segurança, qualidade e custos de uma obra.

REFERÊNCIAS

ALVES, S. D. K.. **Apostila de estruturas de edifícios**. Joinville: UDESC, 2010. 137 p.

AMANCIO, R. C. A.. **Identificação de fatores de construtibilidade que influenciam as fases do processo de projeto em pequenos escritórios de arquitetura: Estudo de casos em Curitiba (PR)**. 2010. 213 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

ASSAHI, P. **Análise de construtibilidade**. [mensagem pessoal] Mensagem recebida por: <tbnarloch@gmail.com>. em: 17 jul. e 22 ago. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13531: Elaboração de projetos de edificações - Atividades técnicas**. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.

_____. **NBR 13749: Revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Especificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

_____. **NBR 12721: Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edifícios - Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

_____. **NBR 15575: Edificações habitacionais - Desempenho**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ABNT/CB-25 (Brasil). **Estágio DIS da revisão da norma ISO 9001:2015 é publicado, começa nova fase de comentários**. 2014. Disponível em: <<http://www.abntcb25.com.br/>>. Acesso em: 01 ago. 2014.

BARTH, K. B.. **Melhoria de sistemas de medição de desempenho através do uso de painéis de controle para a gestão da produção em empresas de construção civil**. 2007. 184 f. Dissertação (Mestrado) - Engenharia Civil, Programa de

Pós-graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

BENBASAT, I.; GOLDSTEIN, D. K.; MEAD, M.. The Case Research Strategy in Studies of Information Systems. **Mis Quarterly**. Minneapolis, set. 1987. p. 369-386. Disponível em: <<http://www.jstor.org/>>. Acesso em: 04 mar. 2014.

CAMBIAGHI, H.; AMÁ, R.. **Manual de escopo de projetos e serviços de arquitetura e urbanismo**: Indústria imobiliária. São Paulo: AsBEA, [20--]. 131 p.

CAMP, R.. Adaptar criativamente. **HSM Management**, São Paulo, p.64-68, jul-ago. 1997. Bimestral.

CASTELLS, E.J.F.; HEINECK, L.F.M. A aplicação dos conceitos de qualidade de projeto no processo de concepção arquitetônica – uma revisão crítica. In: WORKSHOP NACIONAL: gestão do processo de projeto na construção de edifícios, 2001, São Carlos. **Anais...** São Carlos: EESC/USP, 2001.

CAVALCANTE, L. R.; DE NEGRI, F.. **Trajatória recente dos indicadores de inovação no Brasil**. Brasília: IPEA, 2011. 30 p. Texto para discussão 1659. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1178/1/td_1659.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2014.

CONSTRUÇÃO MERCADO: Negócios de incorporação e construção. São Paulo: Pini, a. 68, n. 166, maio 2015. Mensal.

CHALITA, A. C. C.. **Estrutura de um projeto para produção de alvenarias de vedação com enfoque na construtibilidade e aumento de eficiência na produção**. 2010. 251 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia de Construção Civil, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Construção Civil e Urbana, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

COSTA, A. C. R. et al. Práticas de benchmarking como ferramenta estratégica de competitividade para empresas norteriograndenses. In: CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO

DA REDE NORTE NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA, 2., 2007, Natal. **Artigo**. João Pessoa: CONNEPI, 2007. p. 1 - 9. Disponível em: <http://www.redenet.edu.br/publicacoes/arquivos/20071227_155921_GEST-026.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2015.

COSTA, D. B.. **Diretrizes para concepção, implementação e uso de sistemas de indicadores de desempenho para empresas da construção civil**. 2003. 174 f. Dissertação (Mestrado) - Engenharia Civil, Programa de Pós-graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

_____. **Medição de desempenho para empresas de construção civil**. Goiânia: UFRGS/NORIE, 2005.

COSTA, D. B. et al. **Sistema de indicadores para Benchmarking na construção civil**: manual de utilização. Porto Alegre: NORIE/PPGEC/UFRGS, 2005. 91 p.

FNQ (Brasil). **Fundação nacional da qualidade**. 2014. Disponível em: <<http://www2.fnq.org.br/>>. Acesso em: 06 ago. 2014.

FRANCO, L. S.. **Alvenaria estrutural - conceitos básicos**: custos comparativos. São Paulo: autor, 2014. 24 slides, color.

FREIRE, A. S.. **Indicadores de projeto para edifícios em alvenaria estrutural**. 2007. 138 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Construção Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2007.

GALDAMEZ, E. V. C. Proposta de um sistema de medição de desempenho para **clusters industriais de pequenas e médias empresas**. 2007, 194p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

HIROTA, E. H. et al. **O processo de pesquisa em tecnologia do ambiente construído**: ciência ou consultoria? Salvador:

ENTAC, 2000 (Método de pesquisa).

ISO (Genebra). **ISO 9000 - Quality management**. 2014.

Disponível em:

<http://www.iso.org/iso/home/standards/management-standards/iso_9000.htm>. Acesso em: 01 ago. 2014.

LANTELME, E. M. V.. **Proposta de um sistema de indicadores de qualidade e produtividade para a construção civil**. 1994.

111 f. Dissertação (Mestrado) - Engenharia Civil, Programa de Pós-graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.

LIBRELOTTO, L. I.. **Modelo para avaliação da sustentabilidade na construção civil nas dimensões econômica, social e ambiental (ESA): aplicação no setor de edificações**. 2005. 335 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Programa de Pós-graduação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

_____. **A teoria do equilíbrio: alternativas para a sustentabilidade na construção civil**. Florianópolis: DIOESC, 2012.

LIMA, M. A.. **Modelagem do processo de projeto para produção e intervenção para melhoria com enfoque em etapas críticas da construção civil em construtora do norte do estado de Santa Catarina**. 2014. 143 f. Qualificação (Mestrado) - Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-graduação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014. Trabalho não publicado.

LIMA, P. R. B.. **Consideração do projeto no desempenho dos sistemas construtivos e qualidade da edificação: proposição de um modelo de banco de dados**. 2005. 175 f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia de Estruturas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

MASCARÓ, J. L. (Org). **O custo das decisões arquitetônicas**. 5. ed. Porto Alegre: Masquatro, 2010. 192 p.

MATITZ, Q. R. S.; BULGACOV, S.. O conceito desempenho em estudos organizacionais e estratégia: um modelo de análise multidimensional. **RAC**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 4, p.580-607, jul/ago. 2011. Bimestral. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rac/v15n4/a03v15n4.pdf>>. Acesso em: 14 ago. 2014.

MAYR, L. R.. **Modelo da participação do cliente na produção de edificações por encomenda**. 2007. 161 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Programa de Pós-graduação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

MELHADO, A. R. (Cotia). ProActive Consultoria. **Indicadores de arquitetura**. Disponível em: <<http://www.comunidade-da-construcao.com.br/upload/ativos/273/anexo/indicarquid.pdf>>. Acesso em: 25 ago. 2014.

MELHADO, S. B.. **Qualidade do projeto na construção de edifícios**: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção. 1994. 294 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

_____. **Coordenação de projetos de edificações**. Introdução ao tema. São Paulo: 2005

NOVAES, C. C.. A modernização do setor da construção de edifícios e a melhoria da qualidade do projeto. In: ENTAC, 7., 1998, Florianópolis. **Artigo**. Florianópolis: ANTAC/UFSC, 1998. p. 169 - 176.

OLIVEIRA, M.; FREITAS, H. M. R. de. Indicadores de qualidade de projeto para edificações: o caso do campus universitário da UFRGS. In: ENANPAD, 20., 1996, Angra dos Reis. **Anais...** Angra dos Reis: ANPAD, 1996. p. 127 dos Anais Resumidos.

_____. Informação para a decisão em projetos de obras de edificação: estudo de caso. In: ENTAC, 7., 1998, Florianópolis.

Artigo. Florianópolis: ANTAC/UFSC, 1998. p. 577 - 585.

_____. Seleção de indicadores para tomada de decisão: a percepção dos principais intervenientes na construção civil. **Read**, Porto Alegre, v. 7, n. 6, p.1-24, nov/dez. 2001. Ed. 24.

OLIVEIRA, M.; LANTELME, E.; FORMOSO, C. T.. **Sistema de indicadores de qualidade e produtividade para a construção civil**: manual de utilização. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 1995. 149 p. 3 v. (SEBRAE construção civil).

PBQP-H (Brasil). **Sistema de avaliação da conformidade de empresas de serviços e obras da construção civil - SiAC**. 2012. Disponível em: <http://pbqp-h.cidades.gov.br/projetos_siac.php>. Acesso em: 06 ago. 2014.

_____. **Programa brasileiro de qualidade e produtividade do habitat**. 2014. Disponível em: <<http://pbqp-h.cidades.gov.br/>>. Acesso em: 06 ago. 2014.

RODRIGUES, M. B.. **Diretrizes para a integração dos requisitos de construtibilidade ao processo de desenvolvimento de produto de obras repetitivas**. 2005. 184 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Programa de Pós-graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

SATTLER, M. A.; PEREIRA, F. O. R. (Ed.). **Construção e meio ambiente**. Porto Alegre: ANTAC, 2006. 7 v. (Coletânea Habitare). Disponível em: <http://www.habitare.org.br/ArquivosConteudo/ct_7_comp.pdf>. Acesso em: 27 jan. 2015.

SHINGO, S. **A study of Toyota production system from an industrial engineering viewpoint**. Toquio, Japan Management Association, 1981.

SILVA, G. da. **Sistemas construtivos em concreto armado e em alvenaria estrutural**: uma análise comparativa de custos. 2003. 164 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Centro de Tecnologia,

Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

SOUZA, D. A.. **Análise da elasticidade – atributo do preço em projetos em empreendimentos habitacionais multifamiliares.** 2008. 92 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Programa de Pós-graduação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

SOUZA et al. **Sistemas de gestão da qualidade para empresas construtoras.** São Paulo. PINI, 1994, CTE.

SOUZA, A. L. R. de; MELHADO, S. B.. **O projeto e a qualidade das lajes de concreto armado de edifícios.** São Paulo: Escola Politécnica da USP, 1996. 19 p. Boletim técnico BT/PCC/169.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação.** 4 ed. São Paulo: Cortez Editora, 1988. 107 p.

TIRONI, L. F. et al. **Critérios para geração de indicadores de qualidade e produtividade no serviço público.** Brasília: IPEA, 1991. 16 p. Texto para discussão 238. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1701/1/td_0238.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2014.

_____. **Indicadores da qualidade e produtividade:** Um relato de experiências no setor público. Brasília: IPEA, 1992. 24 p. Texto para discussão 263. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1622/1/td_0263.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2014.

ZUCCHETTI, L.. **A construtibilidade como requisito de avaliação de componentes para a edificação:** o caso do elemento de integração alvenaria/ esquadria. 2010. 175 f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

APÊNDICE A – Modelos e abordagens de sistemas de medição de desempenho

A seguir foram abordadas classificações, diretrizes, sistemas e modelos de medição de desempenho.

A.1 *THE PROFIT IMPACT OF MARKET STRATEGY* (PIMS) *PRINCIPLES* DESENVOLVIDOS POR BUZZEL E GALE (1987)

Buzzel e Gale *apud* Librelotto (2005) estabelecem alguns indicadores através dos princípios *PIMS* relacionados aos campos financeiro, lucratividade, receita, geração de caixa e valor de mercado, onde para a inovação são sugeridos indicadores relacionados ao percentual de vendas dos produtos novos, serviços e despesas com P&D relacionados com as vendas, para aquisição de materiais e equipamentos o indicador é mensurado através da quantidade adquirida dos 3 maiores fornecedores em relação ao total adquirido.

A.2 SISTEMAS GERENCIAIS DE CUSTO COMPATÍVEIS COM AS MUDANÇAS TECNOLÓGICAS ADOTADAS EM AMBIENTES AVANÇADOS DE MANUFATURA PROPOSTOS POR BERLINER E BRINSOM (1988)

Berliner e Brinsom (1988 *apud* LANTELME, 1994) sugerem o desenvolvimento de sistemas que integrem medidas de desempenho operacional (não financeiras) e financeiras. As medidas de desempenho operacional permitem a avaliação da eficácia no atingimento dos objetivos da empresa e melhoram a eficiência dos processos, devendo para isso obedecer alguns princípios:

- a) consistência com os objetivos e metas definidos no planejamento estratégico;
- b) medição das atividades mais expressivas;
- c) fácil adaptação as necessidades e objetivos da empresa;
- d) custo acessível para produção das informações;
- e) disponibilidade em tempo adequado;
- f) o formato da informação deve ser de fácil entendimento, facilitando a tomada de decisão;
- g) aceitação em todos os níveis da empresa.

A.3 MEDIDAS DE PRODUTIVIDADE – UM ESTUDO EM SETE EMPRESAS CANADENSES DESENVOLVIDO POR ARMITAGE E ATKINSON (1990)

Armitage e Atkinson (1990 *apud* LANTELME, 1994) comentam que antes de iniciar o sistema de medição as empresas devem ter conhecimento de quais os fatores importantes como indicadores de desempenho (e sucesso) da organização, de forma que as medidas, ações e decisões da gerência possam estar focadas num pequeno número de itens que os ajudarão a atingir seus objetivos. A partir de seus estudos foram levantados alguns princípios para o desenvolvimento eficaz do sistema:

- a) os fatores medidos devem estar relacionados às atividades a serem controladas com o objetivo de atingir os fatores críticos de sucesso da organização;
- b) as medidas devem ser entendidas por todos;
- c) alguns gerentes preferem que sejam apresentadas medidas operacionais que são mais facilmente interpretadas por todos, focando nos fatores que geram o sucesso e não nos custos e lucros;
- d) outros gerentes já preferem que as medidas operacionais sejam convertidas em medidas financeiras, pois podem permitir uma avaliação global consistente e por serem melhor compreendidas pela alta e média gerência;
- e) as medidas devem ser divulgadas (informação e motivação);
- f) deve haver uma fase de conscientização dos funcionários, enfatizando a importância da sua participação e mostrando que não haverá punição;
- g) Os membros devem levar as medidas a sério e estarem comprometidos com a melhoria do desempenho.

Desta forma os autores chegaram a conclusão de que as medidas financeiras devem ser utilizadas para um controle gerencial avaliando a eficácia deste sistema. No entanto apenas com estas medidas não haverá eficiência nos controles operacionais, para a melhoria no desempenho dos processos são necessárias as medidas operacionais (não financeiras).

A.4 STRATEGY – SEEKING AND SECURING COMPETITIVE ADVANTAGE – FINANCIAL GOALS AND STRATEGIC CONSEQUENCES DESENVOLVIDA POR MONTGOMERY E PORTER (1991)

Montgomery e Porter (1991 *apud* LIBRELOTTO, 2005) desenvolveram uma proposta de indicadores exclusivamente financeiros:

- a) equilíbrio dado pela relação crescimento da receita e rentabilidade do patrimônio;
- b) liquidez;
- c) atividade;
- d) endividamento;
- e) lucratividade.

A.5 ESTRATÉGIAS PARA MEDIÇÃO DA QUALIDADE DOS SERVIÇOS PROPOSTAS POR EARLY (1991)

Early (1991 *apud* LANTELME, 1994) propuseram diretrizes para o desenvolvimento de medições adequadas às empresas:

- a) identificar as necessidades dos clientes externos;
- b) criar medidas de desempenho globais e a partir delas criar medidas para cada processo;
- c) analisar os processos da organização e os relacionar com as necessidades do cliente;
- d) definir qual a precisão para as medidas;
- e) viabilizar a medição: custo das medidas versus benefício que elas trarão;
- f) iniciar com medidas simples e diretas que são melhoradas com o passar do tempo;
- g) adequar as medidas aos níveis de agregação da empresa, para a gerência com monitoramento global e para empregados focando em características discretas.

Assim o modelo propõe a criação de indicadores globais (relacionados com as medidas da satisfação do cliente externo) e um outro nível de indicadores relacionados com os processos, medindo assim a satisfação de clientes externos e internos de um determinado processo. Utilizando uma estrutura dinâmica para buscar a melhoria contínua do sistema de medição.

A.6 CRITÉRIOS PARA A GERAÇÃO DE INDICADORES DE QUALIDADE E PRODUTIVIDADE NO SERVIÇO PÚBLICO (IPEA) PROPOSTOS POR TIRONI ET AL. (1991 E 1992)

Os estudos desenvolvidos por Tironi et al. (1991 e 1992) tem o objetivo de desenvolver uma metodologia para a geração de indicadores de desempenho. Assim os autores resumem a definição de indicadores como uma construção de conceitos que permitam sua mensuração, para isso definiram os seguintes requisitos:

- a) formulação simples, de fácil entendimento e compreensão de todos os envolvidos;
- b) grau satisfatório de representatividade dos resultados;
- c) utilização de dados já disponíveis ou de fácil acesso e confiáveis;
- d) vinculados às principais etapas do processo (críticas para o alcance de resultados ou interfaces de atendimento às necessidades do cliente);
- e) estabilidade, mantendo-se ao longo do tempo através de atividades rotineiras;
- f) rastreabilidade com a documentação da geração, cálculo e levantamento dos dados.

Para isso o estudo sugere que sejam desenvolvidos grupos de trabalho compostos por pessoas envolvidas diretamente no processo, planejamento, administrativo, hierarquia superior e até mesmo consultores externos se possível.

A.7 QUALITY BY DESIGN – MODELO DE JURAN (1992)

Juran (1992 *apud* LIBRELOTTO, 2005) define que o estabelecimento do sistema de medição deve seguir algumas etapas, de forma que seja útil nos 3 processos da qualidade (planejamento, controle e melhoria):

- a) levantamento das necessidades dos clientes (internos e externos);
- b) conversão das necessidades em uma linguagem compreensível pelo mercado, indústria e empresa;
- c) definição de uma unidade de medida;
- d) definição do sensor (método ou instrumento que faça a avaliação e forneça o resultado em números).

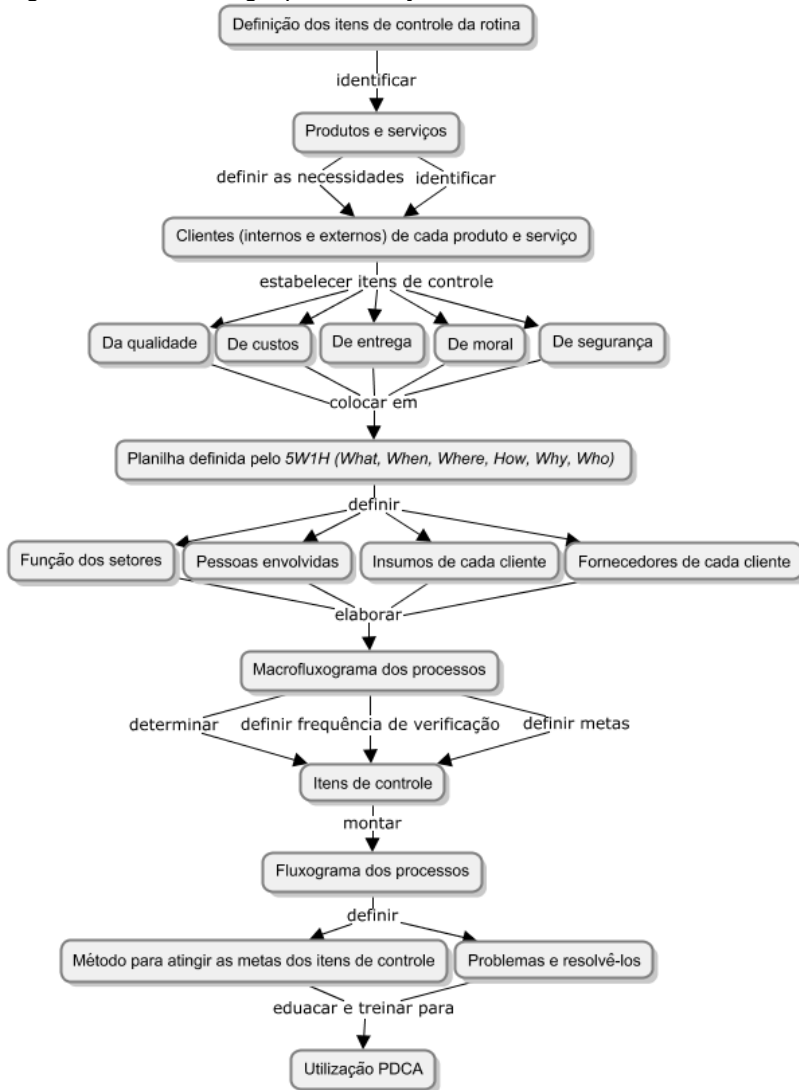
O modelo define alguns momentos de acordo com os objetivos para estas medições:

- a) antes das operações: para possibilitar a antecipação;
- b) durante as operações: manter conformidade com as metas;
- c) após as operações: descobrir o que foi aprendido e retroalimentar o planejamento.

A.8 CONTROLE DA QUALIDADE TOTAL (TQC) – ITENS DE CONTROLE E VERIFICAÇÃO DESENVOLVIDOS POR CAMPOS (1992)

Campos (1992 *apud* LANTELME, 1994) e Librelotto (2005) define que no Controle da Qualidade Total (TQC) para controlar ou gerenciar uma entidade é necessário detectar os problemas, analisar os resultados, buscar suas causas e atuar buscando melhoria nos resultados, isto realizado em todos os níveis hierárquicos. Para isso devem ser estabelecidos itens de controle e verificação, que são índices numéricos sobre os efeitos e as causas de cada processo, o método desenvolvido pelo autor para definição dos itens de controle da rotina está apresentado na Figura 64.

Figura 64 – Metodologia para definição dos itens de controle da rotina



Fonte: adaptada de Campos (1992), ilustração elaborada pela autora (2014).

Assim, para o TQC, o planejamento estratégico é uma ferramenta que busca o monitoramento do desempenho e melhoria da competitividade, sendo a meta a satisfação total de

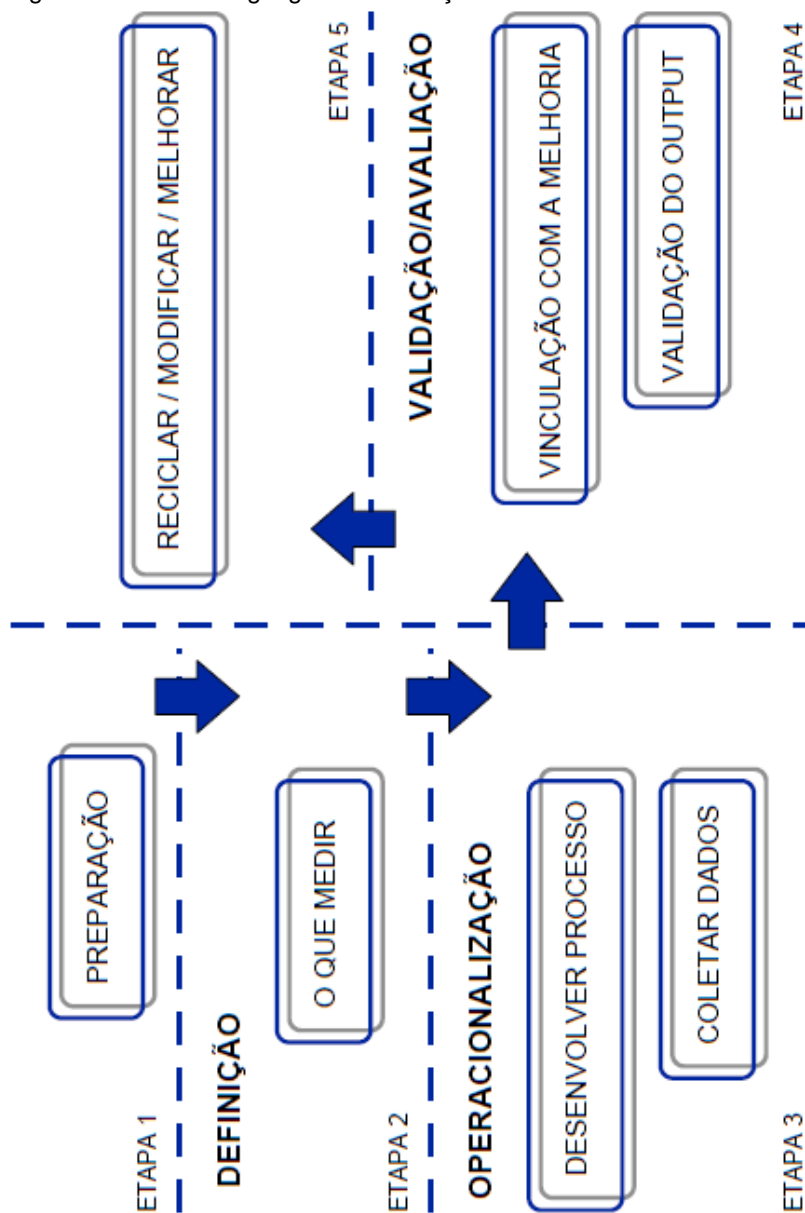
clientes internos e externos, onde a grande quantidade de dados a serem monitorados é apenas um resultado dos processos a serem avaliados. Para isso o TQC utiliza o método Planejar – Executar – Verificar – Atuar corretivamente (PDCA) aplicado no gerenciamento pelas diretrizes, que pode buscar a manutenção ou a melhoria dos resultados:

- a) manutenção dos resultados: neste caso no Planejamento são estabelecidos padrões (faixas de valores aceitáveis) para os itens de controle;
- b) melhoria dos resultados: na etapa de Planejamento são estabelecidas metas (resultado que deve ser alcançado).

A.9 ANÁLISE DE SISTEMAS GERENCIAIS – UMA ABORDAGEM PARA O PLANEJAMENTO E MEDIÇÃO DE DESEMPENHO DESENVOLVIDA POR SINK E TUTTLE (1993)

Sink e Tuttle (1993 *apud* LANTELME, 1994) desenvolveram uma metodologia para medições relacionadas a um processo de melhoria de desempenho, onde devem estar envolvidas todas as pessoas que serão afetadas e que utilizarão as medidas, incluindo desde os especialistas em medição até as pessoas com conhecimento específico no processo a ser medido, já que fica mais fácil implantar um sistema quando a empresa possui uma orientação para a melhoria. O modelo cita algumas fases precedidas por uma etapa de preparação, onde é formada a equipe que desenvolverá o sistema e é criado o clima adequado para a medição. Estas etapas estão apresentadas na Figura 65.

