

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**METODOLOGIA PARA DETERMINAR E AVALIAR
A QUALIDADE E O CUSTO DA SOLUÇÃO GEOMÉTRICA
DO PROJETO ARQUITETÔNICO DE APARTAMENTOS**

DANIEL DAS NEVES MARTINS

ORIENTADOR

PROF. ROBERTO DE OLIVEIRA, Ph.D.

FLORIANÓPOLIS – SC

MARÇO 1999

DANIEL DAS NEVES MARTINS

**METODOLOGIA PARA DETERMINAR E AVALIAR
A QUALIDADE E O CUSTO DA SOLUÇÃO GEOMÉTRICA
DO PROJETO ARQUITETÔNICO DE APARTAMENTOS**

Tese apresentada ao programa de pós-graduação em
Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina
para obtenção do grau de Doutor em Engenharia de Produção

FLORIANÓPOLIS – SC

MARÇO 1999

METODOLOGIA PARA DETERMINAR E AVALIAR A QUALIDADE E O CUSTO DA SOLUÇÃO GEOMÉTRICA DO PROJETO ARQUITETÔNICO DE APARTAMENTOS.

Daniel das Neves Martins

Esta tese foi julgada adequada para a obtenção do título de DOUTOR EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO e aprovada em sua forma final pelo orientador e pela banca examinadora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção:

Prof. Ricardo Miranda Barcia, Ph.D.
Coordenador

BANCA EXAMINADORA

Prof. Roberto de Oliveira, Ph.D.
Orientador

Profa. Dra. Maria Angélica Covelo Silva
Examinadora externa

Profa. Dra. Alice Terezinha Cybis Pereira
Examinadora interna

Prof. Francisco Ferreira Cardoso, Ph.D.
Examinador externo

Prof. Dr. Antonio Cesar Bornia
Examinador interno

Prof. Dr. Norberto Hochheim
Moderador

Ao
meu
anjo
guardião

AGRADECIMENTOS

A consecução deste trabalho representa o esforço de quatro anos de dedicação pessoal, alcançado graças a colaboração de inúmeras pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para o êxito desta empreitada.

Em primeiro lugar os agradecimentos ao prof. Luiz Fernando Mählmann Heineck, Ph.D., pelo encaminhamento do tema, orientação, cessão de parte dos projetos da amostra estudada, críticas e sugestões que muito contribuíram para o enriquecimento do trabalho.

Ao prof. Roberto de Oliveira, Ph.D., pelo empenho, ajuda e orientação na finalização do estudo.

A profa. Dra. Alice Terezinha Cybis Pereira, e aos profs. Dr. Norberto Hochheim e Dr. Antonio Cesar Bornia, pela análise crítica do trabalho, as preciosas observações e as sugestões expressas no exame de qualificação.

A profa. Rosângela Getirana Santana, M.Sc, pelas explicações, orientações e auxílio na operacionalização da análise estatística dos dados e modelos desenvolvidos, e a profa. Dra. Terezinha Aparecida Guedes, na análise das superfícies de resposta.

Ao prof. Dr. Luiz Henry Monken e Silva, pelo auxílio na determinação de um decisivo fator matemático.

A arquiteta Yvaldyne Maria Neves do Couto Mello, pela análise, críticas e sugestões.

Aos colegas do departamento de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Maringá pelo incentivo e confiança.

Aos responsáveis pela disponibilização temporal e financeira das instituições financiadoras do trabalho: Universidade Estadual de Maringá e CAPES – Fundação coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior.

Ao pessoal da Pró - Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da Universidade Estadual de Maringá pelo acompanhamento.

Ao pessoal da Coordenadoria do Curso de Pós - Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina pelo atendimento e ajuda dispensada.

A atenção e auxílio das bibliotecárias na árdua tarefa do levantamento bibliográfico.

Aos copiadores pelo inestimável serviço de duplicação de material bibliográfico.

Ao desenhista Luiz Gomes de Castro pelo trabalho de desenho em CAD.

Ao acadêmico Jean Martins e Silva Nunes pelas atividades de digitação e representação gráfica, ajuda, atenção e dedicação na formatação e editoração do trabalho.

A profa. Laura Lopes Paiva pela consultoria gramatical e esforço de melhorar a compreensão do trabalho.

A profa. Maria Dolores Dalpasquale pela consultoria em língua inglesa.

A bibliotecária Maria Salete Ribelatto Arita pela revisão das referências bibliográficas.

Aos inúmeros anônimos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

As amigos pelo apoio e incentivo.

A família pelo carinho e compreensão da ausência.

RESUMO

Este trabalho propõe a concepção de um modelo matemático de determinação de índices de qualidade geométrica e nominal, custo e custo/qualidade da solução do arranjo físico de uma habitação, a partir do estabelecimento de atributos e variáveis qualificadoras da configuração espacial e quantificadores do custo da solução adotada.

O modelo da qualidade geométrica é fundamentado no referencial teórico reproduzido pela bibliografia pesquisada, pelas hipóteses estabelecidas, e definido em função da explicitação dos índices da espaciosidade e da configuração, gerados com a finalidade de captar e quantificar as variáveis geométricas qualificadoras do arranjo físico. Os índices são determinados comparativamente aos valores expressos por um projeto ou valores alvo adotados, reproduzindo a qualidade requerida.

O modelo do custo é definido a partir das variáveis geométricas área útil, parede externa e interna, e tem como premissa básica a composição do custo de um edifício, segundo os planos horizontais e verticais, e, o padrão de acabamento.

São desenvolvidas ferramentas para a análise, avaliação e otimização das configurações espaciais, representadas pelos mapas de valores e pela casa da qualidade geométrica.

Os mapas de valores reproduzidos pelas superfícies de resposta apresentam possibilidades de soluções geométricas de arranjos físicos em função dos níveis requeridos de qualidade, custo e custo/qualidade.

A casa da qualidade geométrica demarca uma ferramenta matricial de planejamento com capacidade de captar a qualidade requerida pelo cliente.

O desenvolvimento obtido imprime ao trabalho um crescente e notável grau de importância como indutor da qualidade de projeto e do produto habitacional.

ABSTRACT

This work proposes the conception of a mathematical model to determine the nominal and geometric quality indexes and the cost and cost/quality indexes on the solution of a house lay-out, starting from the establishment of the attributes and variables that are qualifiers of the spatial configuration and cost quantifiers of the adopted solution.

The geometric quality model is based on theoretical referential from a researched bibliography, through established hypotheses, and defined taking into consideration the spatial configuration indexes generated with the purpose of capturing and quantifying the geometric variables that are qualifiers of the lay-out. The indexes are calculated comparatively to the values expressed by a project or adopted aim values, reproducing the required quality.

The model is defined from geometric variables of useful area, interior and exterior walls, having as basic premise the cost composition of a building according to horizontal and vertical plans as well as the finish pattern.

Instruments for analysis, evaluation or optimization of spatial configurations are developed, represented by maps of values and by the geometric quality house.

Value maps reproduced by the response surface present possible geometric solutions for spatial configurations, taking into consideration the required levels of quality, cost and cost/quality.

The geometric quality house delimits a planning matrix fit to meet the quality demanded by the customer.

The obtained development brings to the work a remarkable and increasing degree of importance as an inductor of quality improvement on the project and on the house product.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	xiv
LISTA DE FIGURAS	xvi
LISTA DE VARIÁVEIS	xviii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Considerações gerais	1
1.2. Motivação	6
1.3. Objetivos	10
1.3.1. Objetivos gerais	10
1.3.2. Objetivos específicos	11
1.4. Hipóteses	11
1.4.1. Geral	11
1.4.2. Específicas	11
1.5. Desenvolvimento metodológico	12
1.6. Importância do trabalho	15
1.7. Limites	17
1.7.1. Qualidade geométrica	17
1.7.2. Custo da solução	18
1.8. Estrutura do trabalho	18
2. QUALIDADE GEOMÉTRICA DO PROJETO ARQUITETÔNICO DE UMA HABITAÇÃO	20
2.1. A habitação como um produto integrante da vida do ser humano	20
2.2. O consumidor e a aquisição de uma habitação na cadeia produtiva	24
2.3. O enfoque da qualidade de uma habitação, a partir de sua função perda	26
2.4. O projeto arquitetônico de uma habitação	29