Figura 65 – Metodologia geral da medição



Fonte: Sink e Tuttle (1993 *apud* OLIVEIRA; FREITAS, 1996).

A.10 MODELO PARA DESENVOLVIMENTO DE MEDIDAS DE DESEMPENHO – SINAIS VITAIS DE UMA ORGANIZAÇÃO DESENVOLVIDO POR HRONEC (1993)

Hronec (1993 *apud* LANTELME, 1994) busca dar as pessoas envolvidas no processo uma ferramenta para melhorá-lo através de um sistema que relacione estes processos com a estratégia da organização, para isso seu modelo propõe alguns elementos:

- a) geradores: onde as medidas são geradas através das estratégias da empresa;
- b) facilitadores: envolve a comunicação, treinamento, recompensas e benchmarking que dão apoio à implantação das medidas;
- c) processo: definição dos processos críticos a serem medidos para a organização com base em sua estratégia;
- d) melhoria contínua: feedback que possibilita ajustes de estratégias, medidas e o estabelecimento de novas metas.

Desta forma, com base nas metas da organização, são identificados os objetivos e metas específicos de cada processo que contribuem para o desenvolvimento e implementação das medidas de desempenho, tarefa esta que pode ser feita através das seguintes etapas:

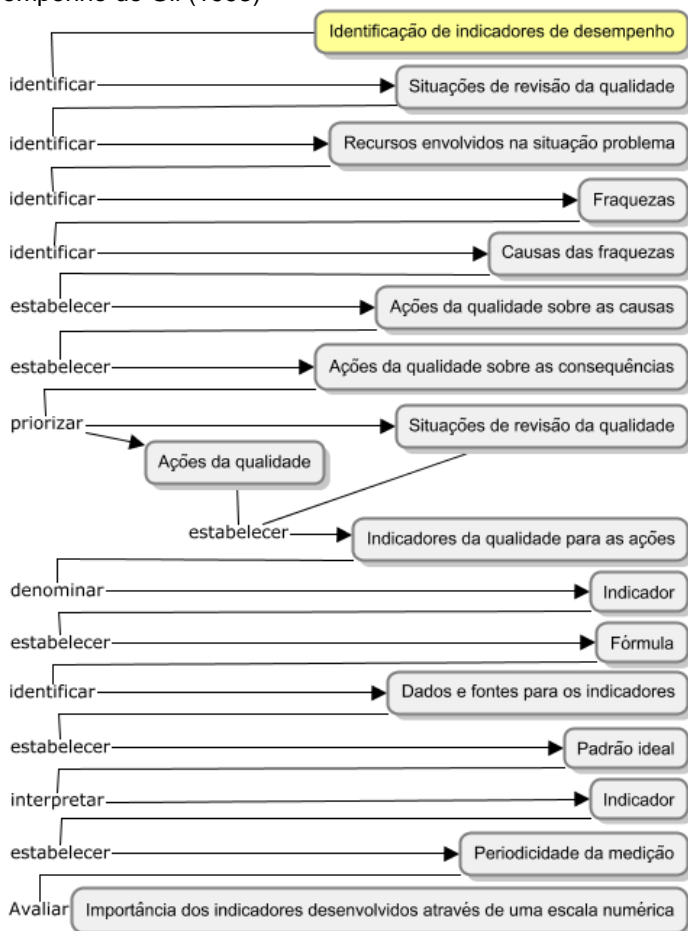
- a) validação do processo de medição e das informações obtidas: para isso devem ser definidos alguns itens como o responsável pela coleta dos dados e divulgação das informações (resultados), definição do que deve ser relatado, da frequência e datas de divulgação, do formato da divulgação e para quem os resultados serão divulgados;
- b) aprovação da gerência para as medidas de desempenho aprovadas;
- c) comunicação e divulgação das medidas de desempenho durante sua implantação;
- d) início das medições e emissão de relatórios;
- e) avaliação da efetividade das medidas;
- f) análise e melhoria contínua das medições.

A.11 INDICADORES DE QUALIDADE ORGANIZACIONAL PROPOSTOS POR GIL (1993)

Gil (1993 *apud* LIBRELOTTO, 2005) define 3 conceitos básicos para a estruturação de indicadores de qualidade: elemento (assunto), fator (combinação de elementos) e métrica. Segundo o autor, com o tempo os indicadores podem se tornar obsoletos, não retratando mais a realidade da organização, por isso devem ser constantemente avaliados e, quando necessário, substituídos ou deixados de lado. A metodologia para identificação de indicadores de desempenho proposta pelo autor está apresentada na Figura 66. Esta deve englobar os níveis operacional, gerencial e estratégico. Para a qualidade o autor sugere alguns indicadores, para os quais devem ser definidos padrões:

- a) dimensionamento dos equipamentos em função do volume e da tecnologia;
- b) controle da mão de obra aplicada na produção;
- c) desperdício na produção;
- d) planejamento da produção;
- e) rotatividade do estoque.

Figura 66 – Metodologia para identificação de indicadores de desempenho de Gil (1993)

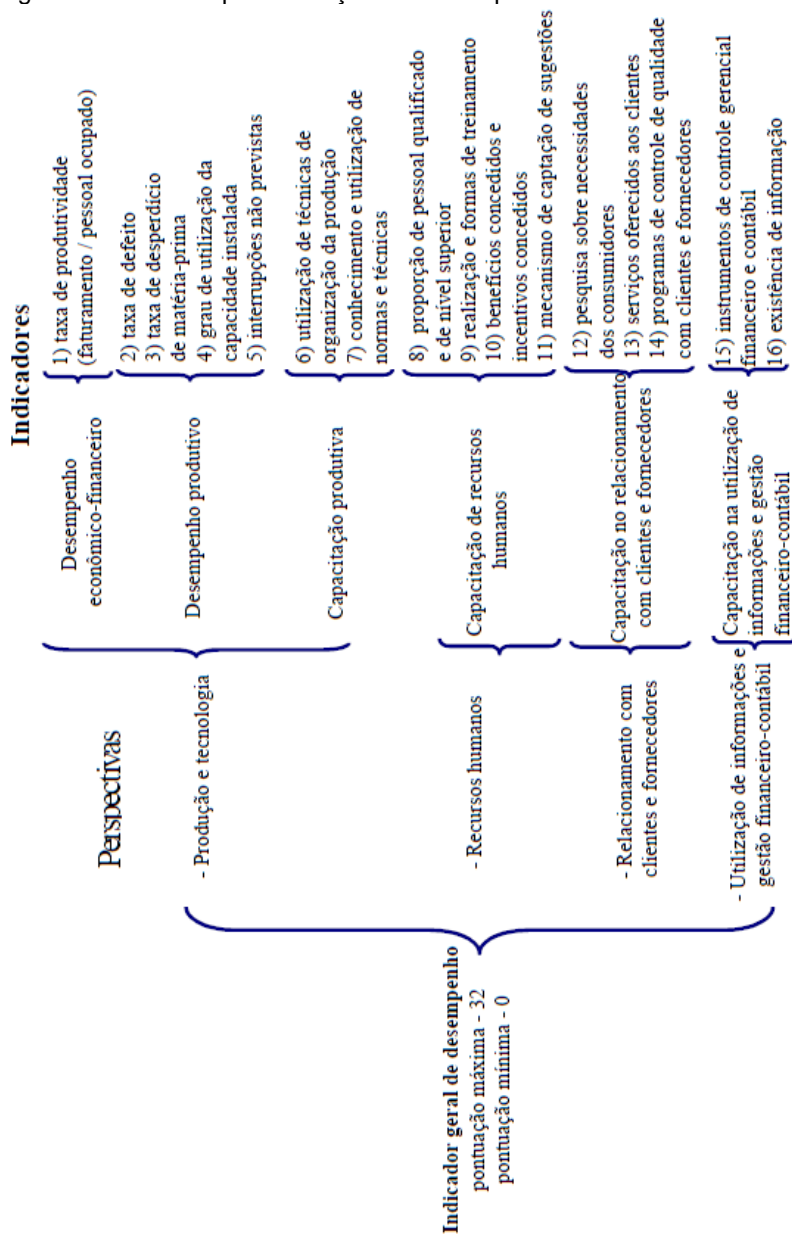


Fonte: adaptada de Gil (1993, *apud* LIBRELOTTO, 2005), ilustração elaborada pela autora (2014).

A.12 MODELO PARA MEDIÇÃO DO DESEMPENHO DO SEBRAE (1993)

SEBRAE (1993 *apud* LIBRELOTTO, 2005) propõe o modelo apresentado na Figura 67, onde cada um dos 16 indicadores pode receber uma pontuação de 0 a 2, sendo o indicador geral a soma destas pontuações.

Figura 67 – Modelo para medição de desempenho

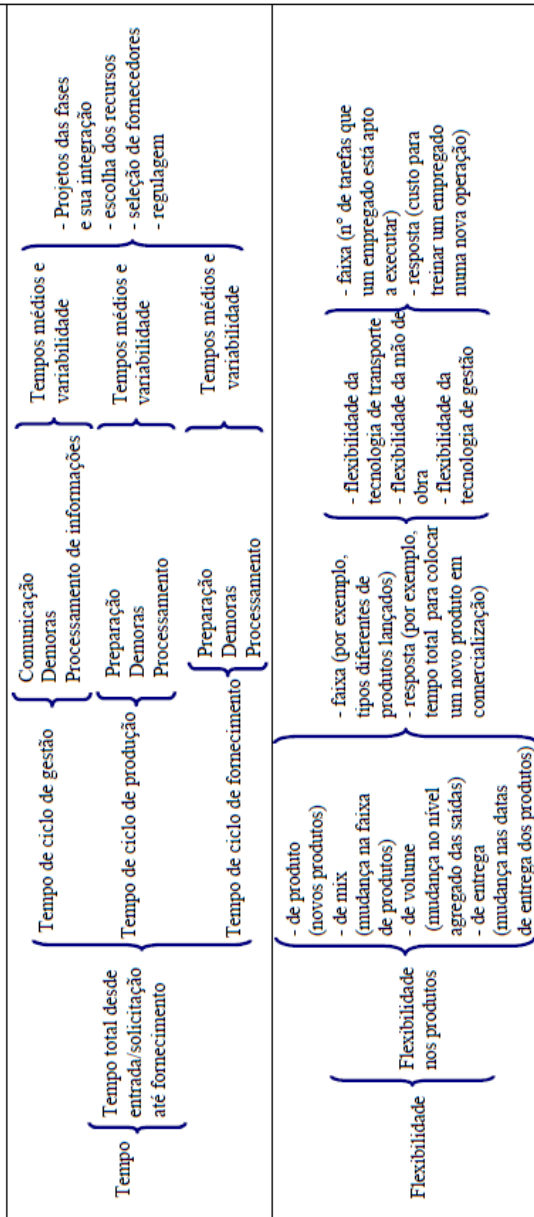


Fonte: SEBRAE (1993 *apud* LIBRELOTTO, 2005).

A.13 INDICADORES DA QUALIDADE E DA PRODUTIVIDADE NA INDÚSTRIA BRASILEIRA DE MUSCAT E FLEURY (1993)

Muscat e Fleury *apud* Librelotto (2005) afirmam que antes de buscar os objetivos deve-se definir qual será a estratégia e fatores críticos de sucesso, podendo optar por estratégias competitivas de custo, qualidade, tempo, flexibilidade e inovação (para a manufatura), onde cada estratégia se desdobra em indicadores de gestão, conforme exemplo apresentado na Figura 68.

Figura 68 – Estratégias e estrutura de indicadores



Fonte: adaptado de Muscat e Fleury (1993), ilustração elaborada por Librelotto (2005).

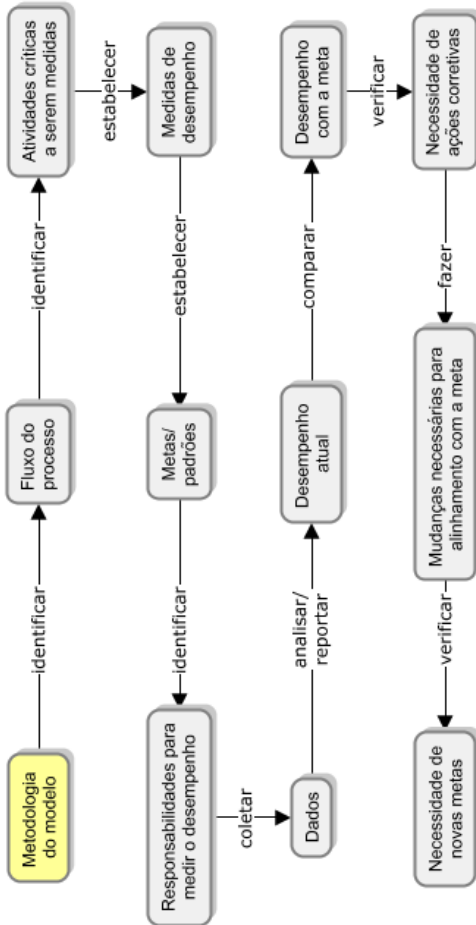
A.14 ELEMENTOS PARA O PLANEJAMENTO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO DE PRODUÇÃO PARA AMBIENTES *JUST-IN-TIME*/CONTROLE DA QUALIDADE TOTAL (*JIT/TQC*) DE MANUFATURA – ESTUDO DE CASO DESENVOLVIDO POR PIRES (1994)

Pires (1994 *apud* LANTELME, 1994) apresentou um estudo de caso onde foram analisadas as novas estratégias de produção de forma a poder desenvolver uma visão global de referência para o planejamento de sistemas de informação. Para isso os dados devem ser gerenciados conforme a necessidade da informação. Estas informações obtidas devem ser avaliadas, verificando assim necessidades de ajustes e melhorias continuamente. O modelo apresenta a necessidade da associação das medidas de desempenho aos diferentes níveis de agregação (estratégico – operacional). Assim existe uma preocupação com a utilização eficaz da informação fornecida e não apenas com seu conteúdo. O modelo sugere que o sistema de informação deva:

- a) ser uma forma gráfica preferencialmente para melhorar o acesso do usuário à informação;
- b) possuir conteúdo compatível com os objetivos estratégicos da organização;
- c) fornecer informações atualizadas e em tempo para sua utilização eficaz;
- d) coletar os dados relacionados às causas dos problemas e focados nos processos críticos da empresa.

A.15 MODELO *FAMILY NEVADA QUALITY FORUM* DE TRADE E PBM-SIG (1995)

Trade e PBM-SIG (1995 *apud* LIBRELOTTO, 2005) no modelo *Family Nevada Quality Forum* estabelecem as seguintes dimensões para a medição de desempenho: efetividade, eficiência, qualidade, confiabilidade, produtividade e segurança. A metodologia é apresentada na Figura 69.

Figura 69 – Metodologia do modelo *Family Nevada Quality Forum*

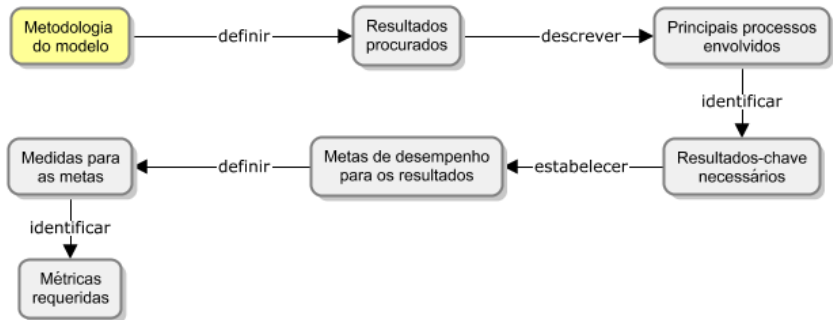
Fonte: adaptada de Trade e PBM-SIG (1995), ilustração elaborada pela autora (2014).

A.16 MODELO SANDIA NATIONAL LABORATORIES DE TRADE E PBM-SIG (1995)

Trade e PBM-SIG (1995 *apud* LIBRELOTTO, 2005), no modelo *Sandia National Laboratories*, associam as etapas da metodologia (Figura 70) com as seguintes leis de desempenho:

- a) tentar ser o melhor em tudo resulta em ser o melhor em nada;
- b) pessoas são mais importantes que os processos, mas um bom processo é importante para as pessoas;
- c) sem descrevê-lo não se pode melhorá-lo;
- d) sem estabelecer metas não se pode valorar;
- e) medir a atividade usualmente melhora a atividade, mas não o resultado;
- f) conhecendo o valor pode-se prever a saída.

Figura 70 – Metodologia do modelo *Sandia National Laboratories*



Fonte: adaptada de Trade e PBM-SIG (1995), ilustração elaborada pela autora (2014).

A.17 GERENCIAMENTO TOTAL DA MELHORIA CONTÍNUA – A NOVA GERAÇÃO DA MELHORIA DO DESEMPENHO DE HARRINGTON E HARRINGTON (1997)

Harrington e Harrington (1997 *apud* LIBRELOTTO, 2005) definiram as considerações, fases da metodologia, fases da medição e quais os item que devem ser avaliados (Quadro 72). Segundo os autores, a medição já deve ser realizada juntamente com os primeiros passos da implementação do sistema, assim

tem-se um referencial de partida. Os resultados são visualizados através de metas de desempenho estabelecidas. Porém, antes disto, a gerência e os acionistas devem definir qual o desempenho esperado para os próximos 5 a 10 anos, e depois comunicar como o mesmo será medido.

Quadro 72 – Definições do sistema de medição

Considerações	Fases da metodologia	Fases de medição	Itens para avaliação do posicionamento da empresa
<ul style="list-style-type: none"> - Motivo da medição; - Onde, quando e o que medir; - Quem são os alvos do sistema; - Quem são os responsáveis pelo sistema. 	<ul style="list-style-type: none"> - Entender as dimensões do processo; - Estabelecer as especificações de eficácia, eficiência e adaptabilidade do processo; - Estabelecer os pontos chave de controle; - Definir sistemas de feedback e processo; - Estabelecer metas organizacionais e de desafio das medidas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Medição de atividade; - Medição dos resultados da melhoria; - Medição dos resultados dos negócios. 	<ul style="list-style-type: none"> - Posição competitiva; - Essências competitivas; - Núcleo de eficiências; - Convicções básicas; - Satisfação do cliente; - Satisfação do empregado; - Sistemas de gestão da qualidade; - Atividades de melhoria bem e mal sucedidas; - Compromisso da organização para melhorar; - Novos programas.

Fonte: adaptado de Harrington e Harrington (1997), quadro elaborado pela autora (2014).

Os autores listam alguns indicadores relacionados com as características: eficácia, eficiência, adaptabilidade, financeiros e de negócios, além dos custos da má qualidade no Quadro 73.

Quadro 73 – Indicadores de desempenho conforme suas características

Eficácia	Geral	Medidas associadas à satisfação dos clientes internos e externos: - confiabilidade, facilidade de uso, capacidade de serviço, receptividade, aparência, erros de produção/ produto, percentagem de entregas em tempo, satisfação do cliente.
	Interna	- palavras que iniciem com re: retrabalho, reparo, reinspeção, etc., erros detectados, mudanças exigidas, interrupções.
	Externa	- entregas atrasadas, reclamações dos clientes, devoluções dentro da garantia, formulários preenchidos erroneamente.
	Eficiência	Recursos usados para produzir um produto: - tempo de ciclo por unidade, tempo de processamento por unidade, recursos usados por unidade, custo do valor agregado por unidade, transações por hora, testes por hora, relatórios por profissional, peças por hora de trabalho.
	Adaptabilidade	Flexibilidade em atender as necessidades especiais dos clientes e as mudanças das suas necessidades: - percentagem de encomendas especiais introduzidas em 8 horas, percentagem de encomendas especiais processadas, percentagem de encomendas especiais garantidas no nível do empregado.
	Financeiros	- retorno sobre investimento, retorno sobre ativo, percentagem de lucro das vendas, ativo, vendas anuais, custos operacionais, capital de contra partida dos acionistas.
	Negócios	Medições não financeiras: - acidentes por 10 mil horas, fatia de mercado, violações de segurança por mês, giro de estoque por ano.
Custo da má qualidade	Direto	- controláveis (prevenção e avaliação), resultantes (erro interno e externo) e de equipamentos.
	Indireto	- custo incorrido pelo cliente, custo da insatisfação do cliente, custo da perda de reputação.

Fonte: adaptado de Harrington e Harrington (1997 *apud* LIBRELOTTO, 2005).

A.18 THE BALANCED SCORECARD (BSC) DE KAPLAN E NORTON (1997)

Kaplan e Norton (1997 *apud* LIBRELOTTO, 2005) propõe alguns indicadores relacionados com 4 perspectivas de forma a traduzir a estratégia de negócio para os processos da organização (Quadro 74).

Quadro 74 – Indicadores conforme as 4 perspectivas

Financeira	Cliente	Processos internos	Aprendizagem e crescimento
<ul style="list-style-type: none"> - Crescimento: % de aumento da receita, % da receita vinda de novos clientes; - Redução de custo/ aumento da produtividade: receita por empregado, custo unitário; - Maximização da utilização de recursos: rentabilidade do património, % da receita, receita investida, tempo de ciclo de caixa; - <i>BET (Break Even Time)</i>: tempo para recuperar o investimento em novos produtos; - Tempo para reduzir os defeitos pela metade. 	<ul style="list-style-type: none"> - Participação no mercado; - Fidelidade; - Entrada de novos clientes; - Satisfação dos clientes; - Lucratividade por cliente; - Valor agregado para o cliente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Medidas nos processos críticos de criação do produto: <i>BET (Break Even Time)</i>, eficácia; - Medidas na fabricação e entrega do produto: consistência do produto, características essenciais, tempo de ciclo; - Medidas para assistir ao cliente no uso do produto: tempo de atendimento, custo da assistência. 	<ul style="list-style-type: none"> - Satisfação extraída da pesquisa de clima; - Rotatividade do pessoal chave; - Valor agregado por pessoa; - Índice de cobertura estratégica da função; - Número de sugestões implementadas; - Tempo de redução de problemas pela metade; - % de objetivos individuais e das equipas alinhadas ao objetivo do negócio; - Eficácia das equipas; - Disponibilidade de informações e cobertura do sistema de informações; - Capacidade de executar planos; - % de gerentes com objetivos pessoais alinhados aos indicadores estratégicos.

Fonte: adaptado de Kaplan e Norton (1997), quadro elaborado pela autora (2014).

A.19 MODELO DE ÑAURI (1998)

Ñauri (1998 *apud* LIBRELOTTO, 2005) define uma metodologia para o estabelecimento de indicadores de desempenho através de 5 fases, que busca ser completo e corrigir deficiências de outros modelos (Quadro 75).

Quadro 75 – Metodologia para o estabelecimento de indicadores de desempenho

1	Definição das metas da organização a partir das estratégias	Deve-se perguntar o por que de algumas organizações conseguirem ter um desempenho excelente e consistente através do tempo enquanto outras tem um desempenho
2	Identificação de fatores críticos de sucesso	Deve-se perguntar quais são os fatores vitais para a empresa atingir suas metas.
3	Determinação das medidas de desempenho de resultados	Deve-se perguntar quais as dimensões que estão associadas ao desempenho global ou ao sucesso da empresa, o que se deseja medir, qual a eficácia, qual a eficiência, qual a rentabilidade e qual a capacidade de inovação.
4	Identificação dos processos críticos para as medidas de resultados e definição das medidas de saídas de processos	4.1 Identificar os processos críticos para garantir o sucesso da empresa.
5	Identificação dos subprocessos críticos para as saídas de processos e definição de medidas de desempenho desses subprocessos	4.2 Definir medidas de desempenho que reflitam ou forneçam sustentação aos resultados obtidos para as saídas dos processos.
	5.1	Identificar os subprocessos críticos para as saídas de processo.
	5.2	Definir as medidas de desempenho de subprocessos.

Fonte: adaptado de Nauri (1998), quadro elaborado pela autora (2014).

A.20 ABORDAGEM PARA O *BENCHMARKING* DE CAMP (1998)

Camp (1998 *apud* LIBRELOTTO, 2005) não chega a abordar o desenvolvimento de indicadores para benchmarking, mas lista algumas vantagens da sua utilização para o estabelecimento do desempenho como:

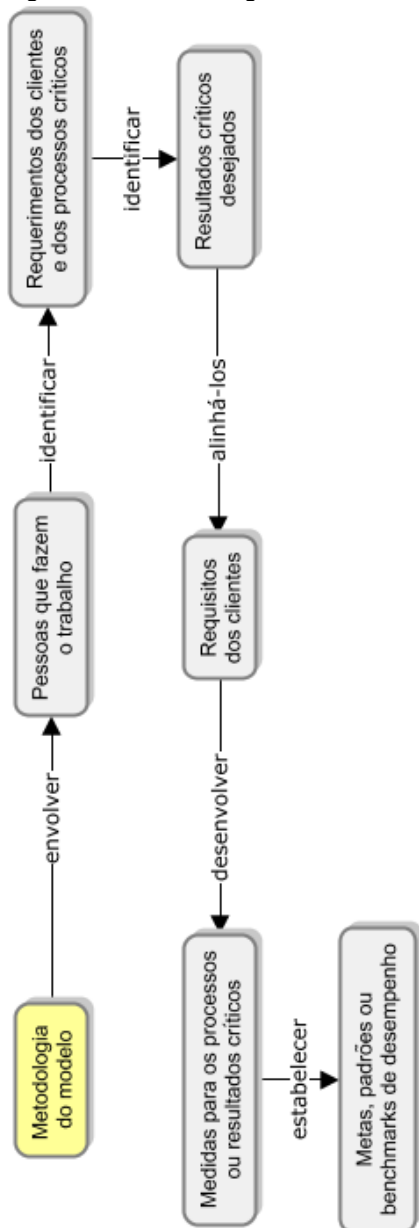
- a) avaliação objetiva das exigências dos clientes em função da realidade de mercado;
- b) fixação de metas e objetivos que buscam liderança da indústria;
- c) solução de problemas através do desenvolvimento de medidas;
- d) real percepção da concorrência;
- e) ideias e práticas de tecnologias novas comprovadas;
- f) desempenho superior como resultado.

Para isso o autor menciona que pode haver a necessidade da incorporação de novas medidas ao sistema existente e seu desdobramento, inclusive com medidas não financeiras.

A.21 MODELO DA UNIVERSIDADE DA CALIFÓRNIA DE TRADE E PBM-SIG (2001)

Trade e PBM-SIG (1995 *apud* LIBRELOTTO, 2005), no modelo da Universidade da Califórnia, estabelecem algumas métricas a partir das dimensões eficiência, efetividade, qualidade, confiabilidade e produtividade através dos passos descritos na Figura 71.

Figura 71 – Metodologia do modelo da Universidade da Califórnia



Fonte: adaptado de Trade e PBM-SIG (2001), ilustração elaborada pela autora (2014).

A.22 MODELO PARA AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL NAS DIMENSÕES ECONÔMICA, SOCIAL E AMBIENTAL (ESA) DE LIBRELOTTO (2005)

Librelotto (2012) enfatiza a necessidade de a empresa equilibrar as dimensões social, econômica e ambiental a fim de assegurar uma vantagem competitiva, para isso desenvolveu um sistema de indicadores capaz de classificar a empresa e auxiliar a tomada de decisões.

O Modelo ESA, proposto por Librelotto (2005) tem como objetivo posicionar a empresa da construção civil segundo a estrutura de mercado e a conduta empresarial através da avaliação do desempenho nas dimensões econômica, social e ambiental (ESA). Para que seja feito o diagnóstico da construtora, o Modelo ESA se baseou no modelo introduzido por Scherer e Ross em 1990 que foi desenvolvido através do paradigma estrutura-conduta-desempenho criado por Mason e Bain na década de 1930.

A.23 SISTEMA DE INDICADORES PARA *BENCHMARKING* NA CONSTRUÇÃO CIVIL DE COSTA ET AL. (2005)

Oliveira, Lantelme e Formoso (1995) mencionam mais de 180 indicadores, no entanto através de uma seleção que considerou os interesses e a viabilidade para implantação pelas construtoras, a existência de valores de referência e as principais dificuldades enfrentadas pelas construtoras, foram deletados 28 indicadores. Este trabalho que iniciou em 1993 foi sendo aprimorado através de projetos financiados pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e Fundação de apoio à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS).

A partir de 2003, com o apoio do CNPq, foi desenvolvido pelo Núcleo Orientado para Inovação da Edificação do Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (NORIE/PPGEC/UFRGS) um Sistema de Indicadores para *Benchmarking* na Indústria da Construção (SISIND-NET), utilizando instrumentos da tecnologia da informação. Este sistema apresenta um conjunto de 18 indicadores apresentado no Quadro 76 (COSTA et al., 2005).

Quadro 76 – Sistema de indicadores para *benchmarking*

	INDICADOR	FÓRMULA DE CÁLCULO
PRODUÇÃO E SEGURANÇA	Desvio de Custo da Obra	$(\text{Custo real} - \text{custo orçado} / \text{custo orçado}) \times 100$
	Desvio de Prazo da Obra	$(\text{Prazo real} - \text{prazo previsto} / \text{prazo previsto}) \times 100$
	Percentual de Planos Concluídos	$(\text{Número de pacotes de trabalho } 100\% \text{ concluídos} / \text{Número de pacotes de trabalho planejados}) \times 100$
	Índice de Boas Práticas de Canteiros de Obras	$(\text{Somatório dos pontos obtidos} / \text{Total de itens avaliados}) \times 10$
	Taxa de Frequência de Acidentes	$(\text{Número de acidentes ocorridos no mês com afastamento de um dia} / \times 10^6 / \text{número de horas trabalhadas por todos os funcionários da empresa no mês})$
CLIENTE	Índice de Satisfação do Cliente Usuário	$\text{Somatório de notas de um conjunto de itens com notas de } 0 \text{ a } 10 / \text{Total do conjunto de itens}$
	Índice de Satisfação do Cliente Contratante	$\text{Somatório de notas de um conjunto de itens com notas de } 0 \text{ a } 10 / \text{Total do conjunto de itens}$
VENDAS	Velocidade de Vendas	$(\text{Número de unidades vendidas} / \text{Número de unidades à venda}) \times 100$
	Índice de Contratação	$(\text{N}^{\circ} \text{ obras ganhas} / \text{Número de propostas}) \times 100 (\text{Valor dos contratos} / \text{Valor total orçado}) \times 100$
FORNECEDORES	Avaliação de Fornecedores de Serviços	$\text{Somatório de notas de um conjunto de itens com notas de } 0 \text{ a } 10 / \text{Total do conjunto de itens}$
	Avaliação de Fornecedores de Materiais	$\text{Somatório de notas de um conjunto de itens com notas de } 0 \text{ a } 10 / \text{Total do conjunto de itens}$
	Avaliação de Fornecedores de Projetos	$\text{Somatório de notas de um conjunto de itens com notas de } 0 \text{ a } 10 / \text{Total do conjunto de itens}$
QUALIDADE	Número de Não Conformidades em Auditorias	Número de não conformidades encontradas em auditorias internas Número de não conformidades encontradas em auditorias externas
	Índice de Não Conformidade na Entrega do Imóvel	$(\text{Número de não conformidade} / \text{Número de verificações}) \times 100$
PESSOAS	Índice de Satisfação do Cliente Interno nas Obras	$\text{Somatório de notas de um conjunto de itens com notas de } 0 \text{ a } 10 / \text{Total do conjunto de itens}$
	Índice de Satisfação do Cliente Interno na Sede	$\text{Somatório de notas de um conjunto de itens com notas de } 0 \text{ a } 10 / \text{Total do conjunto de itens}$
	Índice de Treinamento	$\text{Número total de horas de treinamento} / \text{Efetivo médio}$
	Percentual de Funcionários Treinados	$(\text{Número de funcionários treinados} / \text{Efetivo médio}) \times 100$

Fonte: adaptado de Costa et al. (2005).

A.24 ISO 9000 - *QUALITY MANAGEMENT* (ISO, 2014)

De acordo com ABNT/CB-25 (2014) a ISO 9001: 2015 está passando por um processo de revisão (no momento do estudo) sendo este o último estágio sujeito a comentários pelos países membros e que em seguida passará por um processo de votação, devendo então substituir a atual ISO 9001: 2008. Segundo ISO (2014) esta substituição deve ocorrer ao final de 2015.

De acordo com ISO (2014), existem alguns padrões de certificação:

- a) ISO 9001: 2008: que define os requisitos para um sistema de gestão da qualidade;
- b) ISO 9000: 2005: que aborda os conceitos básicos e linguagem;
- c) ISO 9004: 2009: que se concentra em como fazer um sistema de gestão da qualidade mais eficiente e eficaz;
- d) ISO 19011: 2011: que define orientações sobre as auditorias internas e externas do sistemas de gestão de qualidade.

A.24.1 ISO 9001: 2008 - *Quality Management Systems* (ISO, 2014)

A ISO 9001: 2008 pode ser utilizada por qualquer organização (independente de seu tamanho) e já foi implementada por mais de 1 milhão de empresas em mais de 170 países. Ela define os critérios para um sistema de gestão da qualidade com foco no cliente, alta gestão, processos e melhoria contínua. Através de certificação que garanta que os clientes recebam produtos e serviços consistentes e de boa qualidade, esta certificação é fornecida após processos de auditorias internas e externas.

A.25 PROGRAMA BRASILEIRO DE QUALIDADE E PRODUTIVIDADE DO HABITAT (PBQP-H, 2014)

O programa iniciou em 1998 como Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade na Construção Habitacional, mas no ano de 2000 seu escopo foi ampliado, incluindo também as áreas de saneamento e infraestrutura urbana, alterando seu nome para

Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H, 2014).

De acordo com PBQP-H (2014), o programa possui a meta de organizar o setor da construção civil através da melhoria da qualidade do habitat e a modernização produtiva, com o objetivo em longo prazo de diminuir o déficit habitacional, com soluções mais baratas e com melhor qualidade, principalmente para as habitações de interesse social. Para isso o programa desenvolve algumas ações como:

- a) avaliação da conformidade de empresas de serviços e obras;
- b) melhoria da qualidade de materiais;
- c) formação e requalificação da mão de obra;
- d) normalização técnica;
- e) capacitação de laboratórios;
- f) avaliação de tecnologias inovadoras;
- g) informação ao consumidor;
- h) promoção da comunicação entre os setores envolvidos.

O PBQP-H é de adesão voluntária e tem diversas parcerias, dentre elas a Caixa Econômica Federal (CEF) e o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). Como principais agentes encontram-se os contratantes (setor público), os agentes do setor (fabricantes de materiais e componentes), as instituições (agentes financiadores, de fomento, de fiscalização e de direito econômico) e os consumidores que se comprometem com a exigência de produtos inseridos no programa de alguma forma.

Desta forma a participação das empresas que aderirem ao programa tem objetivos definidos e um determinado tempo para alcançá-los, com a mensuração destes fatores através da aplicação de indicadores de desempenho (PBQP-H, 2014).

A.25.1 Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras (SiAC)

Hoje, já existem mais de 3000 empresas privadas ativas no programa. O SiAC tem o objetivo de avaliar o sistema de gestão da qualidade das empresas, considerando seus aspectos específicos no setor da construção civil, tomando como base ainda a série de normas ISO 9000. Ele possui alguns princípios:

abrangência nacional, caráter evolutivo e proativo, flexibilidade, sigilo, independência e harmonia com o INMETRO (PBQP-H, 2014).

Para isso utiliza de outros sistemas de gestão como *PDCA* (*Plan-Do-Check-Act*), por exemplo. Como um dos princípios do SiAC é seu caráter evolutivo, são estabelecidos níveis de avaliação do sistema de gestão da qualidade progressivos. No ANEXO A são demonstrados os requisitos exigidos para os níveis A e B, onde os do nível A atendem completamente as exigências da ISO 9001, permitindo que a empresa solicite esta certificação simultaneamente à do PBQP-H (PBQP-H, 2012).

Para cada um destes requisitos o SiAC direciona a empresa sobre a forma como isto deve ser feito. Para assegurar seu caráter evolutivo e a abrangência, o sistema propõe o uso de indicadores de desempenho, que estão focados principalmente na qualidade do processo de implantação do sistema de gestão da qualidade, qualidade do processo construtivo e qualidade do produto (PBQP-H, 2014).

A.25.2 Sistema de Qualificação de Empresas de Materiais, Componentes e Sistemas Construtivos (SiMAC)

Segundo PBQP-H (2014), hoje o SiMAC possui 25 programas setoriais em monitoramento. Através dos valores citados a seguir é possível verificar os resultados que estão sendo atingidos com este sistema:

- a) antes da implantação do sistema: índice médio de não-conformidade de 50%;
- b) após a implementação dos programas setoriais da qualidade: índice médio de não-conformidade de 20%.

Também fez com que cerca de 90% das normas técnicas do setor de construção civil fossem publicadas em sua maior parte por indução do programa, estimulando assim a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico e de novos padrões de qualidade (PBQP-H, 2014).

A.26 FUNDAÇÃO NACIONAL DA QUALIDADE (FNQ, 2014)

De acordo com FNQ (2014) esta abordagem é baseada no Modelo de Excelência da Gestão (MEG), que é formada por treze fundamentos e oito critérios, definindo assim uma metodologia

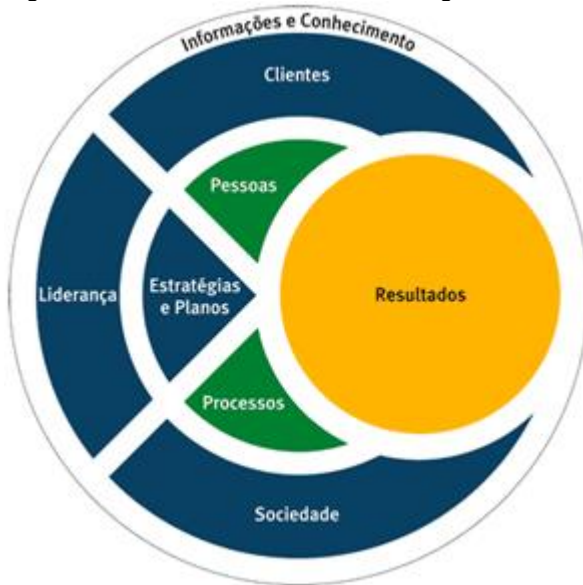
para avaliar, auto avaliar e reconhecer as boas práticas de gestão. A FNQ surgiu em 1991, após a abertura da economia brasileira, onde viu-se a necessidade de se adotar padrões internacionais como uma forma de orientação à busca pela qualidade e competitividade. Desta forma a entidade surgiu para administrar o Prêmio Nacional da Qualidade (PNQ) inicialmente com o nome de Fundação para o Prêmio Nacional da Qualidade (FPNQ). Em 2005 sofreu uma reestruturação adquirindo o nome utilizado hoje - Fundação Nacional da Qualidade (FNQ).

Esta nova estruturação tem a missão de estimular e apoiar organizações através dos fundamentos e critérios de excelência, buscando a evolução de sua gestão de forma a se tornarem cada vez mais sustentáveis, cooperativas e que agreguem valores para a sociedade (FNQ, 2014).

A.26.1 Modelo de excelência da gestão (MEG)

Os 13 fundamentos sobre os quais este modelo se baseia são: pensamento sistêmico, atuação em rede, aprendizado organizacional, inovação, agilidade, liderança transformadora, olhar para o futuro, conhecimento sobre clientes e mercados, responsabilidade social, valorização das pessoas e da cultura, decisões fundamentadas, orientação por processos e geração de valor. Para que os fundamentos sejam colocados em prática, existem 8 critérios (Figura 72): liderança, estratégias e planos, clientes, sociedade, informações e conhecimento, pessoas, processos e resultados. Assim o modelo vê a empresa como um sistema orgânico que se adapta ao ambiente, onde os fundamentos devem ser mensuráveis e possíveis de serem alcançados. Isto é obtido através de ações gerenciais que envolvam questionamento e respostas por meio de um resultado qualitativo ou quantitativo. Para esta avaliação são utilizados os critérios, que devem vir embasados em evidências. Assim o sistema de pontuação avalia os processos gerenciais e os resultados organizacionais, determinando assim o nível de maturidade da gestão (FNQ, 2014).

Figura 72 – Critérios de excelência da gestão



Fonte: FNQ (2014).

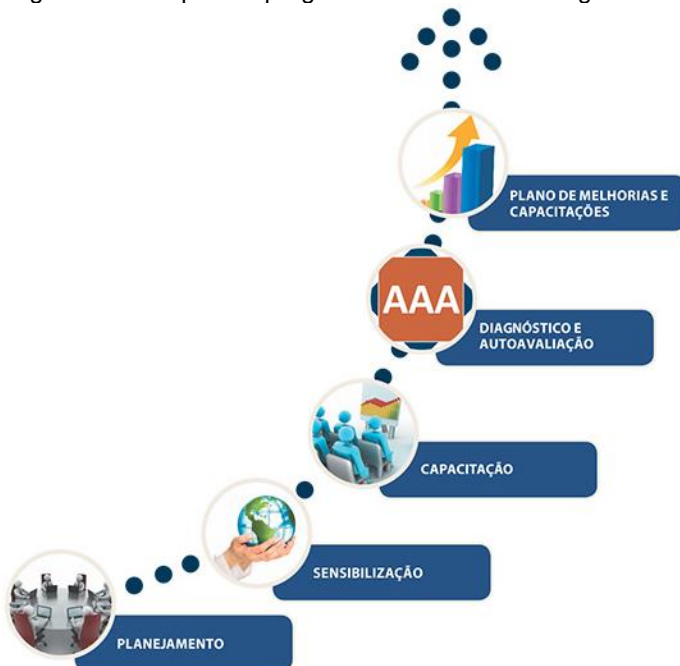
A.26.2 Programa de excelência da gestão (PEG)

Este programa é baseado no Modelo de Excelência da Gestão (MEG) e é uma parceria entre a FNQ e as empresas. Para isso a empresa que decide participar do programa passa por algumas etapas (Figura 73). Estas que devem levar a empresa aos seguintes resultados (FNQ, 2014):

- a) diagnóstico da maturidade da gestão perante um modelo referencial reconhecido internacionalmente;
- b) capacitação no Modelo de Excelência da Gestão (MEG);
- c) visão sistêmica da organização;
- d) foco nos resultados;
- e) melhores índices econômico-financeiros;
- f) maior cooperação interna;
- g) compartilhamento de informações e aprendizado;
- h) identificação de pontos fortes e oportunidades para a melhoria;
- i) reconhecimento do mercado e da

- j) aumento da produtividade e competitividade;
- k) fortalecer conceitos gerenciais por meio de casos de sucesso.

Figura 73 – Etapas do programa de excelência da gestão



Fonte: FNQ (2014).

A.26.3 Prêmio nacional da qualidade (PNQ)

Esta é uma premiação anual concedida pela FNQ para as empresas referência em gestão no país, por sua liderança em qualidade, produtividade, competitividade e gestão. As empresas que se candidatam devem realizar uma análise da sua gestão de forma aprofundada e com a orientação da FNQ, onde geram um relato organizacional. Os resultados são apresentados através de pontuação adaptada ao Modelo de Excelência da Gestão (MEG) para cada um de seus 8 critérios (FNQ, 2014).

A.26.4 Indicador nacional da maturidade da gestão (INMG)

Este indicador foi criado em 2011 e avalia em que estágio as empresas usuárias do Modelo de Excelência da Gestão (MEG) estão na aplicação das boas práticas. Desta forma ele fornece uma medida de posição representativa do desempenho mediano da organização para as participantes nos prêmios de gestão, servindo assim de *benchmark* para seu nível de maturidade de gestão em relação às demais empresas participantes (FNQ, 2014).

APÊNDICE B – Quadros que relacionam os indicadores com as perguntas do questionário

Os quadros apresentados a seguir (Quadro 77 e Quadro 78) são parte da tese de doutorado de Librelotto (2005), onde os números das questões foram adaptados conforme o questionário apresentado no ANEXO E, também da mesma autora. Já as caracterizações de cada item como fraco, intermediário ou forte são resultado da aplicação deste questionário na construtora em estudo.

Quadro 77 – Relação entre indicadores de desenvolvimento de produtos/ processos e questionário

Sigla	Nome do indicador	Questão	Fraca	Intermediária	Forte
DPPA	Produtos ambientalmente corretos	2.1		X	
		2.2			X
DPAP	Análise do ciclo de vida de produtos e serviços	2.3	X		
DPDT	Desenvolvimento e introdução de tecnologias	2.4			X
		2.5	X		
		2.6			X
		2.7			X
		2.8		X	
		2.9			X
		2.10		X	
		2.11			X
		2.12	X		
		2.13			X
DPPQ	Produtos com qualidade	2.14	X		
		2.15		X	
		2.16			X
DPPR	Padronização e racionalização dos produtos	2.17			X
		2.18			X
		2.19		X	
DPFP	Flexibilização dos produtos	2.20		X	
		2.21		X	
DPDP	Diferenciação dos produtos	6.1			X
		2.22			X
		1.1	X		
DPPP	Desenvolvimento de projetos para a produção	2.23			X
		2.24			X
DPCP	Compatibilidade e coordenação de projetos	2.25		X	
DPES	Engenharia simultânea	2.25		X	
DP	Desenvolvimento de produtos/processos				

Fonte: da autora (2014)

Quadro 78 – Relação entre indicadores de produção e manutenção e questionário

Sigla	Nome do indicador	Questão	Fraca	Intermediária	Forte
PMIA	Aspectos e impactos ambientais	3.1		X	
		3.2			X
PMIS	Aspectos e impactos sociais	3.3			X
		3.4		X	
		3.5		X	
		3.2			X
PMIE	Aspectos e impactos econômicos	3.6			X
		3.7		X	
		3.2			X
PMPU	Prestação de serviços ao usuário final	3.8			X
PMMP	Manutenção preventiva de equipamentos	3.9		X	
PMCO	Controles operacionais	3.10			X
PMAE	Atendimento a situações de emergência	3.11			X
PMOL	Organização e limpeza	3.12	X		
PMPE	Produção enxuta	1.1	X		
		2.22			X
		3.13	X		
		3.14			X
		3.15			X
		3.16			X
		3.17	X		
		3.18	X		
		4.1			X
		4.2			X
		4.3			X
		4.4	X		
		4.5	X		
		4.6			X
		5.1			X
		5.2		X	
		5.3			X
		5.4	X		
6.2			X		
PMPP	Planejamento da produção	3.13	X		
		3.14			X
		3.15			X
		3.19		X	
		3.20	X		
		3.21			X
		3.10			X
PM	Produção e manutenção				

Fonte: da autora (2014)

APÊNDICE C – Avaliação dos indicadores da conduta

No Quadro 79 estão apresentados os resultados dos indicadores da construtora em estudo para avaliação da conduta empresarial, referentes aos indicadores Desenvolvimento de Produtos/ Processos (PD) e Produção e Manutenção (PM), conforme Librelotto (2005).

Quadro 79 – Resultados dos indicadores da conduta

Sigla	Nome do indicador	Fraca	Intermediária	Forte
DPPA	Produtos ambientalmente corretos		X	
DPAP	Análise do ciclo de vida de produtos e serviços	X		
DPDT	Desenvolvimento e introdução de tecnologias			X
DPPQ	Produtos com qualidade	X		
DPPR	Padronização e racionalização dos produtos			X
DPFP	Flexibilização dos produtos		X	
DPDP	Diferenciação dos produtos		X	
DPDLP	Diversificação da linha de produtos		X	
DPPP	Desenvolvimento de projetos para a produção			X
DPCP	Compatibilidade e coordenação de projetos		X	
DPES	Engenharia simultânea		X	
DP	Desenvolvimento de Produtos/ Processos		X	
PMIA	Aspectos e impactos ambientais		X	
PMIS	Aspectos e impactos sociais		X	
PMIE	Aspectos e impactos econômicos			X
PMPU	Prestação de serviços ao usuário final			X
PMMP	Manutenção preventiva de equipamentos		X	
PMCO	Controles operacionais			X
PMAE	Atendimento a situações de emergência			X
PMOL	Organização e limpeza	X		
PMPE	Produção enxuta			X
PMPP	Planejamento da produção			X
PM	Produção e Manutenção			X

Fonte: da autora (2014)

APÊNDICE D – Indicadores de construtibilidade selecionados para o estudo piloto

Os indicadores de construtibilidade selecionados são os indicadores que provavelmente farão parte do grupo final por diversos motivos como: facilidade de medição, disponibilidade de dados, relevância, entre outras características que já permitem sua quantificação ainda nas fases iniciais de um projeto. Estes indicadores, bem como as informações necessárias para seu cálculo, estão apresentados no Quadro 80.

Quadro 80 – Indicadores de construtibilidade para o estudo piloto

Continua

COMPACIDADE DO PAVIMENTO TIPO		
Fórmula	$I_{cmp} (\%) = 100 \times \frac{2\sqrt{A_p \times \pi}}{P_p}$	
Variáveis	A_p (m ²)	Área do pavimento tipo
	P_p (m)	Perímetro
OBS	Deve-se tomar cuidado na análise deste indicador, pois é igual a 100% corresponde a um círculo. Conforme já apresentado na revisão bibliográfica, o quadrado, que possui índice de compactidade menor do que o do círculo, ainda é melhor em termos de construtibilidade. Isto ao serem analisadas as formas tradicionais de construção, como estrutura com formas de madeira e concreto moldado <i>in loco</i> , por exemplo.	
Menor - Pior	Fator de análise do resultado	Maior - Melhor
COMPACIDADE CONSIDERANDO A ALTURA DA TORRE		
Fórmula	$I_{cma} (\%) = \frac{I_{cmp}}{\sqrt{N_p}}$	
Variáveis	I_{cmp} (%)	Índice de compactidade do pavimento tipo
	N_p (unid)	Número de pavimentos tipo
Menor - Pior	Fator de análise do resultado	Maior - Melhor

Fonte: da autora (2015).

Quadro 80 – Indicadores de construtibilidade para o estudo piloto

Continuação

COMPACIDADE DO PAVIMENTO TIPO (ECONÔMICO)		
Fórmula	$I_{ecm} (\%) = 100 \times \frac{2\sqrt{A_p \times \pi}}{Pr + 1,5P_c + \frac{Nr}{2}}$	
Variáveis	Ap (m ²)	Área do pavimento tipo
	Pr (m)	Perímetro das paredes retas
	Pc (m)	Perímetro das paredes curvas
	Nr (unid)	Número de arestas no perímetro
Menor - Pior	Fator de análise do resultado	Maior - Melhor
ÁREA PRIVATIVA		
Fórmula	$I_{pri} (\%) = 100 \times K_a \times \frac{A_i}{A_e}$	
Variáveis	Ka (unid)	Relação ótima entre área equivalente e área privativa conforme quantidade de vagas de garagem por apartamento (tabelado)
	Ai (m ²)	Área privativa total (sem garagens)
	Ae (m ²)	Área equivalente total, onde a área de cada ambiente (inclusive das garagens), deve ser multiplicada pelo seu coeficiente de equivalência
OBS	Este indicador era inicialmente a área equivalente em relação à área privativa, a relação foi invertida para que quanto maior o índice melhores sejam os resultados. Foi acrescentada a variável Ka para que fosse possível a ponderação proposta por Mascaró (2010), criando uma proporcionalidade com a quantidade de vagas de garagem por apartamento.	
Menor - Pior	Fator de análise do resultado	Maior - Melhor

Fonte: da autora (2015).

Quadro 80 – Indicadores de construtibilidade para o estudo piloto

Continuação

GARAGEM		
Fórmula	$I_{gar} (\%) = 100 \times K_g \times \frac{N_v}{A_g}$	
Variáveis	Kg (m ²)	Área da garagem ótima conforme a área privativa do apartamento (tabelado)
	Nv (unid)	Número total de vagas de garagem
	Ag (m ²)	Área total de garagem
OBS	Este indicador era inicialmente a área de garagem em relação à quantidade de vagas, a relação foi invertida para que quanto maior o índice melhores sejam os resultados. Foi acrescentada a variável Kg para que fosse possível a ponderação proposta por Mascaró (2010), criando uma proporcionalidade com o tamanho dos apartamentos.	
Menor - Pior	Fator de análise do resultado	Maior - Melhor
FACHADA NO PAVIMENTO TIPO		
Fórmula	$I_{fac} (\%) = 100 \times \left(\frac{A_p}{P_p \times H_p} - 1 \right)$	
Variáveis	Ap (m ²)	Área do pavimento tipo
	Pp (m)	Perímetro do ambiente
	Hp (m)	Pé direito de piso a piso do pavimento tipo
OBS	Este indicador era inicialmente a área de fachada em relação à área do pavimento, a relação foi invertida para que quanto maior o índice melhores sejam os resultados.	
Menor - Pior	Fator de análise do resultado	Maior - Melhor

Fonte: da autora (2015).