2.5. A geometria e a solução do arranjo físico de uma habitação	30
2.6. O enfoque estratégico do projeto arquitetônico	33
2.7. Metodologias de avaliação da qualidade de projetos de uma habitação	35
2.8. O mapa de valores da solução do arranjo físico de uma habitação	37
2.9. A casa da qualidade geométrica	38

3. ÍNDICE DE QUALIDADE GEOMÉTRICA E NOMINAL DA CONFIGURAÇÃO ESPACIAL DE UM APARTAMENTO **40**

3.1. Introdução	40
3.2. Modelo de determinação dos índices de qualidade geométrica e nominal, índices de custo geométrico e custo/qualidade	40
3.3. Variáveis geométricas constituintes do arranjo físico de um apartamento	42
3.4. Amostra representativa dos arranjos físicos de apartamentos	46
3.5. Índices de qualidade dos planos representativos do arranjo físico (configuração espacial)	46
3.5.1. Relação entre o plano vertical e o horizontal	46
3.5.2. Índice de espaciosidade (plano horizontal)	47
3.5.3. Exemplo de determinação do índice de espaciosidade de uma figura	49
3.5.4. Índice de configuração (plano vertical)	50
3.5.5. Exemplo de determinação do índice de configuração de um ambiente	51
3.6. Atributos de qualificação do plano vertical	52
3.6.1. Índice de exteriorização	53
3.6.2. Índice de mobiliamento	54
3.6.3. Índice de acessocomunicabilidade	60
3.6.4. Índice de comunicabilidade	60
3.6.5. Índice de amplidão	61
3.7. Modelo de determinação da qualidade espacial	62
3.8. Índice de qualificação da configuração	63
3.9. Modelo de determinação da qualidade da configuração	64
3.10. Modelo de determinação do índice de qualidade geométrica da configuração espacial de uma habitação	73
3.11. Determinação da área nominal da configuração espacial de uma habitação	75
3.12. Determinação do índice de qualidade nominal do arranjo físico	77

4. ÍNDICE DE CUSTO GEOMÉTRICO E CUSTO/QUALIDADE DA CONFIGURAÇÃO ESPACIAL DE UM APARTAMENTO **78**

4.1. Introdução	78
------------------------	-----------

4.2. O custo da solução geométrica do arranjo físico de uma habitação	80
4.3. Variáveis quantificadoras do custo da solução geométrica do arranjo físico de uma habitação	81
4.4. Constantes do custo	82
4.5. Metodologia de determinação do índice de custo geométrico da solução do arranjo físico de um projeto padrão de custo	83
4.5.1. Determinação das percentagens relativas das paredes externa e interna	83
4.5.2. Determinação do custo percentual relativo das paredes externa e interna incidente em relação ao custo do projeto padrão de custo	84
4.5.3. Determinação das unidades de custo da área útil, parede externa e parede interna incidente em relação à área útil do projeto padrão de custo	85
4.5.4. Determinação do índice de custo unitário das variáveis geométricas em relação à área útil do projeto padrão de custo	86
4.5.5. Determinação do índice de custo da solução geométrica do arranjo físico do projeto padrão de custo	87
4.6. Escolha do projeto padrão de custo	88
4.7. Exemplo de determinação do índice de custo da solução geométrica do arranjo físico de um projeto padrão de custo	93
4.8. Exemplo de determinação do índice de custo geométrico do arranjo físico de um apartamento	96
4.9. Índice de custo/qualidade do arranjo físico de um apartamento	97
5. AVALIAÇÃO GEOMÉTRICA DA CONFIGURAÇÃO ESPACIAL DE APARTAMENTOS	99
5.1. Introdução	99
5.2. Avaliação da configuração espacial de apartamentos de um dormitório	100
5.2.1. Delimitação do índice de qualificação da configuração interna e da exteriorização	103
5.2.2. Demarcação do índice de qualidade geométrica	104
5.2.3. Cálculo da área nominal dos arranjos físicos	105
5.2.4. Estabelecimento do índice de qualidade nominal dos arranjos físicos	105
5.2.5. Delimitação do índice de custo geométrico da configuração espacial	106
5.2.6. Definição do índice de custo/qualidade dos arranjos físicos	106
5.3. Mapas de valores da configuração espacial de apartamentos de um dormitório	108
5.3.1. Superfície de resposta	108
5.3.2. Mapa das isoáreas	111
5.3.3. Mapa dos índices de isoqualidade geométrica	111
5.3.4. Mapa dos índices de isoqualidade nominal	112
5.3.5. Mapa dos índices de custo geométrico	113

5.3.6. Mapa dos índices de custo/qualidade	114
5.4. Avaliação da configuração espacial de apartamentos de dois dormitórios	116
5.5. Mapas de valores da configuração espacial de apartamentos de dois dormitórios	122
5.6. Avaliação da configuração espacial de apartamentos de três dormitórios	126
5.7. Mapas de valores da configuração espacial de apartamentos de três dormitórios	135
5.8. Avaliação da configuração espacial de apartamentos de quatro dormitórios	139
5.9. Mapas de valores da configuração espacial de apartamentos de quatro dormitórios	145
6. A CASA DA QUALIDADE GEOMÉTRICA	
DA CONFIGURAÇÃO ESPACIAL DE UMA HABITAÇÃO	150
6.1. Introdução	150
6.2. A casa da qualidade geométrica	151
6.3. Montagem da casa da qualidade geométrica	154
6.3.1. Determinação do fator de peso dos requisitos	154
6.3.2. Delimitação das variáveis geométricas e qualificadoras	155
6.3.3. Estabelecimento de valores alvo	155
6.3.4. Especificação da qualidade requerida	156
6.3.5. Delimitação dos índices de controle do projeto avaliado	156
6.3.6. Estabelecimento dos índices de controle do projeto alvo	157
6.3.7. Definição dos índices de controle da qualidade requerida	158
6.3.8. Determinação dos índices de qualificação do projeto avaliado em relação ao alvo	158
6.3.9. Determinação dos índices de qualificação do projeto avaliado em relação à qualidade requerida	161
6.3.10. Estabelecimento de grau de importância dos requisitos do produto para o cliente	165
6.3.11. Classificação do grau de importância dos requisitos do produto para o cliente	167
6.3.12. Gráfico dos índices de qualificação do projeto avaliado	168
6.3.13. Gráfico dos índices de qualidade requerida	168
6.4. Exemplo de montagem de uma casa da qualidade geométrica	171
7. CONCLUSÃO E SUGESTÕES	174
7.1. Conclusão	174

7.2. Sugestões	177
8. BIBLIOGRAFIA	180
8.1. Referências bibliográficas	180
8.2. Bibliografia consultada	192

LISTA DE TABELAS

TABELA (1) - Os seis Bs da qualidade habitacional	02
TABELA (2) - As quatro principais etapas da qualidade	27
TABELA (3) - Relação de comparações da área pelo perímetro de uma figura fechada	32
TABELA (4) – Índices do plano vertical (configuração)	51
TABELA (5) – Dimensões padrão de móveis e equipamentos	56
TABELA (6) – Interface entre o corpo humano e o mobiliário	57
TABELA (7) – Variáveis geométricas e índices da configuração espacial de apartamentos	67
TABELA (8) – Composição do custo de um edifício	79
TABELA (9) – Diferenciais existentes entre a parede externa e a interna	82
TABELA (10) – Índice de custo e custo/qualidade	89
TABELA (11) – Segmentação da amostra dos projetos avaliados em função do número de dormitórios	100
TABELA (12) – Caracterização geométrica e atributos de qualificação do projeto 13	102
TABELA (13) – Variáveis geométricas e qualificadoras da configuração espacial de apartamentos de um dormitório	103
TABELA (14) – Índices de qualificação, qualidade geométrica, custo geométrico e custo/qualidade da configuração espacial de apartamentos de um dormitório	107
TABELA (15) – Estatística descritiva das variáveis geométricas, qualificadoras e índices computados para a amostra de apartamentos de um dormitório	108
TABELA (16) – Caracterização geométrica e atributos de qualificação do projeto 30	118