Quadro 80 – Indicadores de construtibilidade para o estudo piloto

Continuação

ESQUADRIAS NO PAVIMENTO TIPO		
Fórmula	$I_{esq} (\%) = 100 \times \left(1 - \frac{\sum Aq}{H_p \times \sum Pa} \right)$	
Variáveis	Aq (m ²)	Área das esquadrias do pavimento tipo
	H _p (m)	Pé direito de piso a piso do pavimento tipo
	Pa (m)	Perímetro das paredes do pavimento tipo
OBS	Este indicador era inicialmente a área de esquadrias em relação à área de alvenarias, a relação foi invertida para que quanto maior o índice melhores sejam os resultados. Também foi utilizado o pé direito de piso a piso ao invés do pé direito real de cada parede (descontando vigas e lajes) para facilitar os cálculos. Além de que, desta forma, é possível calcular este indicador mesmo sem as formas do projeto estrutural.	
Menor - Pior	Fator de análise do resultado	Maior - Melhor
ÁREA COMUM NO PAVIMENTO TIPO		
Fórmula	$I_{com} (\%) = 100 \times K_c \times \frac{N_n}{A_c}$	
Variáveis	K _c (m ²)	Área de uso comum ótima conforme a quantidade de apartamentos por andar (tabelado)
	N _n (unid)	Número de apartamentos por andar
	A _c (m ²)	Área de uso comum no pavimento tipo
OBS	Este indicador era inicialmente a área de uso comum em relação à quantidade de apartamentos por andar, a relação foi invertida para que quanto maior o índice melhores sejam os resultados. Foi acrescentada a variável A _c para que fosse possível a ponderação proposta por Mascaró (2010), criando uma proporcionalidade com a quantidade de apartamentos por andar.	
Menor - Pior	Fator de análise do resultado	Maior - Melhor

Fonte: da autora (2015).

Quadro 80 – Indicadores de construtibilidade para o estudo piloto
 Continuação

ÁREA ÚTIL NO PAVIMENTO TIPO		
Fórmula	$I_{uti} (\%) = 100 \times \left(1 - \frac{K_p \times A_r}{A_p} \right)$	
Variáveis	Kp (m)	Pé direito médio dividido pelas densidades ótimas em relação ao pavimento tipo (tabelado)
	Ar (m²)	Projeção da área das paredes no pavimento tipo
	Ap (m²)	Área do pavimento tipo
OBS	Este indicador era inicialmente a densidade de paredes em relação à área do pavimento tipo, a relação foi invertida para que quanto maior o índice melhores sejam os resultados, resultando assim em outro indicador muito comum, que é a área útil em relação à área do pavimento. Foi acrescentada a variável Kp para que fosse possível a ponderação proposta por Mascaró (2010), criando uma proporcionalidade com o tamanho dos apartamentos. Esta variável foi obtida dividindo um valor médio de pé direito de 2,6m por sugestões de valores ótimos apresentadas pelo autor na bibliografia.	
Menor - Pior	Fator de análise do resultado	Maior - Melhor
ÁREA COM PISO SECO NO PAVIMENTO TIPO		
Fórmula	$I_{sec} (\%) = 100 \times \left(1 - \frac{\sum A_m}{A_p} \right)$	
Variáveis	Am (m²)	Área impermeabilizada no pavimento tipo
	Ap (m²)	Área do pavimento tipo
OBS	Este indicador era inicialmente a área de piso molhado em relação à área do pavimento tipo, a relação foi invertida para que quanto maior o índice melhores sejam os resultados. Resulta assim em outro indicador, que é a área de piso seco em relação à área do pavimento. Para evitar dúvidas no que considerar como piso molhado, o termo foi substituído por área a ser impermeabilizada, já que hoje em dia, por exemplo, muitas construtoras não colocam mais ralos em cozinhas e áreas de serviço, não considerando assim estas como áreas molhadas.	
Menor - Pior	Fator de análise do resultado	Maior - Melhor

Fonte: da autora (2015).

Quadro 80 – Indicadores de construtibilidade para o estudo piloto

Continuação

TIPOLOGIA DAS CIRCULAÇÕES NO PAVIMENTO TIPO		
Fórmula	$I_{tip} (\%) = 100 \times K1 \times K2$	
Variáveis	K1 (unid)	Coeficiente em função da área média dos apartamentos (tabelado)
	K2 (unid)	Coeficiente em função da quantidade de pavimentos tipo (tabelado)
OBS	A tabela para cálculo deste indicador foi feita com base em valores apresentados por Mascaró (2010) em seu estudo.	
Menor - Pior	Fator de análise do resultado	Maior - Melhor
ÁREA DE ESTAR DOS APARTAMENTOS		
Fórmula	$se \frac{As}{\sum Ad} \leq Ke: I_{est} (\%) = 100 \times \left(\frac{As}{Ke \times \sum Ad} \right)$ $se \frac{As}{\sum Ad} \geq Ke: I_{est} (\%) = 100 \times \left(2 - \frac{As}{Ke \times \sum Ad} \right)$	
Variáveis	Ke (unid)	Relação ótima entre área de estar e dormitórios (tabelado)
	Ad (m ²)	Área de cada dormitório do apartamento
	As (m ²)	Área de estar do apartamento
OBS	Este indicador era inicialmente a área de estar em relação à área dos dormitórios, a relação foi invertida para que quanto maior o índice melhores sejam os resultados. Foi acrescentada a variável Ke para que fosse possível a ponderação proposta por Mascaró (2010), criando uma proporcionalidade com a quantidade de dormitórios por apartamento.	
Menor - Pior	Fator de análise do resultado	Maior - Melhor

Fonte: da autora (2015).

Quadro 80 – Indicadores de construtibilidade para o estudo piloto

Continuação

MODULAÇÃO NO PAVIMENTO TIPO		
Fórmula	$I_{mod} (\%) = 100 \times \frac{\sum Nm}{\sum NI}$	
Variáveis	Nm (unid)	Número de medidas modulares, deve-se considerar medidas múltiplas do módulo + 1 cm (junta de argamassa)
	NI (unid)	Número de medidas levantadas, sugere-se 2 medidas internas por ambiente.
OBS	No caso de projetos onde não foi utilizada modulação, podem ser consideradas as medidas múltiplas de 5 cm.	
Menor - Pior	Fator de análise do resultado	Maior - Melhor
FORMATO DOS DORMITÓRIOS		
Fórmula	$I_{dor} (\%) = 100 \times \frac{2\sqrt{Ad \times \pi}}{Pr + 1,5Pc + \frac{Nr}{2}}$	
Variáveis	Ad (m ²)	Área de cada dormitório do apartamento
	Pr (m)	Perímetro das paredes retas
	Pc (m)	Perímetro das paredes curvas
	Nr (unid)	Número de arestas no perímetro
OBS	Mascaró (2010) sugere que os dormitórios devem ter a forma mais compacta possível, por isso a utilização do índice de compactidade econômico para esta avaliação.	
Menor - Pior	Fator de análise do resultado	Maior - Melhor

Fonte: da autora (2015).

Quadro 80 – Indicadores de construtibilidade para o estudo piloto

Continuação

FORMATO DE SALAS DE ESTAR E JANTAR INTEGRADAS		
Fórmula	$\text{se } \frac{Le}{La} \leq 0,5: Isal (\%) = 100 \times \left(\frac{Le}{0,5 \times La} \right)$ $\text{se } \frac{Le}{La} \geq 0,5: Isal (\%) = 100 \times \left(2 - \frac{Le}{0,5 \times La} \right)$	
Variáveis	Le (m)	Lado menor das salas de jantar e estar integradas
	La (m)	Lado maior das salas de jantar e estar integradas
OBS	Este indicador foi criado com base na sugestão de Mascaró (2010), onde as salas de estar e jantar devem possuir relação de lados em torno de 1:2, devido à múltipla função do ambiente.	
Menor - Pior	Fator de análise do resultado	Maior - Melhor
FORMATO DAS COZINHAS		
Fórmula	$Icoz (\%) = 100 \times \left(1 - \frac{2\sqrt{Ao \times \pi}}{Pp} \right)$	
Variáveis	Ao (m ²)	Área da cozinha do apartamento (se houver área de serviço conjugada, considerá-la também)
	Pp (m)	Perímetro do ambiente
OBS	Para este caso, foi criado um indicador que fosse o inverso do índice de compacidade, pois segundo Mascaró (2010), para cozinhas, quanto maior o perímetro melhor. Não foi utilizado o índice de compacidade econômico para não criar a falsa impressão de que curvas e arestas aumentam o perímetro a ser utilizado para bancadas e eletrodomésticos.	
Menor - Pior	Fator de análise do resultado	Maior - Melhor

Fonte: da autora (2015).

Quadro 80 – Indicadores de construtibilidade para o estudo piloto

Continuação

FORMATO DAS SACADAS		
Fórmula	$Isac (\%) = 100 \times \frac{2\sqrt{Aa \times \pi}}{Pr + 1,5Pc + \frac{Nr}{2}}$	
Variáveis	Aa (m ²)	Área de cada sacada do apartamento
	Pr (m)	Perímetro das paredes retas
	Pc (m)	Perímetro das paredes curvas
	Nr (unid)	Número de arestas no perímetro
OBS	Mascaró (2010) sugere que as sacadas devem ter a forma mais compacta possível, por isso a utilização do índice de compacidade econômico para esta avaliação. Segundo o autor, sacadas compactas podem reduzir o custo por metro quadrado de 5 a 20%.	
Menor - Pior	Fator de análise do resultado	Maior - Melhor
SACADAS RECUADAS		
Fórmula	$Isar (\%) = 100 \times \frac{\sum Pe}{\sum Pl}$	
Variáveis	Pe (m)	Somatório dos perímetros laterais recuados das sacadas em relação a projeção da torre
	Pl (m)	Somatório dos perímetros laterais tanto recuados quanto em balanço das sacadas em relação à projeção da torre
OBS	Segundo Mascaró (2010), uma sacada em balanço pode custar de 10 a 20% mais do que uma recuada. Este indicador foi criado para medir esta relação. Não foram considerados o perímetro do lado interno e do lado externo, pois estes geralmente se encontram encostados na torre e para o lado externo, respectivamente.	
Menor - Pior	Fator de análise do resultado	Maior - Melhor

Fonte: da autora (2015).

Quadro 80 – Indicadores de construtibilidade para o estudo piloto

Continuação

PROCESSO CONSTRUTIVO ADOTADO		
Fórmula	$I_{pro} (\%) = 100 \times K3$	
Variáveis	K3 (unid)	Coefficiente em função do processo construtivo adotado e da quantidade de pavimentos tipo (tabelado)
OBS	A tabela para cálculo deste indicador foi feita com base em valores apresentados por Mascaró (2010) em seu estudo.	
Menor - Pior	Fator de análise do resultado	Maior - Melhor
DENSIDADE DE PILARES		
Fórmula	$se \frac{A_p}{N_i} \leq 15: I_{pil} (\%) = 100 \times \left(\frac{A_p}{15 \times N_i} \right)$ $se \frac{A_p}{N_i} \geq 15: I_{pil} (\%) = 100 \times \left(2 - \frac{A_p}{15 \times N_i} \right)$	
Variáveis	<p>A_p (m²)</p> <p>N_i (unid)</p>	<p>Área do pavimento tipo</p> <p>Quantidade de pilares considerando que pilares de 2 a 3 m de largura contam como 1,5 pilar; pilares com mais de 3 m contam como 2 pilares; pilares em forma de L contam como 2 pilares e pilares em forma de U contam como 3 pilares (ASSAHI, 2014)</p>
Menor - Pior	Fator de análise do resultado	Maior - Melhor
DENSIDADE DE VIGAS		
Fórmula	$se \frac{C_v}{A_p} \leq 0,45: I_{vig} (\%) = 100 \times \left(\frac{C_v}{0,45 \times A_p} \right)$ $se \frac{C_v}{A_p} \geq 0,45: I_{vig} (\%) = 100 \times \left(2 - \frac{C_v}{0,45 \times A_p} \right)$	
Variáveis	<p>A_p (m²)</p> <p>C_v (m)</p>	<p>Área do pavimento tipo</p> <p>Comprimento das vigas</p>
Menor - Pior	Fator de análise do resultado	Maior - Melhor

Fonte: da autora (2015).

Quadro 80 – Indicadores de construtibilidade para o estudo piloto

Continuação

ÁREA MÉDIA DE LAJES		
Fórmula	$se \frac{Ap}{Nj} \leq 25: I_{laj} (\%) = 100 \times \left(\frac{Ap}{25 \times Nj} \right)$ $se \frac{Ap}{Nj} \geq 25: I_{laj} (\%) = 100 \times \left(2 - \frac{Ap}{25 \times Nj} \right)$	
Variáveis	A_p (m ²)	Área do pavimento tipo
	N_j (unid)	Número de lajes no pavimento tipo
Menor - Pior	Fator de análise do resultado	Maior - Melhor
PADRONIZAÇÃO DE PILARES		
Fórmula	$I_{ppi} (\%) = \frac{100}{N_e}$	
Variáveis	N_e (unid)	Número de pilares diferentes (não considerar altura) no pavimento tipo
OBS	Oliveira, Lantelme e Formoso (1995) sugerem que este indicador seja a relação entre elementos diferentes e a área do pavimento tipo. A área do pavimento tipo foi retirada do indicador, pois tem pouca ou nenhuma interferência na possibilidade de padronização dos elementos estruturais. A relação também foi invertida, para que quanto maiores os valores, melhores os resultados.	
Menor - Pior	Fator de análise do resultado	Maior - Melhor

Fonte: da autora (2015).

Quadro 80 – Indicadores de construtibilidade para o estudo piloto

Continuação

PADRONIZAÇÃO DE VIGAS		
Fórmula	$I_{pvi} (\%) = \frac{100}{N_g}$	
Variáveis	Ng (unid)	Número de vigas diferentes (não considerar comprimento) no pavimento tipo
OBS	Oliveira, Lantelme e Formoso (1995) sugerem que este indicador seja a relação entre elementos diferentes e a área do pavimento tipo. A área do pavimento tipo foi retirada do indicador, pois tem pouca ou nenhuma interferência na possibilidade de padronização dos elementos estruturais. A relação também foi invertida, para que quanto maiores os valores, melhores os resultados.	
Menor - Pior	Fator de análise do resultado	Maior - Melhor
PADRONIZAÇÃO DE LAJES		
Fórmula	$I_{pla} (\%) = \frac{100}{N_s}$	
Variáveis	Ns (unid)	Número de lajes diferentes (considerar apenas espessura) no pavimento tipo
OBS	Oliveira, Lantelme e Formoso (1995) sugerem que este indicador seja a relação entre elementos diferentes e a área do pavimento tipo. A área do pavimento tipo foi retirada do indicador, pois tem pouca ou nenhuma interferência na possibilidade de padronização dos elementos estruturais. A relação também foi invertida, para que quanto maiores os valores, melhores os resultados.	
Menor - Pior	Fator de análise do resultado	Maior - Melhor

Fonte: da autora (2015).

Quadro 80 – Indicadores de construtibilidade para o estudo piloto

Continuação

CONSTRUTIBILIDADE SEGUNDO OS AGENTES DO PROJETO		
Fórmula	$Icns (\%) = 100 \times \frac{\sum Nc}{Nt - \sum Na}$	
Variáveis	Nc (unid)	Número de pontos obtidos no check list (Anexo C), sendo 1 ponto para "sim", 0,5 ponto para "parcialmente" e 0 ponto para "não".
	Nt (unid)	Número total de itens do <i>check list</i> .
	Na (unid)	Itens "não se aplica" do <i>check list</i> .
Menor - Pior	Fator de análise do resultado	Maior - Melhor
PADRONIZAÇÃO DE ESQUADRIAS		
Fórmula	$Ipes (\%) = 100 \times \frac{No}{Nq}$	
Variáveis	No (unid)	Quantidade de esquadrias de tipos diferentes (ex: porta e janela)
	Nq (unid)	Quantidade de esquadrias de tipos e dimensões diferentes (ex: porta de 60, porta de 80, janela de 120, janela de 150 cm de largura)
Menor - Pior	Fator de análise do resultado	Maior - Melhor
VIABILIDADE		
Fórmula	$Ivia (CUBs) = Ae \times Ks$	
Variáveis	Ae (m ²)	Área equivalente total, onde a área de cada ambiente (inclusive das garagens), deve ser multiplicada pelo seu coeficiente de equivalência
	Ks (unid)	Coeficiente que relaciona o custo em CUB/m ² com o padrão do empreendimento
OBS	Este indicador fornece uma estimativa mais real dos custos do empreendimento do que a multiplicação da área construída pelo CUB. No entanto é importante considerar acréscimos relativos ao valor do terreno, terraplenagem e fundações fora do padrão, por exemplo.	
Menor - Melhor	Fator de análise do resultado	Maior - Pior

Fonte: da autora (2015).

Quadro 80 – Indicadores de construtibilidade para o estudo piloto

Conclusão

ÍNDICE GERAL DE CONSTRUTIBILIDADE		
Fórmula	$I_{gco} (\%) = \frac{\sum I_{xxx}}{Nd}$	
Variáveis	Ixxx (unid)	Indicadores calculados, exceto viabilidade e índice de compacidade
	Nd (unid)	Quantidade total de indicadores que farão parte do índice geral de construtibilidade
OBS	Vários indicadores tiveram suas relações invertidas para que este indicador pudesse ser calculado. O indicador índice de compacidade não deve ser utilizado, pois o índice econômico de compacidade representa melhor a construtibilidade do projeto. O indicador viabilidade também não deve fazer parte do grupo, pois seu objetivo é estimar um custo em CUBs, que deve ser analisado separadamente. Este índice pode ter mais ou menos indicadores incorporados ao seu cálculo, dadas as condições de cada projeto. Caso a quantidade de apartamentos de cada tipo seja diferente, também é possível que se aplique pesos.	
	Menor - Pior	Fator de análise do resultado
		Maior - Melhor

Fonte: da autora (2015).

Algumas variáveis apresentadas são tabeladas, os quadros a seguir (Quadro 81 a Quadro 83) apresentam estes valores.

Quadro 81 – Variáveis tabeladas Ka, Kc, Ks, Kg, Kp e Ke

Vagas por apartamento	Ka	Área dos apartamentos	Kg
1	1,20	70 a 100 m ²	20
2	1,25	100 a 140 m ²	22
3	1,30	140 a 240 m ²	23
Apartamentos por andar	Kc	240 a 400 m ²	25
1	22	Área dos apartamentos	Kp
2	16	70 a 100 m ²	1,3
4	8	100 a 240 m ²	1,4
6	7	240 a 400 m ²	1,5
8	6	Dormitórios por apartamento	Ke
Padrão do empreendimento	Ks	1	1,2
Simplex Sem elevador	0,6	2	0,95
Simplex Com elevador	0,8	3	0,7
Médio Com elevador	1,1		

Fonte: da autora (2015).

Quadro 82 – Variáveis tabeladas K1 e K2

Tipologias A e C				Tipologias B e D			
Apto (m²)	K1	K2	Pvto	Apto (m²)	K1	K2	Pvto
< 30	1	Np/5	< 5	< 30	At/30	1	< 5
		1	5 a 15			1	5 a 15
		1	> 15			15/Np	> 15
30 a 60	1	Np/5	< 5	30 a 60	1	1	< 5
		1	5 a 15			1	5 a 15
		1	> 15 pvto			15/Np	> 15 pvto
> 60	60/At	Np/5	< 5	> 60	1	1	< 5
		1	5 a 15			1	5 a 15
		1	> 15			15/Np	> 15
Variáveis	Np (unid)		Número de pavimentos tipo				
	At (m²)		Área média dos apartamentos				

Fonte: da autora (2015).

Quadro 83 – Variável tabelada K3

K3			
Processo construtivo	< 6 pavimentos	6 a 40 pavimentos	> 40 pavimentos
Alvenaria	1	6/Np	6/Np
Concreto	Np/6	1	40/Np
Aço	Np/40	Np/40	1
Variáveis	Np (unid)		Número de pavimentos tipo

Fonte: da autora (2015).

APÊNDICE E – Levantamento de dados do empreendimento M

No Quadro 84 estão as variáveis utilizadas no cálculo dos indicadores do empreendimento M. O Quadro 85 ao Quadro 89 apresentam as planilhas utilizadas no levantamento de algumas variáveis.

O Quadro 89 apresentado neste apêndice terá seus valores utilizados também para o empreendimento S, pois a entrevista foi feita durante a elaboração desta dissertação e não durante cada obra.

Quadro 84 – Variáveis do empreendimento M

Continua

Variáveis para cálculo dos indicadores		
		Variáveis calculadas com planilhas
		Variáveis preenchidas manualmente
		Variáveis para escolha da equação
Empreendimento: M		
SIGLA	VALOR	DESCRIÇÃO
Ac (m ²)	42,62	Área de uso comum no pavimento tipo
Ae (m ²)	9772,92	Área equivalente total, onde a área de cada ambiente (inclusive das garagens), deve ser multiplicada pelo seu coeficiente de equivalência
Ag (m ²)	2110,12	Área total de garagem
Ai (m ²)	6071,62	Área privativa total (sem garagens)
Am (m ²)	43,41	Área impermeabilizada no pavimento tipo
Ap (m ²)	445,76	Área do pavimento tipo
Aq (m ²)	170,61	Área das esquadrias do pavimento tipo
Ar (m ²)	58,83	Projeção da área das paredes no pavimento tipo
At (m ²)	67,46	Área média dos apartamentos
Cv (m)	310,59	Comprimento das vigas
Hp (m)	2,75	Pé direito de piso a piso do pavimento tipo
Ka (unid)	1,20	Relação ótima entre área equivalente e área privativa conforme quantidade de vagas de garagem por apartamento (tabelado)
Kc (m ²)	7,00	Área de uso comum ótima conforme a quantidade de apartamentos por andar (tabelado)
Kg (m ²)	20,00	Área da garagem ótima conforme a área privativa do apartamento

Fonte: da autora (2015).

Variáveis para cálculo dos indicadores		
		Variáveis calculadas com planilhas
		Variáveis preenchidas manualmente
		Variáveis para escolha da equação
Empreendimento: M		
SIGLA	VALOR	DESCRIÇÃO
Kp (m)	1,30	Pé direito médio dividido pelas densidades ótimas em relação ao pavimento tipo (tabelado)
Ks (unid)	1,10	Coefficiente que relaciona o custo em CUB/m ² com o padrão do empreendimento
K1 (unid)	0,89	Coefficiente em função da tipologia das circulações e da área média dos apartamentos (tabelado)
K2 (unid)	1,00	Coefficiente em função da tipologia das circulações e da quantidade de pavimentos tipo (tabelado)
K3 (unid)	1,00	Coefficiente em função do processo construtivo adotado e da quantidade de pavimentos tipo (tabelado)
Na (unid)	0,00	Itens "não se aplica" do check list.
Nc (unid)	19,50	Número de pontos obtidos no check list (Anexo C), sendo 1 ponto para "sim", 0,5 ponto para "parcialmente" e 0 ponto para "não".
Ne (unid)	8,00	Número de pilares diferentes (não considerar altura) no pavimento tipo
Ng (unid)	10,00	Número de vigas diferentes (não considerar comprimento) no pavimento tipo
Ni (unid)	51,00	Quantidade de pilares considerando que pilares de 2 a 3 m contam como 1,5 pilar; pilares com mais de 3 m contam como 2 pilares; pilares em forma de L contam como 2 pilares e pilares em forma de U contam como 3 pilares
Nj (unid)	41,00	Número de lajes no pavimento tipo
Nl (unid)	108,00	Número de medidas levantadas, sugere-se 2 medidas internas por ambiente.

Fonte: da autora (2015).

Quadro 84 – Variáveis do empreendimento M

Continuação

Variáveis para cálculo dos indicadores		
	Variáveis calculadas com planilhas	
	Variáveis preenchidas manualmente	
	Variáveis para escolha da equação	
Empreendimento: M		
SIGLA	VALOR	DESCRIÇÃO
Nm (unid)	46,00	Número de medidas modulares, deve-se considerar 1 ponto para medidas múltiplas do módulo + 1 cm (junta de argamassa)
Nn (unid)	6,00	Número de apartamentos por andar
No (unid)	5,00	Quantidade de esquadrias de tipos diferentes (ex: porta e janela)
Np (unid)	8,00	Número de pavimentos tipo
Nq (unid)	8,00	Quantidade de esquadrias de tipos e dimensões diferentes (ex: porta de 60, porta de 80, janela de 120, janela de 150 cm de largura)
Nr (unid)	42,00	Número de arestas no perímetro
Ns (unid)	2,00	Número de lajes diferentes (considerar apenas espessura) no pavimento tipo
Nt (unid)	32,00	Número total de itens do check list.
Nv (unid)	112,00	Número total de vagas de garagem
Pa (m)	414,69	Perímetro das paredes do pavimento tipo
Pc (m)	29,55	Perímetro das paredes curvas
Pe (m)	9,36	Somatório dos perímetros laterais recuados das sacadas em relação a projeção da torre
Pl (m)	17,42	Somatório dos perímetros laterais tanto recuados quanto em balanço das sacadas em relação à projeção da torre
Pp (m)	112,47	Perímetro do ambiente
Pr (m)	82,92	Perímetro das paredes retas
Ap/Ni	8,74	Condicionante para escolha da equação de cálculo da Densidade de Pilares (I _{pil})
Cv/Ap	0,70	Condicionante para escolha da equação de cálculo da Densidade de Vigas (I _{vig})
Ap/Nj	10,87	Condicionante para escolha da equação de cálculo da Área Média de Lajes (I _{laj})

Fonte: da autora (2015).