TABELA (17) – Variáveis geométricas e qualificadoras do arranjo físico de apartamentos de dois dormitórios	119
TABELA (18) – Índices de qualificação, qualidade geométrica, custo geométrico e custo/qualidade da configuração espacial de apartamentos de dois dormitórios	121
TABELA (19) – Estatística descritiva das variáveis geométricas, qualificadoras e índices computados para a amostra de apartamentos de dois dormitórios	122
TABELA (20) – Caracterização geométrica e atributos de qualificação do projeto 92	128
TABELA (21) – Variáveis geométricas e qualificadoras do arranjo físico de apartamentos de três dormitórios	129
TABELA (22) – Índices de qualificação, qualidade geométrica, custo geométrico e custo/qualidade da configuração espacial de apartamentos de três dormitórios	131
TABELA (23) – Estatística descritiva das variáveis geométricas, qualificadoras e índices computados para a amostra de apartamentos de três dormitórios	135
TABELA (24) – Caracterização geométrica e atributos de qualificação do projeto 35	141
TABELA (25) – Variáveis geométricas e qualificadoras do arranjo físico de apartamentos de quatro dormitórios	142
TABELA (26) – Índices de qualificação, qualidade geométrica, custo geométrico e custo/qualidade da configuração espacial de apartamentos de quatro dormitórios	143
TABELA (27) – Estatística descritiva das variáveis geométricas, qualificadoras e índices computados para a amostra de apartamentos de quatro dormitórios	145
TABELA (28) – Caracterização geométrica e atributos de qualificação do arranjo físico referente ao projeto 90	170

LISTA DE FIGURAS

FIGURA (1) – Modelo de medições da habitabilidade ambiental	23
FIGURA (2) – Modelo de determinação dos índices de qualidade geométrica e nominal, índice de custo e custo/qualidade	41
FIGURA (3) – Exemplo de uma figura retangular	49
FIGURA (4) – Quadrado de área equivalente (espaciosidade)	50
FIGURA (5) – Quadrado de área equivalente (configuração)	52
FIGURA (6) – Mobiliamento do dormitório (1)	58
FIGURA (7) – Mobiliamento do dormitório (2)	59
FIGURA (8) – Modelos de ajuste de índices de qualidade da configuração	66
FIGURA (9) – Índice de qualidade geométrica da configuração espacial de apartamentos	75
FIGURA (10) – Representação gráfica do projeto 13	101
FIGURA (11) – Modelo do índice de qualidade geométrica de apartamentos de um dormitório	105
FIGURA (12) – Mapa das isoáreas	111
FIGURA (13) – Mapa dos índices de isoqualidade geométrica	112
FIGURA (14) – Mapa dos índices de isoqualidade nominal	113
FIGURA (15) – Mapa dos índices de custo geométrico	114
FIGURA (16) – Superfície de resposta do índice de custo/qualidade	115
FIGURA (17) – Mapa dos índices de custo/qualidade	116
FIGURA (18) – Representação gráfica do projeto 30	117
FIGURA (19) – Modelo do índice de qualidade geométrica de apartamentos de dois dormitórios	120
FIGURA (20) – Mapa das isoáreas	123
FIGURA (21) – Mapa dos índices de isoqualidade geométrica	123
FIGURA (22) – Mapa dos índices de isoqualidade nominal	124
FIGURA (23) – Mapa dos índices de custo geométrico	124