Variáveis para cálculo dos indicadores		
		Variáveis calculadas com planilhas
		Variáveis preenchidas manualmente
		Variáveis para escolha da equação
Empreendimento: M		
SIGLA	VALOR	DESCRIÇÃO
Apartamento Tipo A		
As (m ²)	6,07	Área de estar do apartamento
Ke (unid)	0,70	Relação ótima entre área de estar e dormitórios (tabelado)
La (m)	4,83	Lado maior das salas de jantar e estar integradas
Le (m)	2,40	Lado menor das salas de jantar e estar integradas
As/Ad	0,24	Condicionante para escolha da equação de cálculo da Área de Estar dos Apartamentos (lest)
Le/La	0,50	Condicionante para escolha da equação de cálculo do Formato das Salas de Estar e Jantar Integradas (lsal)
Cozinha e área de serviço		
Ao (m ²)	6,35	Área da cozinha do apartamento (se houver área de serviço conjugada, considerá-la também)
Pp (m)	11,13	Perímetro do ambiente
Suíte		
Ad (m ²)	9,15	Área de cada dormitório do apartamento
Nr (unid)	6	Número de arestas no perímetro
Pc (m)	0	Perímetro das paredes curvas
Pr (m)	12,71	Perímetro das paredes retas
Dormitório 1		
Ad (m ²)	8,69	Área de cada dormitório do apartamento
Nr (unid)	4	Número de arestas no perímetro
Pc (m)	0	Perímetro das paredes curvas
Pr (m)	12,04	Perímetro das paredes retas
Dormitório 2		
Ad (m ²)	7,52	Área de cada dormitório do apartamento
Nr (unid)	6	Número de arestas no perímetro
Pc (m)	0	Perímetro das paredes curvas
Pr (m)	11,38	Perímetro das paredes retas

Fonte: da autora (2015).

Quadro 84 – Variáveis do empreendimento M

Continuação

Variáveis para cálculo dos indicadores		
		Variáveis calculadas com planilhas
		Variáveis preenchidas manualmente
		Variáveis para escolha da equação
Empreendimento: M		
SIGLA	VALOR	DESCRIÇÃO
Apartamento Tipo A		
Sacada sala		
Aa (m ²)	2,42	Área de cada sacada do apartamento
Nr (unid)	8	Número de arestas no perímetro
Pc (m)	0	Perímetro das paredes curvas
Pr (m)	6,8	Perímetro das paredes retas
Sacada suíte		
Aa (m ²)	3,11	Área de cada sacada do apartamento
Nr (unid)	5	Número de arestas no perímetro
Pc (m)	5,36	Perímetro das paredes curvas
Pr (m)	6,54	Perímetro das paredes retas
Apartamento Tipo B		
As (m ²)	5,18	Área de estar do apartamento
Ke (unid)	0,95	Relação ótima entre área de estar e dormitórios (tabelado)
La (m)	4,76	Lado maior das salas de jantar e estar integradas
Le (m)	2,32	Lado menor das salas de jantar e estar integradas
As/Ad	0,28	Condicionante para escolha da equação de cálculo da Área de Estar dos Apartamentos (Iest)
Le/La	0,49	Condicionante para escolha da equação de cálculo do Formato das Salas de Estar e Jantar Integradas (Isal)
Cozinha e área de serviço		
Ao (m ²)	6,34	Área da cozinha do apartamento (se houver área de serviço conjugada, considerá-la também)
Pp (m)	11,13	Perímetro do ambiente

Fonte: da autora (2015).

Variáveis para cálculo dos indicadores		
		Variáveis calculadas com planilhas
		Variáveis preenchidas manualmente
		Variáveis para escolha da equação
Empreendimento: M		
SIGLA	VALOR	DESCRIÇÃO
Apartamento Tipo B		
Suíte		
Ad (m ²)	10,68	Área de cada dormitório do apartamento
Nr (unid)	8,00	Número de arestas no perímetro
Pc (m)	0,00	Perímetro das paredes curvas
Pr (m)	15,28	Perímetro das paredes retas
Dormitório 1		
Ad (m ²)	7,63	Área de cada dormitório do apartamento
Nr (unid)	4	Número de arestas no perímetro
Pc (m)	0	Perímetro das paredes curvas
Pr (m)	11,16	Perímetro das paredes retas
Sacada sala		
Aa (m ²)	2,42	Área de cada sacada do apartamento
Nr (unid)	6,00	Número de arestas no perímetro
Pc (m)	0	Perímetro das paredes curvas
Pr (m)	6,73	Perímetro das paredes retas
Sacada suíte		
Aa (m ²)	2,00	Área de cada sacada do apartamento
Nr (unid)	4	Número de arestas no perímetro
Pc (m)	0	Perímetro das paredes curvas
Pr (m)	6,48	Perímetro das paredes retas
Apartamento Tipo C		
As (m ²)	6,67	Área de estar do apartamento
Ke (unid)	0,95	Relação ótima entre área de estar e dormitórios (tabelado)
La (m)	5,02	Lado maior das salas de jantar e estar integradas
Le (m)	2,19	Lado menor das salas de jantar e estar integradas
As/Ad	0,42	Condicionante para escolha da equação de cálculo da Área de Estar dos Apartamentos (lest)

Fonte: da autora (2015).

Quadro 84 – Variáveis do empreendimento M

Conclusão

Variáveis para cálculo dos indicadores		
		Variáveis calculadas com planilhas
		Variáveis preenchidas manualmente
		Variáveis para escolha da equação
Empreendimento: M		
SIGLA	VALOR	DESCRIÇÃO
Apartamento Tipo C		
Le/La	0,44	Condicionante para escolha da equação de cálculo do Formato das Salas de Estar e Jantar Integradas (Isal)
Cozinha e área de serviço		
Ao (m ²)	7,04	Área da cozinha do apartamento (se houver área de serviço conjugada, considerá-la também)
Pp (m)	12,04	Perímetro do ambiente
Suíte		
Ad (m ²)	7,95	Área de cada dormitório do apartamento
Nr (unid)	4	Número de arestas no perímetro
Pc (m)	0	Perímetro das paredes curvas
Pr (m)	11,37	Perímetro das paredes retas
Dormitório 1		
Ad (m ²)	7,86	Área de cada dormitório do apartamento
Nr (unid)	4	Número de arestas no perímetro
Pc (m)	0	Perímetro das paredes curvas
Pr (m)	11,35	Perímetro das paredes retas
Sacada sala e suíte		
Aa (m ²)	5,84	Área de cada sacada do apartamento
Nr (unid)	8	Número de arestas no perímetro
Pc (m)	8,53	Perímetro das paredes curvas
Pr (m)	8,13	Perímetro das paredes retas

Fonte: da autora (2015).

Quadro 85 – Levantamento da variável Ae do empreendimento M

Continua

EMPREENHIMENTO: M										
Identificação	Tipo de área	Coef. de equivalência		Breve descrição dos ambientes	Área (m ²)	Ae (m ²)	Tipo	Cob.	Ático	Térreo Mez.
		Mascará (2010)	Valor adotado							
1	Área privativa dos apartamentos sem sacadas	1,0	1,0	Acabamento com porcelanato e massa corrida.	5347,96	5347,96	355,05	188,63		
2	Garagem, pátios, rampas, escadas descobertas	0,1 a 0,2	0,2	Acabamento em textura, piso em concreto queimado.	417,36	83,47				417,36
3	Garagem coberta fora do prédio	0,2 a 0,3	0,3	Estrutura metálica, telhas de fibrocimento, piso concreto queimado.	525,86	157,76				525,86
4	Área coberta sob pilotis	0,3 a 0,5	0,4	Acabamento com textura, piso concreto queimado.	1987,14	794,86				1987,14

Fonte: da autora (2015).

Quadro 85 – Levantamento da variável Ae do empreendimento M

Continuação

EMPREENHIMENTO: M										
Identificação	Tipo de área	Coef. de equivalência		Breve descrição dos ambientes	Área (m ²)	Ae (m ²)	Tipo	Cob.	Ático	Térreo Mez.
		Mascará (2010)	Valor adotado							
5	Garagem coberta 1º subsolo	0,4 a 0,6	-	-	0,00		14,00	2,00	2,00	1,00
6	Garagem coberta 2º subsolo	0,6 a 0,9	-	-	0,00		repet.	repet.	repet.	repet.
7	Garagem coberta 3º subsolo	0,8 a 1,2	-	-	0,00					
8	Casa de máquinas, depósito de lixo, medidores, cisterna, caixa d'água, bicicletário	0,5 a 0,8	0,8	Acabamento com textura, piso concreto queimado, lixeira com revestimento cerâmico.	320,53	256,42			77,77	164,99
9	Terraços acessíveis descobertos	0,2 a 0,4	0,4	Revestimento cerâmico, área considerável, pergolados, iluminação.	695,96	278,38				695,96

Fonte: da autora (2015).

Quadro 85 – Levantamento da variável Ae do empreendimento M

Continuação

EMPREENHIMENTO: M										
Identificação	Tipo de área	Coef. de equivalência		Breve descrição dos ambientes	Área (m²)	Ae (m²)	Tipo	Cob.	Ático	Térreo Mez.
		Mascarô (2010)	Valor adotado							
10	Hall de entrada, salão de festas, ginástica	1,0 a 1,3	1,3	Massa corrida, forro de gesso, porcelanato retificado, entregue decorado.	541,39	703,81	14,00	2,00	2,00	1,00
							repet.	repet.	repet.	repet.
11	Escada geral	1,4 a 1,8	1,6	Paredes e tetos com textura, contrapiso pintado.	295,10	472,16	14,35		16,61	60,98
12	Sacada simples	0,4 a 0,6	-	-	0,00					
13	Sacada nobre	1,2 a 1,6	1,6	Churrasqueira, acabamento em textura, piso em porcelanato, pingadeira de granito, guarda-corpo de vidro.	723,66	1157,86	48,19	24,50		

Fonte: da autora (2015).

Quadro 85 – Levantamento da variável Ae do empreendimento M

Conclusão

EMPREENHIMENTO: M										
Identificação	Tipo de área	Coef. de equivalência		Breve descrição dos ambientes	Área (m ²)	Ae (m ²)	Tipo	Cob.	Ático	Térreo Mez.
		Mascarô (2010)	Valor adotado							
14	Lojas comerciais	0,5 a 0,7	-	-	0,00					
15	Hall dos apartamentos, guarita	0,6 a 0,8	0,8	Textura, forro de gesso, porcelanato.	435,01	348,01	28,27	14,08		11,07
16	Floreiras não incluídas em outras	0,4 a 0,6	0,6	Impermeabilização coberta, acabamento em textura, guarda-corpo.	8,45	5,07				8,45
17	Jardins em geral	0,07 a 0,2	0,2	Playground, decks, árvores de grande porte.	293,30	58,66				293,30
18	Piscina	-	1,8	Em concreto, suspenso, revestimento em pastilha, com borda infinita.	60,28	108,50				60,28
TOTAL (m²) =						9772,92				

Fonte: da autora (2015).

Quadro 86 – Levantamento da variável Aq do empreendimento M

EMPREENHIMENTO: M				
Nome	Largura (m)	Altura (m)	Quantidade (unid)	Aq (m²)
PJ02	1,5	2,25	6	20,25
P04	0,8	2,1	2	3,36
J03	0,7	0,9	6	3,78
J01	0,6	0,6	12	4,32
P01	0,6	2,1	12	15,12
J02	1,2	1,2	8	11,52
P02	0,8	2,1	22	36,96
PJ01	1,3	2,25	6	17,55
Guarda corpo vidro	11,68	1,3	1	15,18
	13,48	1,3	1	17,52
	2,61	1,3	2	6,79
	3,57	1,3	2	9,28
	3,45	1,3	2	8,97
TOTAL (m²)				170,61

Fonte: da autora (2015).

Quadro 87 – Levantamento das variáveis Pa e Ar do empreendimento M

EMPREENHIMENTO: M		
Espessura (m)	Pa (m)	Ar (m²)
0,15	181,50	27,23
0,20	82,82	16,56
0,10	150,37	15,04
TOTAL	414,69	58,83

Fonte: da autora (2015).

Quadro 88 – Levantamento das variáveis Nm e NI do empreendimento M

EMPREENDIMENTO: M					
Modulação: não possui, foram consideradas as medidas múltiplas de 5 cm.	0 - Não modular 1 - Modular		Repet. no tipo	Nm (unid)	NI (unid)
Apartamento tipo A	Medida 1	Medida 2	2	18	38
Sacada suíte	0	0			
Suíte	0	0			
Banheiro suíte	0	1			
Dormitório 1	1	0			
Banheiro social	1	1			
Dormitório 2	1	0			
Estar	1	0			
Jantar	1				
Área de serviço/ Cozinha	1	0			
Sacada sala	0	1			
Apartamento tipo B	Medida 1	Medida 2			
Sacada suíte	0	0			
Suíte	0	0			
Banheiro suíte	1	1			
Dormitório 1	1	0			
Banheiro social	1	1			
Home Office	0	0			
Estar/ Jantar	0	0			
Área de serviço/ Cozinha	0	1			
Sacada sala	1	0			
Apartamento tipo C	Medida 1	Medida 2	2	14	32
Dormitório 1	1	0			
Banheiro social	1	1			
Estar	1	0			
Jantar	0				
Área de serviço/ Cozinha	0	0			
Sacada sala	0	0			
Sacada suíte	0				
Suíte	1	0			
Banheiro suíte	1	1			
Área comum	Medida 1	Medida 2	1	0	2
	0	0			
TOTAL (unid)				46	108

Fonte: da autora (2015).

Quadro 89 – Levantamento das variáveis Na, Nc e Nt

Respostas do questionário Construtibilidade segundo os agentes do projeto		
1	A1 - PARC	0,5
2	A2 - SIM	1
3	A3 - PARC	0,5
4	A4 - SIM	1
5	A5 - SIM	1
6	A6 - SIM	1
7	A7 - PARC	0,5
8	A8 - PARC	0,5
9	A9 - SIM	1
10	A10 - PARC	0,5
11	B1 - PARC	0,5
12	B2 - NÃO	0
13	C1 - SIM	1
14	C2 - PARC	0,5
15	C3 - SIM	1
16	C4 - PARC	0,5
17	C5 - SIM	1
18	C6 - PARC	0,5
19	C7 - NÃO	0
20	D1 - PARC	0,5
21	E1 - PARC	0,5
22	E2 - SIM	1
23	E3 - PARC	0,5
24	E4 - SIM	1
25	E5 - SIM	1
26	E6 - NÃO	0
27	F1 - NÃO	0
28	F2 - PARC	0,5
29	F3 - SIM	1
30	F4 - NÃO	0
31	F5 - PARC	0,5
32	F6 - PARC	0,5
Nt (unid)	Nc (unid)	19,5
	Na (unid)	0

Fonte: da autora (2015).

APÊNDICE F – Levantamento de dados do empreendimento S

No Quadro 90 estão as variáveis utilizadas no cálculo dos indicadores do empreendimento S. O Quadro 89 e Quadro 91 ao Quadro 94 apresentam as planilhas utilizadas no levantamento de algumas variáveis.

Quadro 90 – Variáveis do empreendimento S

Continua

Variáveis para cálculo dos indicadores		
		Variáveis calculadas com planilhas
		Variáveis preenchidas manualmente
		Variáveis para escolha da equação
Empreendimento: S		
SIGLA	VALOR	DESCRIÇÃO
Ac (m ²)	44,74	Área de uso comum no pavimento tipo
Ae (m ²)	9731,23	Área equivalente total, onde a área de cada ambiente (inclusive das garagens), deve ser multiplicada pelo seu coeficiente de equivalência
Ag (m ²)	2524,27	Área total de garagem
Ai (m ²)	6031,30	Área privativa total (sem garagens)
Am (m ²)	41,26	Área impermeabilizada no pavimento tipo
Ap (m ²)	446,65	Área do pavimento tipo
Aq (m ²)	151,34	Área das esquadrias do pavimento tipo
Ar (m ²)	61,25	Projeção da área das paredes no pavimento tipo
At (m ²)	67,01	Área média dos apartamentos
Cv (m)	318,88	Comprimento das vigas
Hp (m)	2,85	Pé direito de piso a piso do pavimento tipo
Ka (unid)	1,20	Relação ótima entre área equivalente e área privativa conforme quantidade de vagas de garagem por apartamento (tabelado)
Kc (m ²)	7,00	Área de uso comum ótima conforme a quantidade de apartamentos por andar (tabelado)
Kg (m ²)	20,00	Área da garagem ótima conforme a área privativa do apartamento

Fonte: da autora (2015).

Variáveis para cálculo dos indicadores		
		Variáveis calculadas com planilhas
		Variáveis preenchidas manualmente
		Variáveis para escolha da equação
Empreendimento: S		
SIGLA	VALOR	DESCRIÇÃO
Kp (m)	1,30	Pé direito médio dividido pelas densidades ótimas em relação ao pavimento tipo (tabelado)
Ks (unid)	1,10	Coefficiente que relaciona o custo em CUB/m ² com o padrão do empreendimento
K1 (unid)	0,90	Coefficiente em função da tipologia das circulações e da área média dos apartamentos (tabelado)
K2 (unid)	1,00	Coefficiente em função da tipologia das circulações e da quantidade de pavimentos tipo (tabelado)
K3 (unid)	1,00	Coefficiente em função do processo construtivo adotado e da quantidade de pavimentos tipo (tabelado)
Na (unid)	0,00	Itens "não se aplica" do check list.
Nc (unid)	19,50	Número de pontos obtidos no check list (Anexo C), sendo 1 ponto para "sim", 0,5 ponto para "parcialmente" e 0 ponto para "não".
Ne (unid)	12,00	Número de pilares diferentes (não considerar altura) no pavimento tipo
Ng (unid)	7,00	Número de vigas diferentes (não considerar comprimento) no pavimento tipo
Ni (unid)	48,00	Quantidade de pilares considerando que pilares de 2 a 3 m contam como 1,5 pilar; pilares com mais de 3 m contam como 2 pilares; pilares em forma de L contam como 2 pilares e pilares em forma de U contam como 3 pilares
Nj (unid)	40,00	Número de lajes no pavimento tipo
Nl (unid)	104,00	Número de medidas levantadas, sugere-se 2 medidas internas por ambiente.

Fonte: da autora (2015).

Quadro 90 – Variáveis do empreendimento S

Continuação

Variáveis para cálculo dos indicadores		
		Variáveis calculadas com planilhas
		Variáveis preenchidas manualmente
		Variáveis para escolha da equação
Empreendimento: S		
SIGLA	VALOR	DESCRIÇÃO
Nm (unid)	84,00	Número de medidas modulares, deve-se considerar 1 ponto para medidas múltiplas do módulo + 1 cm (junta de argamassa)
Nn (unid)	6,00	Número de apartamentos por andar
No (unid)	5,00	Quantidade de esquadrias de tipos diferentes (ex: porta e janela)
Np (unid)	8,00	Número de pavimentos tipo
Nq (unid)	8,00	Quantidade de esquadrias de tipos e dimensões diferentes (ex: porta de 60, porta de 80, janela de 120, janela de 150 cm de largura)
Nr (unid)	26,00	Número de arestas no perímetro
Ns (unid)	1,00	Número de lajes diferentes (considerar apenas espessura) no pavimento tipo
Nt (unid)	32,00	Número total de itens do check list.
Nv (unid)	117,00	Número total de vagas de garagem
Pa (m)	407,11	Perímetro das paredes do pavimento tipo
Pc (m)	27,95	Perímetro das paredes curvas
Pe (m)	16,58	Somatório dos perímetros laterais recuados das sacadas em relação a projeção da torre
Pl (m)	23,79	Somatório dos perímetros laterais tanto recuados quanto em balanço das sacadas em relação à projeção da torre
Pp (m)	109,66	Perímetro do ambiente
Pr (m)	81,71	Perímetro das paredes retas
Ap/Ni	9,31	Condicionante para escolha da equação de cálculo da Densidade de Pilares (I _{pil})
Cv/Ap	0,71	Condicionante para escolha da equação de cálculo da Densidade de Vigas (I _{vig})
Ap/Nj	11,17	Condicionante para escolha da equação de cálculo da Área Média de Lajes (I _{laj})

Fonte: da autora (2015).

Variáveis para cálculo dos indicadores		
		Variáveis calculadas com planilhas
		Variáveis preenchidas manualmente
		Variáveis para escolha da equação
Empreendimento: S		
SIGLA	VALOR	DESCRIÇÃO
Apartamento Tipo A		
As (m ²)	9,55	Área de estar do apartamento
Ke (unid)	0,70	Relação ótima entre área de estar e dormitórios (tabelado)
La (m)	5,03	Lado maior das salas de jantar e estar integradas
Le (m)	2,84	Lado menor das salas de jantar e estar integradas
As/Ad	0,41	Condicionante para escolha da equação de cálculo da Área de Estar dos Apartamentos (Iest)
Le/La	0,56	Condicionante para escolha da equação de cálculo do Formato das Salas de Estar e Jantar Integradas (Isal)
Cozinha e área de serviço		
Ao (m ²)	8,22	Área da cozinha do apartamento (se houver área de serviço conjugada, considerá-la também)
Pp (m)	13,46	Perímetro do ambiente
Suíte		
Ad (m ²)	9,21	Área de cada dormitório do apartamento
Nr (unid)	6	Número de arestas no perímetro
Pc (m)	0	Perímetro das paredes curvas
Pr (m)	12,56	Perímetro das paredes retas
Dormitório 1		
Ad (m ²)	7,15	Área de cada dormitório do apartamento
Nr (unid)	4	Número de arestas no perímetro
Pc (m)	0	Perímetro das paredes curvas
Pr (m)	10,76	Perímetro das paredes retas
Dormitório 2		
Ad (m ²)	7,15	Área de cada dormitório do apartamento
Nr (unid)	4	Número de arestas no perímetro
Pc (m)	0	Perímetro das paredes curvas
Pr (m)	10,76	Perímetro das paredes retas

Fonte: da autora (2015).

Quadro 90 – Variáveis do empreendimento S

Continuação

Variáveis para cálculo dos indicadores		
	Variáveis calculadas com planilhas	
	Variáveis preenchidas manualmente	
	Variáveis para escolha da equação	
Empreendimento: S		
SIGLA	VALOR	DESCRIÇÃO
Apartamento Tipo A		
Sacada sala		
Aa (m ²)	3,66	Área de cada sacada do apartamento
Nr (unid)	6	Número de arestas no perímetro
Pc (m)	0	Perímetro das paredes curvas
Pr (m)	8,13	Perímetro das paredes retas
Sacada suíte		
Aa (m ²)	2,47	Área de cada sacada do apartamento
Nr (unid)	6	Número de arestas no perímetro
Pc (m)	2,75	Perímetro das paredes curvas
Pr (m)	4,48	Perímetro das paredes retas
Apartamento Tipo B		
As (m ²)	5,03	Área de estar do apartamento
Ke (unid)	0,95	Relação ótima entre área de estar e dormitórios (tabelado)
La (m)	4,04	Lado maior das salas de jantar e estar integradas
Le (m)	2,49	Lado menor das salas de jantar e estar integradas
As/Ad	0,27	Condicionante para escolha da equação de cálculo da Área de Estar dos Apartamentos (Iest)
Le/La	0,62	Condicionante para escolha da equação de cálculo do Formato das Salas de Estar e Jantar Integradas (Isal)
Cozinha e área de serviço		
Ao (m ²)	6,07	Área da cozinha do apartamento (se houver área de serviço conjugada, considerá-la também)
Pp (m)	10,76	Perímetro do ambiente

Fonte: da autora (2015).

Variáveis para cálculo dos indicadores		
		Variáveis calculadas com planilhas
		Variáveis preenchidas manualmente
		Variáveis para escolha da equação
Empreendimento: S		
SIGLA	VALOR	DESCRIÇÃO
Apartamento Tipo B		
Suíte		
Ad (m ²)	10,95	Área de cada dormitório do apartamento
Nr (unid)	8,00	Número de arestas no perímetro
Pc (m)	0,00	Perímetro das paredes curvas
Pr (m)	14,86	Perímetro das paredes retas
Dormitório 1		
Ad (m ²)	7,50	Área de cada dormitório do apartamento
Nr (unid)	4	Número de arestas no perímetro
Pc (m)	0	Perímetro das paredes curvas
Pr (m)	11,06	Perímetro das paredes retas
Sacada sala		
Aa (m ²)	2,93	Área de cada sacada do apartamento
Nr (unid)	8,00	Número de arestas no perímetro
Pc (m)	0	Perímetro das paredes curvas
Pr (m)	7,46	Perímetro das paredes retas
Sacada suíte		
Aa (m ²)	2,46	Área de cada sacada do apartamento
Nr (unid)	4	Número de arestas no perímetro
Pc (m)	0	Perímetro das paredes curvas
Pr (m)	7,17	Perímetro das paredes retas
Apartamento Tipo C		
As (m ²)	6,77	Área de estar do apartamento
Ke (unid)	0,95	Relação ótima entre área de estar e dormitórios (tabelado)
La (m)	5,41	Lado maior das salas de jantar e estar integradas
Le (m)	2,52	Lado menor das salas de jantar e estar integradas
As/Ad	0,41	Condicionante para escolha da equação de cálculo da Área de Estar dos Apartamentos (lest)

Fonte: da autora (2015).

Quadro 90 – Variáveis do empreendimento S

Conclusão

Variáveis para cálculo dos indicadores		
		Variáveis calculadas com planilhas
		Variáveis preenchidas manualmente
		Variáveis para escolha da equação
Empreendimento: S		
SIGLA	VALOR	DESCRIÇÃO
Apartamento Tipo C		
Le/La	0,47	Condicionante para escolha da equação de cálculo do Formato das Salas de Estar e Jantar Integradas (Isal)
Cozinha e área de serviço		
Ao (m ²)	4,86	Área da cozinha do apartamento (se houver área de serviço conjugada, considerá-la também)
Pp (m)	10,15	Perímetro do ambiente
Suíte		
Ad (m ²)	9,18	Área de cada dormitório do apartamento
Nr (unid)	4	Número de arestas no perímetro
Pc (m)	0	Perímetro das paredes curvas
Pr (m)	12,16	Perímetro das paredes retas
Dormitório 1		
Ad (m ²)	7,15	Área de cada dormitório do apartamento
Nr (unid)	4	Número de arestas no perímetro
Pc (m)	0	Perímetro das paredes curvas
Pr (m)	10,76	Perímetro das paredes retas
Sacada sala e suíte		
Aa (m ²)	4,40	Área de cada sacada do apartamento
Nr (unid)	8	Número de arestas no perímetro
Pc (m)	4,63	Perímetro das paredes curvas
Pr (m)	7,91	Perímetro das paredes retas

Fonte: da autora (2015).

Quadro 91 – Levantamento da variável Ae do empreendimento S

Continua

EMPREENHIMENTO: S										
Identificação	Tipo de área	Coef. de equivalência		Breve descrição dos ambientes	Área (m ²)	Ae (m ²)	Tipo	Cob.	Ático	Térreo Mez.
		Mascará (2010)	Valor adotado							
1	Área privativa dos apartamentos sem sacadas	1,0	1,0	Acabamento com porcelanato e massa corrida.	5273,86	5273,86	350,27	185,04		
2	Garagem, pátios, rampas, escadas descobertas	0,1 a 0,2	0,2	Acabamento em textura, piso em concreto queimado.	457,31	91,46				457,31
3	Garagem coberta fora do prédio	0,2 a 0,3	0,3	Estrutura metálica, telhas de fibrocimento, piso concreto queimado.	502,98	150,89				502,98
4	Área coberta sob pilotis	0,3 a 0,5	0,4	Acabamento com textura, piso concreto queimado.	2089,36	835,74				2089,36

Fonte: da autora (2015).

Quadro 91 – Levantamento da variável Ae do empreendimento S

Continuação

EMPREENHIMENTO: S										
Identificação	Tipo de área	Coef. de equivalência		Breve descrição dos ambientes	Área (m ²)	Ae (m ²)	Tipo	Cob.	Ático	Térreo Mez.
		Mascara (2010)	Valor adotado							
5	Garagem coberta 1º subsolo	0,4 a 0,6	-	-	0,00	-	14,00	2,00	2,00	1,00
6	Garagem coberta 2º subsolo	0,6 a 0,9	-	-	0,00	-	repet.	repet.	repet.	repet.
7	Garagem coberta 3º subsolo	0,8 a 1,2	-	-	0,00	-				
8	Casa de máquinas, depósito de lixo, medidores, cisterna, caixa d'água, bicicletário	0,5 a 0,8	0,8	Acabamento com textura, piso concreto queimado, lixeira com revestimento cerâmico.	363,15	290,52			93,08	176,99
9	Terraços acessíveis descobertos	0,2 a 0,4	0,4	Revestimento cerâmico, área considerável, pergolados, iluminação.	653,30	261,32				653,30

Fonte: da autora (2015).

Quadro 91 – Levantamento da variável Ae do empreendimento S

Continuação

EMPREENHIMENTO: S										
Identificação	Tipo de área	Coef. de equivalência		Breve descrição dos ambientes	Área (m ²)	Ae (m ²)	Tipo	Cob.	Ático	Térreo Mez.
		Mascarô (2010)	Valor adotado							
10	Hall de entrada, salão de festas, ginástica	1,0 a 1,3	1,3	Massa corrida, forro de gesso, porcelanato retificado, entregue decorado.	394,42	512,75	14,00	2,00	2,00	1,00
							repet.	repet.	repet.	repet.
11	Escada geral	1,4 a 1,8	1,6	Paredes e tetos com textura, contrapiso pintado.	383,12	612,99	16,76	16,76	19,05	76,86
12	Sacada simples	0,4 a 0,6	-	-	0,00					
13	Sacada nobre	1,2 a 1,6	1,6	Churrasqueira, acabamento em textura, piso em porcelanato, pingadeira de granito, guarda-corpo de vidro.	757,44	1211,90	50,16	27,60		

Fonte: da autora (2015).

Quadro 91 – Levantamento da variável Ae do empreendimento S

Conclusão

EMPREENHIMENTO: S										
Identificação	Tipo de área	Coef. de equivalência		Breve descrição dos ambientes	Área (m ²)	Ae (m ²)	Tipo	Cob.	Ático	Térreo Mez.
		Mascará (2010)	Valor adotado							
14	Lojas comerciais	0,5 a 0,7	-	-	0,00					
15	Hall dos apartamentos, guarita	0,6 a 0,8	0,8	Textura, forro de gesso, porcelanato.	435,63	348,50	27,98	15,90		12,11
16	Floreiras não incluídas em outras	0,4 a 0,6	-	-	0,00					
17	Jardins em geral	0,07 a 0,2	0,2	Playground, decks, árvores de grande porte.	215,20	43,04				215,20
18	Piscina	-	1,8	Em concreto, suspensão, revestimento em pastilha, com borda infinita.	54,58	98,24				54,58
TOTAL (m²) =						9731,23				

Fonte: da autora (2015).

Quadro 92 – Levantamento da variável Aq do empreendimento S

EMPREENHIMENTO: S				
Nome	Largura (m)	Altura (m)	Quantidade (unid)	Aq (m²)
JV1	0,6	0,6	1	0,36
PCF	0,8	2,1	2	3,36
J03	0,88	0,98	6	5,17
J01	1,18	1,18	8	11,14
P01	0,8	2,1	20	33,60
J02	0,58	0,56	12	3,90
P02	0,6	2,1	12	15,12
PJ1	1,48	2,32	12	41,20
Guarda corpo vidro	11,1	1,1	1	12,21
	2,66	1,1	2	5,85
	3,39	1,1	2	7,46
	1,82	1,1	2	4,00
	7,24	1,1	1	7,96
TOTAL (m²)				151,34

Fonte: da autora (2015).

Quadro 93 – Levantamento das variáveis Pa e Ar do empreendimento S

EMPREENHIMENTO: S		
Espessura (m)	Pa (m)	Ar (m²)
0,15	322,45	48,37
0,20	44,15	8,83
0,10	40,51	4,05
TOTAL	407,11	61,25

Fonte: da autora (2015).

Quadro 94 – Levantamento das variáveis Nm e NI do empreendimento S

EMPREENHIMENTO: S					
Modulação: 15 cm	0 - Não modular 1 - Modular		Repet. no tipo	Nm (unid)	NI (unid)
Apartamento tipo A	Medida 1	Medida 2	2	30	38
Sacada suíte	1	0			
Suíte	1	1			
Banheiro suíte	1	1			
Dormitório 1	1	1			
Banheiro social	1	1			
Dormitório 2	1	1			
Estar	1	0			
Jantar	1	0			
Área de serviço/ Cozinha	1	0			
Sacada sala	1	0			
Apartamento tipo B	Medida 1	Medida 2			
Sacada suíte	1	1			
Suíte	0	1			
Banheiro suíte	1	1			
Dormitório 1	1	1			
Banheiro social	1	1			
Estar/ Jantar	1	0			
Área de serviço/ Cozinha	1	1			
Sacada sala	1	1			
Apartamento tipo C	Medida 1	Medida 2	2	24	32
Dormitório 1	1	1			
Banheiro social	1	1			
Estar	0	1			
Jantar	0	1			
Área de serviço/ Cozinha	1	1			
Sacada sala	1	1			
Sacada suíte	0				
Suíte	1	0			
Banheiro suíte	1	1			
Área comum	Medida 1	Medida 2	1	2	2
	1	1			
TOTAL (unid)				84	104

Fonte: da autora (2015).

APÊNDICE G – Levantamento de dados do empreendimento V

No Quadro 95 estão as variáveis utilizadas no cálculo dos indicadores do empreendimento V. O Quadro 96 ao Quadro 99 apresentam as planilhas utilizadas no levantamento de algumas variáveis.

Quadro 95 – Variáveis do empreendimento V

Continua

Variáveis para cálculo dos indicadores		
Variáveis calculadas com planilhas		
Variáveis preenchidas manualmente		
Variáveis para escolha da equação		
Empreendimento: V		
SIGLA	VALOR	DESCRIÇÃO
Ae (m ²)	22234,92	Área equivalente total, onde a área de cada ambiente (inclusive das garagens), deve ser multiplicada pelo seu coeficiente de equivalência
Ag (m ²)	6540,93	Área total de garagem
Ai (m ²)	14587,50	Área privativa total (sem garagens)
Ao (m ²)	22420,47	Área construída do empreendimento
At (m ²)	97,25	Área média dos apartamentos
Hp (m)	2,85	Pé direito de piso a piso do pavimento tipo
Ka (unid)	1,20	Relação ótima entre área equivalente e área privativa conforme quantidade de vagas de garagem por apartamento (tabelado)
Kg (m ²)	20,00	Área da garagem ótima conforme a área privativa do apartamento
Kp (m)	1,30	Pé direito médio dividido pelas densidades ótimas em relação ao pavimento tipo (tabelado)
Ks (unid)	1,10	Coeficiente que relaciona o custo em CUB/m ² com o padrão do empreendimento
K1 (unid)	0,62	Coeficiente em função da tipologia das circulações e da área média dos apartamentos (tabelado)
K2 (unid)	1,00	Coeficiente em função da tipologia das circulações e da quantidade de pavimentos tipo (tabelado)

Fonte: da autora (2015).

Variáveis para cálculo dos indicadores		
		Variáveis calculadas com planilhas
		Variáveis preenchidas manualmente
		Variáveis para escolha da equação
Empreendimento: V		
SIGLA	VALOR	DESCRIÇÃO
K3 (unid)	1,00	Coefficiente em função do processo construtivo adotado e da quantidade de pavimentos tipo (tabelado)
Na (unid)	0,00	Itens "não se aplica" do check list.
Nc (unid)	19,50	Número de pontos obtidos no check list (Anexo C), sendo 1 ponto para "sim", 0,5 ponto para "parcialmente" e 0 ponto para "não".
Ne (unid)	23,00	Número de pilares diferentes (não considerar altura) no pavimento tipo
Ng (unid)	16,00	Número de vigas diferentes (não considerar comprimento) no pavimento tipo
No (unid)	6,00	Quantidade de esquadrias de tipos diferentes (ex: porta e janela)
Np (unid)	15,00	Número de pavimentos tipo
Nq (unid)	11,00	Quantidade de esquadrias de tipos e dimensões diferentes (ex: porta de 60, porta de 80, janela de 120, janela de 150 cm de largura)
Ns (unid)	3,00	Número de lajes diferentes (considerar apenas espessura) no pavimento tipo
Nt (unid)	32,00	Número total de itens do check list.
Nv (unid)	180,00	Número total de vagas de garagem
Ag/Nv	36,34	Condicionante para escolha da equação de cálculo da Otimização das Garagens (Igar)
Torre A		
Ac (m ²)	57,21	Área de uso comum no pavimento tipo
Am (m ²)	68,90	Área impermeabilizada no pavimento tipo
Ap (m ²)	518,52	Área do pavimento tipo
Aq (m ²)	169,80	Área das esquadrias do pavimento tipo
Ar (m ²)	62,33	Projeção da área das paredes no pavimento tipo
Cv (m)	286,97	Comprimento das vigas
Kc (m ²)	8,00	Área de uso comum ótima conforme a quantidade de apartamentos por andar (tabelado)

Fonte: da autora (2015).

Quadro 95 – Variáveis do empreendimento V

Continuação

Variáveis para cálculo dos indicadores		
		Variáveis calculadas com planilhas
		Variáveis preenchidas manualmente
		Variáveis para escolha da equação
Empreendimento: V		
SIGLA	VALOR	DESCRIÇÃO
Torre A		
Ni (unid)	28,00	Quantidade de pilares considerando que pilares de 2 a 3 m contam como 1,5 pilar; pilares com mais de 3 m contam como 2 pilares; pilares em forma de L contam como 2 pilares e pilares em forma de U contam como 3 pilares
Nj (unid)	24,00	Número de lajes no pavimento tipo
NI (unid)	74,00	Número de medidas levantadas, sugere-se 2 medidas internas por ambiente.
Nm (unid)	74,00	Número de medidas modulares, deve-se considerar 1 ponto para medidas múltiplas do módulo + 1 cm (junta de argamassa)
Nn (unid)	4,00	Número de apartamentos por andar
Nr (unid)	16,00	Número de arestas no perímetro
Pa (m)	435,13	Perímetro das paredes do pavimento tipo
Pc (m)	0,00	Perímetro das paredes curvas
Pe (m)	6,69	Somatório dos perímetros laterais recuados das sacadas em relação a projeção da torre
PI (m)	22,83	Somatório dos perímetros laterais tanto recuados quanto em balanço das sacadas em relação à projeção da torre
Pp (m)	108,16	Perímetro do ambiente
Pr (m)	108,16	Perímetro das paredes retas
Ap/Ni	18,52	Condicionante para escolha da equação de cálculo da Densidade de Pilares (I _{pil})
Cv/Ap	0,55	Condicionante para escolha da equação de cálculo da Densidade de Vigas (I _{vig})
Ap/Nj	21,61	Condicionante para escolha da equação de cálculo da Área Média de Lajes (I _{laj})
Torre B		
Ac (m ²)	58,26	Área de uso comum no pavimento tipo
Am (m ²)	83,55	Área impermeabilizada no pavimento tipo

Fonte: da autora (2015).

Variáveis para cálculo dos indicadores		
		Variáveis calculadas com planilhas
		Variáveis preenchidas manualmente
		Variáveis para escolha da equação
Empreendimento: V		
SIGLA	VALOR	DESCRIÇÃO
Torre B		
Ap (m ²)	569,41	Área do pavimento tipo
Aq (m ²)	191,22	Área das esquadrias do pavimento tipo
Ar (m ²)	73,74	Projeção da área das paredes no pavimento tipo
Cv (m)	327,34	Comprimento das vigas
Kc (m ²)	7,00	Área de uso comum ótima conforme a quantidade de apartamentos por andar (tabelado)
Ni (unid)	36,00	Quantidade de pilares considerando que pilares de 2 a 3 m contam como 1,5 pilar; pilares com mais de 3 m contam como 2 pilares; pilares em forma de L contam como 2 pilares e pilares em forma de U contam como 3 pilares
Nj (unid)	32,00	Número de lajes no pavimento tipo
NI (unid)	76,00	Número de medidas levantadas, sugere-se 2 medidas internas por ambiente.
Nm (unid)	76,00	Número de medidas modulares, deve-se considerar 1 ponto para medidas múltiplas do módulo + 1 cm (junta de argamassa)
Nn (unid)	6,00	Número de apartamentos por andar
Nr (unid)	16,00	Número de arestas no perímetro
Pa (m)	491,82	Perímetro das paredes do pavimento tipo
Pc (m)	0,00	Perímetro das paredes curvas
Pe (m)	12,59	Somatório dos perímetros laterais recuados das sacadas em relação a projeção da torre
PI (m)	32,19	Somatório dos perímetros laterais tanto recuados quanto em balanço das sacadas em relação à projeção da torre
Pp (m)	115,99	Perímetro do ambiente
Pr (m)	115,99	Perímetro das paredes retas
Ap/Ni	15,82	Condicionante para escolha da equação de cálculo da Densidade de Pilares (Ipil)

Fonte: da autora (2015).

Quadro 95 – Variáveis do empreendimento V

Continuação

Variáveis para cálculo dos indicadores		
		Variáveis calculadas com planilhas
		Variáveis preenchidas manualmente
		Variáveis para escolha da equação
Empreendimento: V		
SIGLA	VALOR	DESCRIÇÃO
Torre B		
Cv/Ap	0,57	Condicionante para escolha da equação de cálculo da Densidade de Vigas (Ivig)
Ap/Nj	17,79	Condicionante para escolha da equação de cálculo da Área Média de Lajes (Ilaj)
Apartamento Tipo A41		
Suíte		
Ad (m ²)	14,98	Área de cada dormitório do apartamento
Nr (unid)	8	Número de arestas no perímetro
Pc (m)	0	Perímetro das paredes curvas
Pr (m)	18,16	Perímetro das paredes retas
Dormitório 1		
Ad (m ²)	7,15	Área de cada dormitório do apartamento
Nr (unid)	4	Número de arestas no perímetro
Pc (m)	0	Perímetro das paredes curvas
Pr (m)	10,76	Perímetro das paredes retas
Dormitório 2		
Ad (m ²)	7,74	Área de cada dormitório do apartamento
Nr (unid)	4	Número de arestas no perímetro
Pc (m)	0	Perímetro das paredes curvas
Pr (m)	11,16	Perímetro das paredes retas
Dormitório 3		
Ad (m ²)	7,15	Área de cada dormitório do apartamento
Nr (unid)	4	Número de arestas no perímetro
Pc (m)	0	Perímetro das paredes curvas
Pr (m)	10,76	Perímetro das paredes retas
Sacada sala		
Aa (m ²)	10,42	Área de cada sacada do apartamento
Nr (unid)	8	Número de arestas no perímetro
Pc (m)	0	Perímetro das paredes curvas
Pr (m)	15,82	Perímetro das paredes retas

Fonte: da autora (2015).

Variáveis para cálculo dos indicadores		
	Variáveis calculadas com planilhas	
	Variáveis preenchidas manualmente	
	Variáveis para escolha da equação	
Empreendimento: V		
SIGLA	VALOR	DESCRIÇÃO
Apartamento Tipo A31		
Suíte		
Ad (m ²)	13,40	Área de cada dormitório do apartamento
Nr (unid)	8	Número de arestas no perímetro
Pc (m)	0	Perímetro das paredes curvas
Pr (m)	17,96	Perímetro das paredes retas
Dormitório 1		
Ad (m ²)	7,94	Área de cada dormitório do apartamento
Nr (unid)	4	Número de arestas no perímetro
Pc (m)	0	Perímetro das paredes curvas
Pr (m)	11,36	Perímetro das paredes retas
Dormitório 2		
Ad (m ²)	6,21	Área de cada dormitório do apartamento
Nr (unid)	4	Número de arestas no perímetro
Pc (m)	0	Perímetro das paredes curvas
Pr (m)	9,98	Perímetro das paredes retas
Sacada sala		
Aa (m ²)	12,89	Área de cada sacada do apartamento
Nr (unid)	8	Número de arestas no perímetro
Pc (m)	0	Perímetro das paredes curvas
Pr (m)	16,31	Perímetro das paredes retas
Apartamento Tipo B31		
Suíte		
Ad (m ²)	13,40	Área de cada dormitório do apartamento
Nr (unid)	8	Número de arestas no perímetro
Pc (m)	0	Perímetro das paredes curvas
Pr (m)	17,96	Perímetro das paredes retas
Dormitório 1		
Ad (m ²)	7,94	Área de cada dormitório do apartamento
Nr (unid)	4	Número de arestas no perímetro
Pc (m)	0	Perímetro das paredes curvas
Pr (m)	11,36	Perímetro das paredes retas

Fonte: da autora (2015).

Quadro 95 – Variáveis do empreendimento V

Continuação

Variáveis para cálculo dos indicadores		
		Variáveis calculadas com planilhas
		Variáveis preenchidas manualmente
		Variáveis para escolha da equação
Empreendimento: V		
SIGLA	VALOR	DESCRIÇÃO
Apartamento Tipo B31		
Dormitório 2		
Ad (m ²)	7,62	Área de cada dormitório do apartamento
Nr (unid)	4	Número de arestas no perímetro
Pc (m)	0	Perímetro das paredes curvas
Pr (m)	11,16	Perímetro das paredes retas
Sacada sala		
Aa (m ²)	9,28	Área de cada sacada do apartamento
Nr (unid)	10	Número de arestas no perímetro
Pc (m)	0	Perímetro das paredes curvas
Pr (m)	15,13	Perímetro das paredes retas
Apartamento Tipo C31		
Suíte		
Ad (m ²)	13,40	Área de cada dormitório do apartamento
Nr (unid)	8	Número de arestas no perímetro
Pc (m)	0	Perímetro das paredes curvas
Pr (m)	17,96	Perímetro das paredes retas
Dormitório 1		
Ad (m ²)	7,94	Área de cada dormitório do apartamento
Nr (unid)	4	Número de arestas no perímetro
Pc (m)	0	Perímetro das paredes curvas
Pr (m)	11,36	Perímetro das paredes retas
Dormitório 2		
Ad (m ²)	6,21	Área de cada dormitório do apartamento
Nr (unid)	4	Número de arestas no perímetro
Pc (m)	0	Perímetro das paredes curvas
Pr (m)	9,98	Perímetro das paredes retas
Sacada sala		
Aa (m ²)	11,77	Área de cada sacada do apartamento
Nr (unid)	8	Número de arestas no perímetro
Pc (m)	0	Perímetro das paredes curvas
Pr (m)	15,9	Perímetro das paredes retas

Fonte: da autora (2015).

Variáveis para cálculo dos indicadores		
	Variáveis calculadas com planilhas	
	Variáveis preenchidas manualmente	
	Variáveis para escolha da equação	
Empreendimento: V		
SIGLA	VALOR	DESCRIÇÃO
Apartamento Tipo D31		
Suíte		
Ad (m ²)	13,40	Área de cada dormitório do apartamento
Nr (unid)	8	Número de arestas no perímetro
Pc (m)	0	Perímetro das paredes curvas
Pr (m)	17,96	Perímetro das paredes retas
Dormitório 1		
Ad (m ²)	7,94	Área de cada dormitório do apartamento
Nr (unid)	4	Número de arestas no perímetro
Pc (m)	0	Perímetro das paredes curvas
Pr (m)	11,36	Perímetro das paredes retas
Dormitório 2		
Ad (m ²)	7,62	Área de cada dormitório do apartamento
Nr (unid)	4	Número de arestas no perímetro
Pc (m)	0	Perímetro das paredes curvas
Pr (m)	11,16	Perímetro das paredes retas
Sacada sala		
Aa (m ²)	10,25	Área de cada sacada do apartamento
Nr (unid)	8	Número de arestas no perímetro
Pc (m)	0	Perímetro das paredes curvas
Pr (m)	16,73	Perímetro das paredes retas
Apartamento Tipo A21		
Suíte		
Ad (m ²)	10,20	Área de cada dormitório do apartamento
Nr (unid)	4	Número de arestas no perímetro
Pc (m)	0	Perímetro das paredes curvas
Pr (m)	12,96	Perímetro das paredes retas
Dormitório 1		
Ad (m ²)	6,70	Área de cada dormitório do apartamento
Nr (unid)	4	Número de arestas no perímetro
Pc (m)	0	Perímetro das paredes curvas
Pr (m)	10,36	Perímetro das paredes retas

Fonte: da autora (2015).

Quadro 95 – Variáveis do empreendimento V

Continuação

Variáveis para cálculo dos indicadores		
		Variáveis calculadas com planilhas
		Variáveis preenchidas manualmente
		Variáveis para escolha da equação
Empreendimento: V		
SIGLA	VALOR	DESCRIÇÃO
Apartamento Tipo A21		
Sacada sala		
Aa (m ²)	6,78	Área de cada sacada do apartamento
Nr (unid)	8	Número de arestas no perímetro
Pc (m)	0	Perímetro das paredes curvas
Pr (m)	12,7	Perímetro das paredes retas
Apartamento Tipo B21		
Suíte		
Ad (m ²)	10,20	Área de cada dormitório do apartamento
Nr (unid)	4	Número de arestas no perímetro
Pc (m)	0	Perímetro das paredes curvas
Pr (m)	12,96	Perímetro das paredes retas
Dormitório 1		
Ad (m ²)	6,70	Área de cada dormitório do apartamento
Nr (unid)	4	Número de arestas no perímetro
Pc (m)	0	Perímetro das paredes curvas
Pr (m)	10,36	Perímetro das paredes retas
Sacada sala		
Aa (m ²)	7,17	Área de cada sacada do apartamento
Nr (unid)	8	Número de arestas no perímetro
Pc (m)	0	Perímetro das paredes curvas
Pr (m)	16,73	Perímetro das paredes retas
Apartamento Tipo C21		
Suíte		
Ad (m ²)	10,90	Área de cada dormitório do apartamento
Nr (unid)	6	Número de arestas no perímetro
Pc (m)	0	Perímetro das paredes curvas
Pr (m)	15,76	Perímetro das paredes retas

Fonte: da autora (2015).

Variáveis para cálculo dos indicadores		
		Variáveis calculadas com planilhas
		Variáveis preenchidas manualmente
		Variáveis para escolha da equação
Empreendimento: V		
SIGLA	VALOR	DESCRIÇÃO
Apartamento Tipo C21		
Dormitório 1		
Ad (m ²)	8,93	Área de cada dormitório do apartamento
Nr (unid)	4	Número de arestas no perímetro
Pc (m)	0	Perímetro das paredes curvas
Pr (m)	12,16	Perímetro das paredes retas
Sacada sala		
Aa (m ²)	7,83	Área de cada sacada do apartamento
Nr (unid)	6	Número de arestas no perímetro
Pc (m)	0	Perímetro das paredes curvas
Pr (m)	12,02	Perímetro das paredes retas

Fonte: da autora (2015).

Quadro 96 – Levantamento da variável Ae do empreendimento V

Continua

EMPREENHIMENTO: V											
Identificação	Tipo de área	Coef. de equivalência		Breve descrição dos ambientes	Área (m²)	Ae (m²)	Térreo Mez.	Torre A		Torre B	
		Mascara (2010)	Valor adotado					Tipo	Ático	Tipo	Ático
1	Área privativa dos apartamentos sem sacadas	1,0	1,0	Acabamento com porcelanato e massa corrida.	11943,45	11943,45	1,00	15,00	1,00	15,00	1,00
2	Garagem, pátios, rampas, escadas descobertas	0,1 a 0,2	0,2	Acabamento em textura, piso em concreto queimado.	1331,56	266,31	1331,56	repet.	repet.	repet.	repet.
3	Garagem coberta fora do prédio	0,2 a 0,3	0,3	Estrutura metálica, telhas de fibrocimento, piso concreto queimado.	1617,11	485,13	1617,11				
4	Área coberta sob pilotis	0,3 a 0,5	0,4	Acabamento com textura, piso concreto queimado.	4562,91	1825,16	4562,91				
5	Garagem coberta 1° subsolo	0,4 a 0,6	-	-	0,00						
6	Garagem coberta 2° subsolo	0,6 a 0,9	-	-	0,00						

Fonte: da autora (2015).

Quadro 96 – Levantamento da variável Ae do empreendimento V

Continuação

EMPREENHIMENTO: V											
Identificação	Tipo de área	Coef. de equivalência		Breve descrição dos ambientes	Área (m ²)	Ae (m ²)	Térreo Mez.	Torre A		Torre B	
		Mascaro (2010)	Valor adotado					Tipo	Ático	Tipo	Ático
7	Garagem coberta 3° subsolo	0,8 a 1,2	-	-	0,00		1,00	15,00	1,00	15,00	1,00
8	Casa de máquinas, depósito de lixo, medidores, sistema, caixa d'água, bicicletário	0,5 a 0,8	0,8	Acabamento com textura, piso concreto queimado, lixeira com revestimento cerâmico.	393,08	314,46	217,52		87,13		88,43
9	Terraços acessíveis descobertos	0,2 a 0,4	0,4	Revestimento cerâmico, área considerável, pergolados, iluminação.	917,54	367,02	917,54				
10	Hall de entrada, salão de festas, ginástica	1,0 a 1,3	1,3	Massa corrida, forro de gesso, porcelanato retificado, entregue decorado.	498,17	647,62	498,17				

Fonte: da autora (2015).