FIGURA (24) – Superfície de resposta do índice custo/qualidade	125
FIGURA (25) – Mapa dos índices de custo/qualidade	125
FIGURA (26) – Representação gráfica do projeto 92	127
FIGURA (27) – Modelo do índice de qualidade geométrica de apartamentos de três dormitórios	134
FIGURA (28) – Mapa das isoáreas	136
FIGURA (29) – Mapa dos índices de isoqualidade geométrica	136
FIGURA (30) – Mapa dos índices de isoqualidade nominal	137
FIGURA (31) – Mapa dos índices de custo geométrico	137
FIGURA (32) – Superfície de resposta do índice de custo/qualidade	138
FIGURA (33) – Mapa dos índices de custo/qualidade	138
FIGURA (34) – Representação gráfica do projeto 35	140
FIGURA (35) – Modelo do índice de qualidade geométrica de apartamentos de quatro dormitórios	144
FIGURA (36) – Mapa das isoáreas	146
FIGURA (37) – Mapa dos índices de isoqualidade geométrica	146
FIGURA (38) – Mapa dos índices de isoqualidade nominal	147
FIGURA (39) – Mapa dos índices de custo geométrico	147
FIGURA (40) – Superfície de resposta do índice de custo/qualidade	148
FIGURA (41) – Mapa dos índices de custo/qualidade	148
FIGURA (42) – Casa da qualidade geométrica	153
FIGURA (43) – Escala de avaliação do requisito	154
FIGURA (44) – Representação gráfica do projeto 90	169
FIGURA (45) – Casa da qualidade geométrica	173

LISTA DE VARIÁVEIS

A = área útil de uma figura ou ambiente, em metros quadrados;

Aa = área útil do ambiente alvo, em metros quadrados;

AA = área útil do projeto alvo, em metros quadrados;

AN = área nominal do arranjo físico, em metros quadrados;

Ar = área alvo da qualidade requerida dos ambientes, em metros quadrados;

AR = área representativa da qualidade requerida do arranjo físico, em metros quadrados;

Au = área útil de um ambiente, em metros quadrados;

AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados;

AV = área nominal do projeto avaliado em relação à qualidade requerida;

C₁, C₂, C_{3i}, C_{4i} e C₅, constantes representativas do custo das paredes externas, paredes internas, acabamentos internos, piso e teto;

CA = perímetro ampliado, em metros;

CC = comprimento externo da parede de contorno da área privativa do apartamento, em metros;

CE = perímetro externo, em metros;

CJ = conexão por janelas; representa a somatória da largura das janelas em metros;

CK = perímetro qualificador interno, em metros;

CL = contorno externo da parede delimitante, em metros;

CLCG = classificação do projeto quanto ao índice de custo geométrico;

CLCQ = classificação do projeto quanto ao índice de custo/qualidade;

CLQG = classificação do projeto quanto ao índice de qualidade geométrica;

CLQN = classificação do projeto quanto ao índice de qualidade nominal;

CM = perímetro mobiliável, em metros;

CO = somatória do perímetro total dos ambientes do arranjo físico, em metros;

CP = conexões por portas e vãos; representa a somatória da largura de portas e vãos, e abertura de portas, em metros;

CQ = perímetro qualificador total, em metros;

CQ_{aa} = perímetro qualificador total do projeto alvo, em metros;

CX = comprimento externo da parede externa comum, em metros;

d_1, d_2 = variáveis binárias;

d_e = dimensão existente (largura ou comprimento), em metros;

d_n = dimensão necessária (largura ou comprimento), em metros;

E_a = valor relativo do ambiente para o cliente, definido pela escala de importância (0 a 1);

E_q = avaliação do requisito em relação à qualidade requerida, por meio da escala de avaliação;

E_s = valor relativo do setor para o cliente, definido pela escala de importância (0 a 1);

E_v = valor relativo dos atributos para o cliente, definido pela escala de importância (0 a 1);

f = função polinomial;

G_a = grau de importância relativa do ambiente para o cliente;

G_e = grau de importância relativa do ambiente para o cliente em relação ao arranjo físico do apartamento;

G_i = grau de importância relativa dos atributos para o cliente;

G_s = grau de importância relativa do setor para o cliente;

H = altura do ambiente;

HE = altura da parede externa;

HI = altura da parede interna;

IC = índice de configuração;

ICG = índice de custo geométrico do arranjo físico;

ICG₁₃ = índice de custo geométrico em relação ao projeto 13;

ICG₂₀ = índice de custo geométrico em relação ao projeto 20;

ICG₃₀ = índice de custo geométrico em relação ao projeto 30;