Quadro 96 – Levantamento da variável Ae do empreendimento V

Continuação

EMPREENHIMENTO: V												
Identificação	Tipo de área	Coef. de equivalência		Breve descrição dos ambientes	Área (m ²)	Ae (m ²)	Torre A		Torre B			
		Mascara (2010)	Valor adotado				Térreo Mez.	Tipo	Ático	Tipo	Ático	
11	Escada geral	1,4 a 1,8	1,6	Paredes e tetos com textura, contrapiso pintado.	885,38	1416,61	1,00	15,00	1,00	15,00	1,00	1,00
							repet.	repet.	repet.	repet.	repet.	repet.
							142,22	23,11	25,98	22,97	25,98	25,98
12	Sacada simples	0,4 a 0,6	0,6	Guarda-corpo em brise.	572,85	343,71		18,66		19,53		
13	Sacada nobre	1,2 a 1,6	1,6	Churrasqueira, acabamento em textura, piso em porcelanato, pingadeira de granito, guarda-corpo de vidro.	2071,20	3313,92		61,34		76,74		
14	Lojas comerciais	0,5 a 0,7	-	-	0,00							
15	Hall dos apartamentos, guarita	0,6 a 0,8	0,8	Textura, forro de gesso, porcelanato.	1066,72	853,38	25,87	34,10		35,29		

Fonte: da autora (2015).

Quadro 96 – Levantamento da variável Ae do empreendimento V

Conclusão

EMPREENHIMENTO: V											
Identificação	Tipo de área	Coef. de equivalência		Breve descrição dos ambientes	Área (m ²)	Ae (m ²)	Térreo Mez.	Torre A		Torre B	
		Mascara (2010)	Valor adotado					Tipo	Ático	Tipo	Ático
16	Floreiras não incluídas em outras	0,4 a 0,6	-	-	0,00		1,00	15,00	1,00	15,00	1,00
17	Jardins em geral	0,07 a 0,2	0,2	Playground, decks, árvores de grande porte.	264,84	52,97	264,84				
18	Piscina	-	1,8	Em concreto, revestimento em pastilha.	225,10	405,18	225,10				
TOTAL (m²) =						22234,92					

Fonte: da autora (2015).

Quadro 97 – Levantamento da variável Aq do empreendimento V
 Continua

EMPREENDIMENTO: V				
Nome	Largura (m)	Altura (m)	Quantidade (unid)	Aq (m²)
Torre A				
J7	0,75	0,75	4	2,25
J8	1,50	1,20	14	25,20
J9	1,20	1,00	3	3,60
P1	0,82	2,10	28	48,22
PCF	0,90	2,10	2	3,78
V1	1,20	0,70	1	0,84
V2	1,20	0,70	1	0,84
V3	0,65	0,80	6	3,12
PJ9	1,80	2,25	2	8,10
PJ10	2,80	2,25	2	12,60
PJ11	1,30	2,25	2	5,85
Guarda corpo vidro	5,85	1,10	2	12,87
	6,80	1,10	2	14,96
	6,83	1,10	1	7,51
	8,94	1,10	1	9,83
	1,76	1,10	1	1,94
	7,54	1,10	1	8,29
TOTAL (m²)				169,80
Torre B				
J7	0,75	0,75	8	4,50
J8	1,50	1,20	14	25,20
J9	1,20	1,00	6	7,20
P1	0,82	2,10	30	51,66
PCF	0,90	2,10	2	3,78
V1	1,20	0,70	1	0,84
V2	1,20	0,70	1	0,84
V3	0,65	0,80	4	2,08
PJ8	2,20	2,25	4	19,80
PJ9	1,80	2,25	2	8,10

Fonte: da autora (2015).

Quadro 97 – Levantamento da variável Aq do empreendimento V

Conclusão

EMPREENHIMENTO: V				
Nome	Largura (m)	Altura (m)	Quantidade (unid)	Aq (m²)
Torre B				
Guarda corpo vidro	8,52	1,10	1	9,37
	7,77	1,10	1	8,55
	4,83	1,10	1	5,31
	5,16	1,10	1	5,68
	6,09	1,10	1	6,70
	5,90	1,10	1	6,49
	4,06	1,10	1	4,47
	3,81	1,10	2	8,38
	5,58	1,10	2	12,28
TOTAL (m²)				191,22

Fonte: da autora (2015).

Quadro 98 – Levantamento das variáveis Pa e Ar do empreendimento V

EMPREENHIMENTO: V		
Espessura (m)	Pa (m)	Ar (m²)
Torre A		
0,20	188,14	37,63
0,10	246,99	24,70
TOTAL	435,13	62,33
Torre B		
0,20	245,56	49,11
0,10	246,26	24,63
TOTAL	491,82	73,74

Fonte: da autora (2015).

Quadro 99 – Levantamento das variáveis Nm e NI do empreendimento V

Continua

EMPREENDIMENTO: V					
Modulação: 10 cm	0 - Não modular 1 - Modular		Repet. no tipo	Nm (unid)	NI (unid)
Torre A					
Apartamento tipo A41	Medida 1	Medida 2	2	40	40
Suíte	1	1			
Banheiro suíte	1	1			
Dormitório 1	1	1			
Banheiro social	1	1			
Dormitório 2	1	1			
Dormitório 3	1	1			
Lavabo	1	1			
Estar/ Jantar	1	1			
Área de serviço/ Cozinha	1	1			
Sacada sala	1	1			
Apartamento tipo A31	Medida 1	Medida 2			
Suíte	1	1			
Banheiro suíte	1	1			
Dormitório 1	1	1			
Banheiro social	1	1			
Dormitório 2	1	1			
Estar/ Jantar	1	1			
Área de serviço/ Cozinha	1	1			
Sacada sala	1	1			
Apartamento tipo B31	Medida 1	Medida 2	1	16	16
Suíte	1	1			
Banheiro suíte	1	1			
Dormitório 1	1	1			
Banheiro social	1	1			
Dormitório 2	1	1			
Estar/ Jantar	1	1			
Área de serviço/ Cozinha	1	1			
Sacada sala	1	1			
Área comum	Medida 1	Medida 2	1	2	2
	1	1			
TOTAL (unid)				74	74

Fonte: da autora (2015).

Quadro 99 – Levantamento das variáveis Nm e NI do empreendimento V

Continuação

EMPREENDIMENTO: V					
Modulação: 10 cm	0 - Não modular	1 - Modular	Repet. no tipo	Nm (unid)	NI (unid)
Torre B					
Apartamento tipo C31	Medida 1	Medida 2	1	16	16
Suíte	1	1			
Banheiro suíte	1	1			
Dormitório 1	1	1			
Banheiro social	1	1			
Dormitório 2	1	1			
Estar/ Jantar	1	1			
Área de serviço/ Cozinha	1	1			
Sacada sala	1	1			
Apartamento tipo D31	Medida 1	Medida 2			
Suíte	1	1			
Banheiro suíte	1	1			
Dormitório 1	1	1			
Banheiro social	1	1			
Dormitório 2	1	1			
Estar/ Jantar	1	1			
Área de serviço/ Cozinha	1	1			
Sacada sala	1	1			
Apartamento tipo A21	Medida 1	Medida 2	1	14	14
Suíte	1	1			
Banheiro suíte	1	1			
Dormitório 1	1	1			
Banheiro social	1	1			
Estar/ Jantar	1	1			
Área de serviço/ Cozinha	1	1			
Sacada sala	1	1			

Fonte: da autora (2015).

Quadro 99 – Levantamento das variáveis Nm e NI do empreendimento V

Conclusão

EMPREENDIMENTO: V					
Modulação: 10 cm	0 - Não modular 1 - Modular		Repet. no tipo	Nm (unid)	NI (unid)
Torre B					
Apartamento tipo B21	Medida 1	Medida 2	1	14	14
Suíte	1	1			
Banheiro suíte	1	1			
Dormitório 1	1	1			
Banheiro social	1	1			
Estar/ Jantar	1	1			
Área de serviço/ Cozinha	1	1			
Sacada sala	1	1			
Apartamento tipo C21	Medida 1	Medida 2	1	14	14
Suíte	1	1			
Banheiro suíte	1	1			
Dormitório 1	1	1			
Banheiro social	1	1			
Estar/ Jantar	1	1			
Área de serviço/ Cozinha	1	1			
Sacada sala	1	1			
Área comum	Medida 1	Medida 2	1	2	2
	1	1			
TOTAL (unid)				76	76

Fonte: da autora (2015).

ANEXO A – Requisitos do sistema de gestão da qualidade de PBQP-H (2012)

Um dos princípios do SiAC é seu caráter evolutivo, para isso são estabelecidos níveis de avaliação do sistema de gestão da qualidade progressivos. No Quadro 100 são demonstrados os requisitos exigidos para os níveis A e B, onde os do nível A atendem completamente as exigências da ISO 9001, permitindo que a empresa solicite esta certificação simultaneamente à do PBQP-H.

Quadro 100 – Requisitos para os níveis A e B do SiAC

Continua

SiAC - Execução de Obras			Níveis		
SEÇÃO	REQUISITO		B	A	
4 Sistema de Gestão da Qualidade	4.1 Requisitos gerais		X	X	
	4.2. Requisitos de documentação	4.2.1. Generalidades	X	X	
		4.2.2. Manual da Qualidade	X	X	
		4.2.3. Controle de documentos	X	X	
		4.2.4. Controle de registros	X	X	
5 Responsabilidade da direção da empresa	5.1. Comprometimento da direção da empresa		X	X	
	5.2. Foco no cliente		X	X	
	5.3. Política da qualidade		X	X	
	5.4. Planejamento	5.4.1. Objetivos da qualidade	X	X	
		5.4.2. Planejamento do Sistema de Gestão da Qualidade	X	X	
	5.5. Responsabilidade, Autoridade e Comunicação	5.5.1. Responsabilidade e autoridade	X	X	
		5.5.2. Representante da direção da empresa	X	X	
		5.5.3. Comunicação interna	X	X	
	5.6. Análise crítica pela direção	5.6.1. Generalidades	X	X	
		5.6.2. Entradas para a análise crítica	X	X	
5.6.3. Saídas da análise crítica		X	X		
6 Gestão de recursos	6.1. Provisão de recursos		X	X	
	6.2. Recursos humanos	6.2.1. Designação de pessoal	X	X	
		6.2.2. Treinamento, conscientização e competência	X	X	
	6.3. Infraestrutura		X	X	
6.4. Ambiente de trabalho			X		
7 Execução da obra	7.1. Planejamento da Obra		X	X	
	7.1.1. Plano da Qualidade da Obra		X	X	
	7.1.2. Planejamento da execução da obra		X	X	
	7.2. Processos relacionados ao cliente	7.2.1. Identificação de requisitos relacionados à obra	X	X	
		7.2.2. Análise crítica dos requisitos relacionados à obra	X	X	
		7.2.3. Comunicação com o cliente		X	
	7.3. Projeto	7.3.1. Planejamento da elaboração do projeto			X
		7.3.2. Entradas de projeto			X
		7.3.3. Saídas de projeto			X
		7.3.4. Análise crítica de projeto			X
		7.3.5. Verificação de projeto			X
		7.3.6. Validação de projeto			X
		7.3.7. Controle de alterações de projeto			X
7.3.8. Análise crítica de projetos fornecidos pelo cliente		X	X		

Fonte: PBQP-H (2012)

Quadro 100 – Requisitos para os níveis A e B do SiAC

		Conclusão		
	7.4. Aquisição	7.4.1. Processo de aquisição	X	X
		7.4.2. Informações para aquisição	X	X
		7.4.3. Verificação do produto adquirido	X	X
	7.5. Operações de produção e fornecimento de serviço	7.5.1. Controle de operações	X	X
		7.5.2. Validação de processos		X
		7.5.3. Identificação e rastreabilidade	X	X
		7.5.4. Propriedade do cliente		X
		7.5.5. Preservação de produto	X	X
	7.6. Controle de dispositivos de medição e monitoramento		X	X
	8 Medição, análise e melhoria	8.1. Generalidades		X
8.2. Medição e monitoramento		8.2.1. Satisfação do cliente	X	X
		8.2.2. Auditoria interna	X	X
		8.2.3. Medição e monitoramento de processos		X
		8.2.4. Inspeção e monitoramento de materiais e serviços de execução controlados e da obra	X	X
8.3. Controle de materiais e de serviços de execução controlados e da obra não-conformes			X	X
8.4. Análise de dados			X	X
8.5. Melhoria		8.5.1. Melhoria contínua	X	X
		8.5.2. Ação corretiva	X	X
		8.5.3. Ação preventiva		X

Fonte: PBQP-H (2012)

ANEXO B – Indicadores de projeto propostos por Oliveira, Lantelme e Formoso (1995)

Os autores classificam os indicadores conforme o setor ao qual se destinam, e conforme a sua natureza, neste caso serão abordados os indicadores que medem o desempenho dos projetos arquitetônico, estrutural e de instalações através de sua racionalidade, demonstrados no Quadro 101 ao Quadro 106.

Quadro 101 – Porcentagem da área do pavimento tipo ocupada pela circulação

Porcentagem da área do pavimento tipo ocupada pela área de circulação			
Objetivo			
As áreas destinadas à circulação vertical e horizontal tem a função de promover o acesso de pessoas e bens, agregando pouco valor ao imóvel. São também relativamente caras em função dos seus revestimentos. Com este indicador pretende-se verificar a otimização da relação entre estas áreas e a área do pavimento tipo.			
Roteiro para o cálculo			
Fórmula			
$I = \frac{A_{CIRC} \times 100}{A_{PAVT} + A_{SF}}$			
Variáveis		Critérios	
Acirc	Área de circulação de uso comum	a) Área da caixa do elevador, escada, corredor e hall no pavimento tipo da edificação, medidas em planta segundo o critério da NBR 12721: - pela face externa da parede quando fizerem divisa com o exterior; - pela face interna da parede quando fizerem divisa com uma unidade autônoma; - pelo eixo da parede quando fizerem divisa com outra área de uso comum.	
Apavt	Área do pavimento tipo	a) Medida em planta pela face externa das paredes; b) Não inclui área de sacadas e floreiras.	
Asf	Área de sacada e floreira no pavimento tipo	a) Medida em planta no pavimento tipo; b) Inclui área de projeção das muretas de proteção; c) Não pode existir sobreposição desta com a área do pavimento tipo.	
Periodicidade			
Calculado por projeto construído ou em construção			
Valores de referência			
Apartamentos por andar	Ótimo (%)	Bom (%)	Ruim (%)
1	até 22	22 a 32	acima de 32
2	até 16	16 a 22	acima de 22
4	até 8	8 a 12	acima de 12
6	até 7	7 a 11	acima de 11
8	até 6	6 a 10	acima de 10

Fonte: adaptado de Oliveira, Lantelme e Formoso (1995).

Quadro 102 – Índice de compacidade

Índice de compacidade			
Objetivo			
Os planos verticais correspondem a uma significativa parcela do custo total das edificações. As fachadas em geral tem um custo por metro quadrado superior ao das divisórias internas pelas funções desempenhadas, tais como proteção das intempéries, iluminação e ventilação natural, incorporando elementos relativamente caros (esquadrias, revestimentos especiais, pintura de alto desempenho, etc.). O índice de compacidade indica o quanto o projeto afasta-se da forma mais econômica no que diz respeito ao perímetro das paredes externas (um círculo).			
Roteiro para o cálculo			
Fórmula			
$I_C = \frac{2 \times \sqrt{3,14 \times A_{PAVT}}}{P_p} \times 100$			
Variáveis		Critérios	
A _{pavt}	Área do pavimento tipo	a) Medida em planta pela face externa das paredes; b) Não inclui área de sacadas e floreiras.	
P _p	Perímetro das paredes externas	a) Medida em planta, pelo eixo das paredes, no pavimento tipo; b) Não são consideradas paredes externas as proteções (mureta e guarda-corpo) de sacadas e terraços; c) Ao medir o perímetro não descontar os vãos das aberturas (portas e janelas).	
Periodicidade			
Calculado por projeto construído ou em construção			
Valores de referência			
Faixas de área privativa (m ²)	Ruim (%)	Bom (%)	Ótimo (%)
70 a 100	até 65	65 a 75	acima de 75
100 a 140	até 60	60 a 75	acima de 75
140 a 180	até 60	60 a 75	acima de 75
180 a 250	até 60	60 a 75	acima de 75
250 a 400	até 60	60 a 75	acima de 75

Fonte: adaptado de Oliveira, Lantelme e Formoso (1995).

Quadro 103 – Densidade de paredes

Densidade de paredes			
Objetivo			
Os planos verticais correspondem a aproximadamente 40% do custo das edificações e, pelo seu peso, podem elevar o custo da estrutura. Este indicador tem o objetivo de verificar o grau de otimização da compartimentação do pavimento tipo.			
Roteiro para o cálculo			
Fórmula			
$DP = \frac{A_P}{A_{PAVT}}$			
Variáveis		Critérios	
Ap	Área de projeção das paredes externas e internas	a) Perímetro das paredes, medido no pavimento tipo, multiplicado pela espessura das respectivas paredes; b) Ao medir o perímetro não descontar os vãos das aberturas (portas e janelas)	
Apavt	Área do pavimento tipo	a) Medida em planta pela face externa das paredes; b) Não inclui área de sacadas e floreiras.	
Periodicidade			
Calculado por projeto construído ou em construção			
Valores de referência			
Faixas de área privativa (m ²)	Ótimo	Bom	Ruim
70 a 100	até 0,15	0,15 a 0,19	acima de 0,19
100 a 140	até 0,15	0,15 a 0,18	acima de 0,18
140 a 180	até 0,15	0,15 a 0,18	acima de 0,18
180 a 250	até 0,14	0,14 a 0,17	acima de 0,17
250 a 400	até 0,13	0,13 a 0,16	acima de 0,16

Fonte: adaptado de Oliveira, Lantelme e Formoso (1995).

Quadro 104 – Relação entre o peso de aço e a área construída

Relação entre o peso de aço e a área construída			
Objetivo			
A estrutura é responsável em média por 21% do custo da construção. Este indicador tem como objetivo detectar o super dimensionamento da armadura ou a má distribuição de cargas no projeto arquitetônico.			
Roteiro para o cálculo			
Fórmula			
$I_{aço} = \frac{P_{AÇO}}{A_{REAL}}$			
Variáveis		Critérios	
Paço	Peso do aço	a) Peso da armadura, obtido do projeto estrutural; b) Não inclui a armadura das fundações (nem vigas de fundação).	
Areal	Área real global	a) Área de toda a edificação, obtida segundo os critérios da NBR 12721.	
Periodicidade			
Calculado por projeto construído ou em construção			
Valores de referência			
	nº pavimentos ≤ 15	15 < nº pavimentos ≤ 20	20 < nº pavimentos ≤ 30
Taxa de armadura (kg/m²)	8 a 12	12 a 18	15 a 21

Fonte: adaptado de Oliveira, Lantelme e Formoso (1995).

Quadro 105 – Relação entre o volume de concreto e a área construída

Relação entre o volume de concreto e a área construída		
Objetivo		
A estrutura é responsável em média por 21% do custo da construção. Este indicador tem o objetivo de detectar o super dimensionamento das lajes, vigas e pilares quanto ao volume de concreto, ou a má distribuição de cargas no projeto arquitetônico.		
Roteiro para o cálculo		
Fórmula		
$I_{conc} = \frac{V_{conc}}{A_{REAL}}$		
Variáveis		Critérios
Vconc	Volume de concreto	a) Volume de concreto, obtido no projeto estrutural; b) Não inclui as fundações (nem vigas de fundação).
Areal	Área real global	a) Área de toda a edificação, obtida segundo os critérios da NBR 12721.
Periodicidade		
Calculado por projeto construído ou em construção		

Fonte: adaptado de Oliveira, Lantelme e Formoso (1995).

Quadro 106 – Relação entre a área de formas e a área construída

Relação entre a área de formas e a área construída		
Objetivo		
A estrutura é responsável em média por 21% do custo da construção. Este indicador mede a racionalidade do dimensionamento da estrutura quanto a área de formas.		
Roteiro para o cálculo		
Fórmula		
$I_{forma} = \frac{A_{form}}{A_{REAL}}$		
Variáveis		Critérios
Aform	Área das formas	a) Área das formas, medida no projeto estrutural pela face de contato com as peças de concreto armado; b) Não inclui as formas das fundações (nem vigas de fundação); c) Fazer na planilha uma descrição do sistema estrutural utilizado.
Areal	Área real global	a) Área de toda a edificação, obtida segundo os critérios da NBR 12721.
Periodicidade		
Calculado por projeto construído ou em construção		
Valores de referência		
Valor mínimo		Valor máximo
1,60 m ² /m ²		2,10 m ² /m ²

Fonte: adaptado de Oliveira, Lantelme e Formoso (1995).

ANEXO C – Avaliação da construtibilidade do projeto do produto de Rodrigues (2005)

O *check list* apresentado a seguir (Quadro 107) foi elaborado por Rodrigues (2005) a partir das práticas levantadas em sua bibliografia para avaliar a construtibilidade do projeto do produto, que deve ser preenchido pelos agentes do projeto.

Quadro 107 – Avaliação da construtibilidade do projeto do produto

Continua

A	MEDIDAS PARA SIMPLIFICAR O PROJETO DO PRODUTO	JUSTIFICATIVA	SIM	PARC	NÃO	N. A.
A.1	Minimizar o número de peças por meio de alterações no projeto ou emprego de elementos pré-fabricados.	Reduzir número de operações de montagem, bem como a variabilidade devido à redução das interfaces entre componentes, elementos ou peças. Reduzir o número de operações construtivas.				
A.2	Eliminar características ou funções do produto que não agregam valor para o cliente.					
A.3	Projetar ou especificar elementos que incorporem várias peças ou funções.	Reduzir o número de operações construtivas.				
A.4	Evitados recortes, ângulos, inclinações ou superfícies curvas nas projeções dos planos.	Facilitar as operações de montagem.				
A.5	Coordenar materiais dimensionalmente.	Reduzir a necessidade de ajustes no canteiro.				
A.6	Prever uso de métodos construtivos como: pré-montagem e modularização.	Reduzir o número de operações construtivas.				
A.7	Especificar materiais e componentes fáceis de conectar. Por exemplo, optando por ligações aparafusadas em vez de soldadas.	Facilitar montagem de componentes.				
A.8	Dar preferência a materiais facilmente disponíveis no mercado.	Evitar problemas com atrasos no fornecimento de materiais e facilitar substituições em ações de manutenção.				
A.9	Dar preferência a materiais com dimensões comerciais.	Evitar custos adicionais pela aquisição de materiais com dimensões fora de padrão, bem como atraso no fornecimento do mesmo.				
A.10	Projetar peças pré-fabricadas de um único tamanho ou forma, ou que sejam de tamanho de tamanhos de fácil diferenciação.	Reduzir a probabilidade de contusão na escolha das peças.				
B	MEDIDAS PARA PROMOVER ACESSIBILIDADE NO CANTEIRO	JUSTIFICATIVA	SIM	PARC	NÃO	N. A.
B.1	Disponibilizar aos projetistas e planejadores da obra informações sobre quais equipamentos de transporte e de execução dos serviços a serem utilizados, suas dimensões e espaços necessários para seu uso.	Considerar as restrições impostas pelo uso de equipamentos.				
B.2	Projetar elementos estruturais que possam ser pré-montados a nível do solo.	Minimizar o trabalho em altura, bem como necessidade de andaimes.				
C	MEDIDAS PARA PROMOVER A PADRONIZAÇÃO	JUSTIFICATIVA	SIM	PARC	NÃO	N. A.
C.1	Promover repetição de plantas inteiras ou de suas partes. Por exemplo, repetição de pavimentos, tamanhos de cômodos, simetria da planta baixa.					
C.2	Realizar o mínimo de alterações de projeto possíveis para proporcionar variedade de layout interno. Por exemplo, empregando ambientes multiuso.					
C.3	Minimizar a variedade de dimensões de portas e janelas.					
C.4	Minimizar a variedade de dimensões nas peças estruturais (vigas, pilares e lajes, vergas e contravergas) moldadas in loco ou pré-fabricadas.	Promover a repetitividade, melhorando a produtividade pela ocorrência do efeito				
C.5	Padronização as alturas dos elementos inseridos nos planos verticais como: portas, janelas e bancadas.	aprendizado.				
C.6	Padronizar detalhes de execução. Por exemplo, no caso das esquadrias: padronizar o posicionamento de caixilhos, vidros, etc.					
C.7	Reduzir a variedade de materiais especificados. Por exemplo, empregando argamassa multiuso.					

Fonte: Rodrigues (2005)

Quadro 107 – Avaliação da construtibilidade do projeto do produto
Conclusão

D	MEDIDAS PARA COMBATER OS EFEITOS DAS CONDIÇÕES ADVERSAS	JUSTIFICATIVA	SIM	PARC	NÃO	N. A.
D.1	Maximizar o volume de trabalho conduzido fora do canteiro. (por exemplo, projetando componentes pré-fabricados).	Permitir a continuidade dos serviços mesmo quando as condições climáticas são desfavoráveis.				
E	MEDIDAS PARA PROMOVER MANUTENIBILIDADE	JUSTIFICATIVA	SIM	PARC	NÃO	N. A.
E.1	Prever caminhos de acesso aos elementos considerando o transporte e remoção dos mesmos, bem como uso de equipamentos e ferramentas auxiliares.	Facilitar o acesso ao elemento a ser substituído.				
E.2	Coordenar dimensionalmente elementos passíveis de substituição.	Facilitar a substituição de elementos.				
E.3	Criar tolerâncias entre os elementos.	Facilitar a substituição de elementos.				
E.4	Utilização de tubulações externas à parede, instalações elétricas aparentes e de forros falsos em banheiros, com a instalação do andar superior aparente.	Evitar necessidade de quebras em paredes ou lajes para substituição de tubulações ou elementos das instalações elétricas.				
E.5	Projetar ganchos na laje de cobertura para a fixação das vigas de sustentação de andaimes facheiros ou cintos de segurança.	Facilitar instalação de equipamentos para realização de atividades de renovação (reformas).				
E.6	Prever ganchos nas vigas de periferia, em edificações com cinco ou mais pavimentos visando facilitar a instalação de plataformas de proteção.	Facilitar instalação de equipamentos para realização de atividades de renovação (reformas).				
F	MEDIDAS PARA MINIMIZAR OS TEMPOS DE PERCEÇÃO, DECISÃO E MANIPULAÇÃO DAS OPERAÇÕES DE MONTAGEM	JUSTIFICATIVA	SIM	PARC	NÃO	N. A.
F.1	Assegurar nas soluções de projeto, visibilidade completa das partes e ferramentas.	Minimizar o tempo de percepção e decisão facilitando a formação de um modelo mental da tarefa de montagem.				
F.2	Proporcionar discriminação visual e tátil utilizando diferentes formas, tamanhos, cores e texturas.	Minimizar o tempo de percepção.				
F.3	Minimizar o número de componentes e partes; empregar partes simétricas e integrar ou combinar partes sempre que possível.	Reduzir o tempo de reação de escolha.				
F.4	Proporcional resposta visual, auditiva e tátil que indiquem a conclusão da tarefa de montagem.	Minimizar o tempo de decisão.				
F.5	Utilizar partes que sejam fáceis de pegar e que não se entrelacem, dando preferência para peças com terminações fechadas.	Minimizar o tempo de manipulação.				
F.6	Projetar novos produtos com pequenas modificações em relação a produtos anteriores.	Promover transferência de treinamento, de modo que o trabalhador possa aplicar a habilidade adquirida anteriormente na montagem de novos produtos.				

Fonte: Rodrigues (2005)

ANEXO D – Indicadores de projeto para edifícios em alvenaria estrutural de Freire (2007)

O autor apresenta em seu estudo a aplicação de diversos indicadores voltados para projetos em alvenaria estrutural, com uma amostra total de 120 edifícios divididos conforme sua tipologia (o autor não faz menção em relação a repetitividade das torres).

Os valores apresentados a seguir são resultados destas medições, não devendo ser considerados diretamente como uma meta a ser atingida, pois representam apenas as variações encontradas entre os projetos analisados. Isto também pode ser evidenciado pelos altos valores de desvio padrão apresentados por Freire (2007).

- a) índice de cargas por estaca (kN/unid)⁴;
- somatório das cargas nas estacas / quantidade de estacas,
 - resultados apresentados no Quadro 108,

Quadro 108 – Índice de cargas por estaca

Pavimentos	Pilotis	Valor médio (KN/unid)	Desvio padrão
2	Não	60	45%
3 a 5	Não	178	19%
7 a 9	Não	344	19%
	Sim	521	18%
10 a 12	Não	518	17%
	Sim	597	23%
mais de 12	Não	745	12%
	Sim	649	11%

Fonte: adaptado de Freire (2007), quadro elaborado pela autora (2014).

- média de 55 kN/estaca/pavimento em edifícios sem pilotis.
- b) índice de cargas por área total do edifício (kN/m²);
- somatório das cargas nas estacas / área total do edifício,
 - valor médio de 11,7 kN/m²,
 - desvio padrão de 9%,

⁴ O efeito de capacidade de carga do solo é muito discrepante em obras mais baixas e vai melhorando a medida que as edificações se tornam mais altas.

- valores independentem da tipologia do edifício.
- c) área de influência da estaca ($m^2/unid$);
- área do pavimento sobre fundação / quantidade de estacas,
 - resultados apresentados no Quadro 109,

Quadro 109 – Área de influência de estaca

Pavimentos	Pilotis	Valor médio ($m^2/unid$)	Desvio padrão
2	Não	2,9	36%
3 a 5	Não	3,8	24%
7 a 9	Não	3,4	12%
	Sim	4,6	11%
10 a 12	Não	3,9	13%
	Sim	4,6	15%
mais de 12	Não	4,7	10%
	Sim	4,3	12%

Fonte: adaptado de Freire (2007), quadro elaborado pela autora (2014).

- média de $4 m^2/unid$.
- d) taxa de aço por volume de concreto em viga baldrame (kg/m^3);
- consumo de aço nas vigas baldrame / volume de concreto das vigas baldrame.
- e) índice de forma em viga baldrame (m^2/m^2);
- área de formas das vigas baldrame / área do pavimento sobre fundação,
 - valor médio de $0,7 m^2/m^2$;
 - valor máximo de $1,9 m^2/m^2$;
 - valor mínimo de $0,2 m^2/m^2$.
- f) espessura média de viga baldrame (m)⁵;
- volume das vigas baldrame / área do pavimento sobre fundação,
 - valor médio de $0,07 m$,
 - valor máximo de $0,22 m$,
 - valor mínimo de $0,022 m$.

⁵ Estes valores foram apresentados como constantes pelo autor, mas deve-se considerar também que é muito comum que estas vigas sirvam de travamento, onde os esforços dos pilares/blocos são levados em consideração no seu dimensionamento, assim a quantidade de pavimentos também influencia na dimensão destas vigas.

- g) taxa de aço em pilar, viga, laje e pavimento pilotis (kg/m^3)⁶;
- consumo de aço em pilares, vigas, lajes e no pavimento pilotis / volume de concreto dos pilares, vigas, lajes e no pavimento pilotis,
 - valor médio para os pilares de 360 kg/m^3 ,
 - valor médio para as vigas de 140 kg/m^3 ,
 - valor médio para as lajes de 75 kg/m^3 ,
 - valor médio para o pavimento de 154 kg/m^3 ,
 - desvio padrão de 10%.
- h) índice de forma em pilar, viga e laje do pilotis (m^2/m^2);
- área de forma dos pilares, vigas e lajes do pilotis / área do pavimento pilotis;
 - resultados apresentados no Quadro 110.

Quadro 110 – Índice de forma em pilar, viga e laje do pilotis

	Pilares	Vigas	Lajes
Valor médio	0,5 m^2/m^2	1,1 m^2/m^2	1,0 m^2/m^2
Desvio padrão	22%	23%	3%

Fonte: adaptado de Freire (2007), quadro elaborado pela autora (2014).

- i) índice de forma no pavimento térreo (m^2/m^2);
- área de forma do pavimento térreo / área do pavimento térreo.
- j) índice de forma no pavimento tipo (m^2/m^2);
- área de forma do pavimento tipo / área do pavimento tipo.
- k) taxa de aço por comprimento linear de alvenaria do pavimento térreo ou tipo (kg/m);
- consumo de aço em paredes do pavimento térreo ou tipo / perímetro de parede estrutural do pavimento térreo ou tipo.
- l) taxa de aço em alvenaria por área do pavimento tipo ou térreo (kg/m^2);
- consumo de aço em paredes do pavimento tipo ou térreo / área do pavimento tipo ou térreo,
 - valor médio de $1,4 \text{ kg/m}^2$,
 - valor mínimo de $0,2 \text{ kg/m}^2$,

⁶ Seria interessante que estes valores apresentados pelo autor estivessem relacionados ao fck do concreto, pois sofrem influencia direta do mesmo. Algumas bibliografias, como Alves (2010) por exemplo, apresentam valores bem mais baixos para estas taxas, que ficam de 70 a 80 kg de aço por m^3 de concreto.

- valor máximo de 3,0 kg/m².
- m) taxa de aço em laje por volume de concreto no pavimento tipo (kg/m³);
 - consumo de aço em laje do pavimento tipo / volume de concreto em laje do pavimento tipo.
- n) taxa de aço na escada por volume de concreto no pavimento tipo (kg/m³);
 - consumo de aço na escada do pavimento tipo / volume de concreto na escada do pavimento tipo.
- o) índice linear de alvenaria estrutural por área do pavimento tipo (m/m²);
 - perímetro das paredes estruturais / área do pavimento tipo,
 - valor médio de 0,7 m/m²,
 - valor mínimo de 0,4 m/m²,
 - valor máximo de 1,4 m/m².
- p) índice linear de alvenaria não-estrutural por área do pavimento tipo (m/m²);
 - perímetro das paredes não-estruturais / área do pavimento tipo,
 - valor médio próximo a zero,
 - coeficiente de variação de 84%.
- q) índice de área de alvenaria estrutural por área do pavimento tipo (m²/m²);
 - área das paredes estruturais (perímetro x pé-direito) / área do pavimento tipo,
 - valor médio de 1,7 m²/m².
- r) índice de área de alvenaria não-estrutural por área do pavimento tipo (m²/m²);
 - área das paredes não-estruturais (perímetro x pé-direito) / área do pavimento tipo,
 - valor médio de 0,1 m²/m².
- s) índice de área de escada por área do pavimento tipo (m²/m²);
 - área da escada / área do pavimento tipo.
- t) índice de graute por comprimento linear de cinta de respaldo (m³/m);
 - volume de graute horizontal na cinta de respaldo / perímetro das paredes estruturais.
- u) índice de graute por comprimento linear de cinta a meia-altura (m³/m);

- volume de graute horizontal na cinta a meia-altura / perímetro de paredes estruturais.
- v) índice de graute por comprimento linear de cinta a meia-altura (m^3/m);
 - volume de graute horizontal (cinta de respaldo + cinta a meia-altura) / perímetro das paredes estruturais.
- w) índice de graute vertical por comprimento linear de alvenaria (m^3/m);
 - volume de graute vertical / perímetro das paredes estruturais.
- x) índice de graute em cinta de respaldo por área do pavimento tipo (m^3/m^2);
 - volume de graute horizontal na cinta de respaldo / área do pavimento tipo.
- y) índice de graute em cinta a meia-altura por área do pavimento tipo (m^3/m^2);
 - volume de graute horizontal na cinta a meia-altura / área do pavimento tipo.
- z) índice de graute horizontal e vertical por área do pavimento tipo (L/m^2);
 - volume de graute horizontal (cinta de respaldo + cinta a meia-altura) e vertical / área do pavimento tipo,
 - valor médio de graute horizontal em edifícios de 19 L/m^2 ,
 - valor médio de graute vertical em edifícios de 13 L/m^2 ,
 - valor médio de graute em sobrados de 64 L/m^2 .
- aa) espessura média de pilar, viga, laje e pavimento pilotis (m);
 - volume de concreto em pilares, vigas, lajes e pavimento pilotis / área do pavimento pilotis,
 - valor médio para os pilares de 0,04 m,
 - valor médio para as vigas de 0,11 m,
 - valor médio para as lajes de 0,08 m,
 - valor médio para o pavimento de 0,23 m (0,25 m para o caso de se considerar apenas os edifícios com mais de 13 pavimentos).
- bb) índice de blocos inteiros por área do pavimento tipo ($unid/m^2$);

- quantidade de blocos inteiros / área do pavimento tipo,
 - valor médio na modulação 30 de 24,4 unid/m²,
 - valor médio na modulação 40 de 18,0 unid/m².
- cc) índice de meio-bloco por área do pavimento tipo (unid/m²);
- quantidade de meio-bloco / área do pavimento tipo,
 - valor médio na modulação de 30 de 2,3 unid/m²,
 - valor médio na modulação de 40 de 1,8 unid/m².
- dd) índice de bloco especial por área do pavimento tipo (unid/m²);
- quantidade de blocos especiais / área do pavimento tipo,
 - valor médio na modulação de 30 de 0,8 unid/m²,
 - valor médio na modulação de 40 de 4,6 unid/m².
- ee) índice de bloco canaleta por área do pavimento tipo (unid/m²);
- quantidade de blocos canaleta / área do pavimento tipo,
 - valor médio na modulação de 30 de 3,9 unid/m²,
 - valor médio na modulação de 40 de 2,7 unid/m².
- ff) índice de meia-canaleta por área do pavimento tipo (unid/m²);
- quantidade de meia-canaleta / área do pavimento tipo,
 - valor médio na modulação de 30 de 0,4 unid/m²,
 - valor médio na modulação de 40 de 0,5 unid/m².
- gg) índice de meio bloco por bloco inteiro (%);
- 100 x quantidade de meio-bloco / quantidade de blocos inteiros,
 - valor médio na modulação de 30 de 8%,
 - valor médio na modulação de 40 de 10%.
- hh) índice de bloco especial por bloco inteiro (%);
- 100 x quantidade de blocos especiais / quantidade de blocos inteiros,
 - valor médio na modulação de 30 de 3%,
 - valor médio na modulação de 40 de 25%.
- ii) índice de bloco canaleta por bloco inteiro (%);
- 100 x quantidade de blocos canaleta / quantidade de blocos inteiro,
 - valor médio de 14%,

- valor mínimo de 5%,
 - valor máximo de 26%.
- jj) índice de meia-canaleta por bloco inteiro (%);
- $100 \times \text{quantidade de meia-canaleta} / \text{quantidade de blocos inteiros}$,
 - valor médio de 2%,
 - valor mínimo próximo a zero;
 - valor máximo de 9%.

ANEXO E – Questionário para caracterização da conduta empresarial

Este questionário (Quadro 111) tem como objetivo caracterizar a conduta empresarial através de uma pesquisa aplicada em diversos setores e cargos. Ele foi baseado e adaptado do proposto na tese de doutorado de Librelotto (2005). Nos casos em que o entrevistado disse não possuir conhecimento para responder a questão, sua resposta foi considerada nula (NL). Em seguida as respostas foram ponderadas, de forma que para cada questão pudesse haver uma única avaliação: FO para condutas consideradas fortes, IT para condutas intermediárias e FA para condutas fracas. No momento da pesquisa, os entrevistados não possuíam acesso ao critério de avaliação das condutas (forte, intermediária e fraca), para evitar respostas tendenciosas. No quadro estão apresentadas as questões relacionadas apenas aos indicadores aplicados nesta dissertação (Desenvolvimento de Produtos e Processos e Produção e Manutenção).

Quadro 111 – Questionário para caracterização da conduta empresarial
Continua

1	Caracterização da empresa e do setor de atuação
1.1	A empresa possui receita de outras fontes que não são as atividades de construção. (Exemplo: aluguel de equipamentos e imóveis)
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FO	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FA	Discordo

Fonte: adaptado de Librelotto (2005), quadro elaborado pela autora (2015).

Quadro 111 – Questionário para caracterização da conduta empresarial
 Continuação

2	Desenvolvimento de produtos/processos
2.1	Os projetos dos empreendimentos utilizam materiais que podem ser reciclados ao término da vida útil da edificação, economizam no consumo de energia e água, reaproveitam a água da chuva, entre outros.
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FO	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FA	Discordo
2.2	Estão sendo tomadas atitudes para inserir nos produtos tecnologias que otimizem o aproveitamento dos recursos, a exemplo de elevadores inteligentes, sensores de iluminação, ventilação natural, entre outros.
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FO	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FA	Discordo
2.3	A empresa utiliza mecanismos (como softwares) para análise do ciclo de vida dos produtos (da fabricação dos materiais ao uso, manutenção e término da vida útil, considerando vários fatores como custos e impacto ambiental).
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FO	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FA	Discordo

Fonte: adaptado de Librelotto (2005), quadro elaborado pela autora (2015).

Quadro 111 – Questionário para caracterização da conduta empresarial
 Continuação

2	Desenvolvimento de produtos/processos
2.4	A empresa tem introduzido diversas inovações tecnológicas nos processos para garantir sua competitividade. Exemplos: adoção de sistemas de informação gerenciais para agilizar os processos administrativos, substituição de processos artesanais por processos com maior grau de industrialização, como a projeção de reboco.
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FO	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FA	Discordo
2.5	As concorrentes tem adotado inovações tecnológicas nos processos.
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FA	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FO	Discordo
2.6	Tem-se percebido no mercado uma forte tendência à industrialização da construção e pode-se considerar que a empresa tem acompanhado esta evolução.
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FO	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FA	Discordo
2.7	Tem surgido muitos materiais e novos sistemas construtivos no mercado.
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FO	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FA	Discordo

Fonte: adaptado de Librelotto (2005), quadro elaborado pela autora (2015).

Quadro 111 – Questionário para caracterização da conduta empresarial
 Continuação

2	Desenvolvimento de produtos/processos
2.8	São utilizados novos materiais e sistemas construtivos nos produtos.
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FO	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FA	Discordo
2.9	Tem surgido muitos equipamentos inovadores no mercado.
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FO	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FA	Discordo
2.10	São utilizados equipamentos inovadores nos canteiros de obras.
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FO	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FA	Discordo
2.11	A empresa já desenvolveu alguma inovação tecnológica. (Exemplos: carrinhos especiais para transportes de materiais, procedimentos para layout de canteiros, eliminação de etapas através de novos processos).
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FO	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FA	Discordo
2.12	São inseridas no produto cada vez mais vantagens para o cliente que não correspondem a aumentos proporcionais no preço.
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FO	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FA	Discordo

Fonte: adaptado de Librelotto (2005), quadro elaborado pela autora (2015).

Quadro 111 – Questionário para caracterização da conduta empresarial
 Continuação

2	Desenvolvimento de produtos/processos
2.13	Os imóveis produzidos estão sendo cada vez menos duráveis, gerando cada vez mais solicitações à assistência técnica.
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FA	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FO	Discordo
2.14	Tem-se recebido reclamações dos clientes sobre a qualidade dos produtos.
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FA	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FO	Discordo
2.15	Os fatores que atribuem qualidade aos produtos como qualidade do material e da mão de obra, por exemplo, são levados em consideração nas tomadas de decisão, desde as tomadas pela obra, até pela diretoria.
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FO	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FA	Discordo
2.16	A maior procura por produtos tem exigido da empresa maior escala de produção.
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FO	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FA	Discordo

Fonte: adaptado de Librelotto (2005), quadro elaborado pela autora (2015).

Quadro 111 – Questionário para caracterização da conduta empresarial
Continuação

2	Desenvolvimento de produtos/processos
2.17	Na concepção dos produtos existe a preocupação com a racionalização do uso dos espaços no edifício, bem como dos recursos para produzi-lo.
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FO	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FA	Discordo
2.18	A empresa procura fazer com que as unidades habitacionais tenham projetos repetitivos como forma de otimizar sua produção.
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FO	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FA	Discordo
2.19	A empresa tem introduzido no produto possibilidade do usuário fazer alterações no imóvel sem aumento de custos.
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FO	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FA	Discordo
2.20	A empresa tem colocado no mercado produtos diferenciados pelo uso de novos materiais e tecnologias.
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FO	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FA	Discordo

Fonte: adaptado de Librelotto (2005), quadro elaborado pela autora (2015).

Quadro 111 – Questionário para caracterização da conduta empresarial
 Continuação

2	Desenvolvimento de produtos/processos
2.21	A diferenciação dos produtos tem ocorrido principalmente no que se refere ao atendimento ao cliente e concessão de vantagens na aquisição do imóvel.
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FO	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FA	Discordo
2.22	A empresa procura lançar vários tipos e estilos de empreendimentos para minimizar o risco de dependência pela aceitação de um único tipo produto.
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FO	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FA	Discordo
2.23	A empresa tem elaborado projetos e planos detalhados dos canteiros de obras mostrando a posição de equipamentos, fluxos de trabalho, locais de estocagem, condições de segurança, entre outros aspectos fundamentais à produção da edificação.
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FO	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FA	Discordo
2.24	Além dos detalhes construtivos que acompanham os projetos, também elabora projetos contendo espessuras das camadas de revestimentos, posições das tubulações, espessuras reais de lajes e pisos, paginação de paredes, forros e pisos, entre outras informações que evitam indefinições durante a execução da obra.
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FO	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FA	Discordo

Fonte: adaptado de Librelotto (2005), quadro elaborado pela autora (2015).

Quadro 111 – Questionário para caracterização da conduta empresarial
Continuação

2	Desenvolvimento de produtos/processos
2.25	No processo de projeto são adotadas medidas como: utilização de <i>check lists</i> , diretrizes de projeto, reuniões de compatibilização com os projetistas, elaboração de diversos projetos simultaneamente.
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FO	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FA	Discordo
3	Produção e manutenção
3.1	As atividades que a empresa exerce possuem grande impacto ambiental, devido ao dano potencial que pode causar ao meio ambiente, como poluição das águas, acúmulo de resíduos nos lixões, problemas à saúde do homem e degradação do ecossistema em geral.
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FA	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FO	Discordo
3.2	A empresa causa impactos positivos para a comunidade, nas questões econômica, social e ambiental.
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FO	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FA	Discordo
3.3	As atividades que a empresa exerce possuem grande impacto social, devido à possibilidade que tem de educar os colaboradores e atuar como agente para melhoria das condições sociais da comunidade.
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FO	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FA	Discordo

Fonte: adaptado de Librelotto (2005), quadro elaborado pela autora (2015).

Quadro 111 – Questionário para caracterização da conduta empresarial
 Continuação

3	Produção e manutenção
3.4	A empresa fornece benefícios aos empregados como, cesta básica, refeições, planos de saúde e cursos.
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FO	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FA	Discordo
3.5	A empresa desenvolve parcerias com a comunidade.
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FO	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FA	Discordo
3.6	As atividades que a empresa exerce possuem grande impacto econômico, devido aos empregos gerados e desenvolvimento regional.
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FO	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FA	Discordo
3.7	Os salários pagos pela empresa são superiores aos salários pagos por outras empresas do setor.
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FO	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FA	Discordo
3.8	A empresa presta serviços como manutenção além do prazo de garantia e indicação de profissionais ao usuário final.
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FO	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FA	Discordo

Fonte: adaptado de Librelotto (2005), quadro elaborado pela autora (2015).

Quadro 111 – Questionário para caracterização da conduta empresarial
Continuação

3	Produção e manutenção
3.9	A empresa possui o plano de manutenção de equipamentos e o utiliza. Os equipamentos estão sempre em boas condições de uso.
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FO	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FA	Discordo
3.10	A empresa utiliza ferramentas para controlar a produção em aspectos como, custos, prazo, qualidade e produtividade.
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FO	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FA	Discordo
3.11	Existem procedimentos para que os funcionários aprendam a enfrentar situações de emergência como, acidentes de trabalho, incêndios, quebra de equipamentos e falta de material.
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FO	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FA	Discordo
3.12	A empresa utiliza os 5 Sentos (ou outra ferramenta semelhante) no canteiro de obras.
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FO	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FA	Discordo

Fonte: adaptado de Librelotto (2005), quadro elaborado pela autora (2015).

Quadro 111 – Questionário para caracterização da conduta empresarial
 Continuação

3	Produção e manutenção
3.13	A empresa possui muita capacidade ociosa. A produção poderia ser muito maior mantendo ou mesmo reduzindo a quantidade de recursos necessários (materiais, mão de obra e equipamentos).
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FA	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FO	Discordo
3.14	Há uma tendência no mercado da construção civil em utilizar melhor a capacidade produtiva das empresas. A empresa está engajada nessa melhoria.
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FO	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FA	Discordo
3.15	A empresa não tem reduzido a quantidade de estoques de materiais nos canteiros de obras.
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FA	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FO	Discordo
3.16	Nas obras, os trabalhadores estão organizados em equipes.
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FO	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FA	Discordo
3.17	Os funcionários são treinados para exercerem mais de uma função na obra (carpinteiro e pedreiro, por exemplo).
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FO	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FA	Discordo

Fonte: adaptado de Librelotto (2005), quadro elaborado pela autora (2015).

Quadro 111 – Questionário para caracterização da conduta empresarial
Continuação

3	Produção e manutenção
3.18	As sugestões de melhoria nos processos de trabalho originam-se principalmente dos funcionários que executam os trabalhos nos canteiros de obras.
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FO	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FA	Discordo
3.19	O tempo necessário para produzir os produtos tem sido reduzido.
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FO	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FA	Discordo
3.20	Existem dificuldades em produzir em determinadas épocas do ano.
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FA	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FO	Discordo
3.21	São utilizados instrumentos como orçamentos e cronogramas para fazer o planejamento da produção de um empreendimento.
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FO	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FA	Discordo
4	Compras
4.1	Quando são adquiridos produtos de fornecedores, estão disponíveis várias opções de empresas e marcas.
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FO	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FA	Discordo

Fonte: adaptado de Librelotto (2005), quadro elaborado pela autora (2015).

Quadro 111 – Questionário para caracterização da conduta empresarial
 Continuação

4	Compras
4.2	A grande maioria das matérias-primas adquiridas tem fornecedores na região de atuação.
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FO	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FA	Discordo
4.3	A empresa consegue influenciar a política de preços e condições de pagamento de seus fornecedores, dada a quantidade de produtos que adquire.
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FO	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FA	Discordo
4.4	Nas compras, é dada preferência ao fornecedor mais antigo, no qual há mais confiança.
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FO	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FA	Discordo
4.5	Existem algumas matérias-primas e tecnologias que possuem importância estratégica para a empresa de tal forma que sem elas não é possível produzir ou é necessário se submeter às condições do mercado para obtê-las.
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FA	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FO	Discordo
4.6	Todos os fornecedores são avaliados periodicamente.
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FO	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FA	Discordo

Fonte: adaptado de Librelotto (2005), quadro elaborado pela autora (2015).

Quadro 111 – Questionário para caracterização da conduta empresarial
Continuação

5	Recursos humanos
5.1	A empresa costuma selecionar o pessoal a ser contratado, evitando a contratação de pessoas idosas, mulheres e deficientes físicos.
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FA	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FO	Discordo
5.2	O clima de trabalho dentro da empresa é agradável, privilegiando sempre o bom relacionamento entre as pessoas.
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FO	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FA	Discordo
5.3	A empresa evita a contratação de novos funcionários procurando reabilitar ou incentivar a permanência das pessoas.
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FO	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FA	Discordo
5.4	Quanto maior o tempo de serviço do funcionário na empresa maior é o seu salário.
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FO	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FA	Discordo
6	Marketing e vendas
6.1	Os produtos e serviços são diferenciados em relação aos existentes no mercado.
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FO	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FA	Discordo

Fonte: adaptado de Librelotto (2005), quadro elaborado pela autora (2015).

Quadro 111 – Questionário para caracterização da conduta empresarial
Conclusão

6	Marketing e vendas
6.2	A empresa realiza pesquisas de mercado periodicamente.
NL	Não tenho conhecimento específico para responder este item
FO	Concordo
IT	Concordo parcialmente
FA	Discordo

Fonte: adaptado de Librelotto (2005), quadro elaborado pela autora (2015).