ICG35 = índice de custo geométrico em relação ao projeto 35;
ICG73 = índice de custo geométrico em relação ao projeto 73;
ICG92 = índice de custo geométrico em relação ao projeto 92;
ICG115 = índice de custo geométrico em relação ao projeto 115;
ICG135 = índice de custo geométrico em relação ao projeto 135;
ICG147 = índice de custo geométrico em relação ao projeto 147;
ICG167 = índice de custo geométrico em relação ao projeto 167;
ICGar = índice de custo geométrico do arranjo físico representativo da qualidade requerida;
ICI = índice de configuração de uma variável ou arranjo físico;
ICIaa = índice de configuração da variável geométrica ou qualificadora do projeto alvo;
ICIar = índice de configuração da variável geométrica ou qualificadora do projeto ou valores da qualidade requerida;
ICQ = índice de custo/qualidade do arranjo físico;
IE = índice de espaciosidade do arranjo físico;
IEaa = índice de espaciosidade do projeto alvo;
IEar = índice de espaciosidade do projeto ou valores da qualidade requerida;
IEX = índice de exteriorização;
IGR = índice de amplidão do arranjo físico;
IIA = índice de comunicabilidade;
IKA = índice de qualificação do arranjo físico;
IKAaa = índice de qualificação do arranjo físico do projeto alvo;
IKAar = índice de qualificação do projeto ou valores da qualidade requerida;
IKC = índice de qualificação da configuração;
IKCaa = índice de qualificação da configuração do projeto alvo;
IKCar = índice de qualificação da configuração do projeto ou valores da qualidade requerida;
IKE = índice de qualificação da configuração externa;
IKEaa = índice de qualificação da configuração externa do projeto alvo;

IKI = índice de qualificação da configuração interna;

IKI_{aa} = índice de qualificação da configuração interna do projeto alvo;

IMB = índice de mobiliamento;

IPA = índice de acessocomunicabilidade;

IPT = índice de parede total;

IPT_{aa} = índice de parede total do projeto alvo;

IQC = índice de qualidade das paredes(configuração);

IQE = índice de qualidade espacial dos ambientes;

IQE_{ar} = índice de qualidade espacial do ambiente em relação a qualidade requerida;

IQG = índice de qualidade geométrica da configuração espacial;

IQG_{ar} = índice de qualidade geométrica do arranjo físico em relação à qualidade requerida;

IQN = índice de qualidade nominal do arranjo físico;

IQN_{ar} = índice de qualidade nominal do arranjo físico em relação à qualidade requerida;

IQP = índice de qualidade de uma variável ou atributo da configuração do arranjo físico;

IQP_{ar} = índice de qualidade de uma variável ou atributo da configuração do projeto avaliado, em relação à qualidade requerida;

IQS = índice de qualidade espacial;

IQS_{ar} = índice de qualidade espacial do arranjo físico ou valor representativo da qualidade requerida;

IS = índice de espaciosidade;

IVA = índice de custo da área unitária útil privativa do apartamento;

IVE = índice de custo do comprimento unitário da parede externa da área útil do apartamento;

IVI = índice de custo do comprimento unitário da parede interna da área útil do apartamento;

$\frac{ke}{m}$ = fator de conversão;

L_i = largura do ambiente;

LO = perdas em relação à qualidade requerida, em metros quadrados;

m = fator métrico (metro);

P = perímetro, em metros;

PC = comprimento das paredes do perímetro determinante da área privativa do apartamento, em metros;

PD = parede divisória interna privativa do apartamento, em metros;

PE = parede externa da área privativa do apartamento, em metros;

PH = parede divisória entre apartamentos, em metros;

PI = parede interna da área privativa do apartamento, em metros;

PK = parede qualificadora interna, em metros;

PL = parede delimitante da área útil do apartamento com outro apartamento e com áreas comuns, em metros;

PO = parede divisória entre o apartamento e o condomínio, em metros;

PP = parede ou perímetro, em metros;

PPaa = (COaa, CMaa, CPaa, CJaa, PEaa, PIaa, PVaa, PKaa ou PQaa) = parede ou perímetro (variável geométrica ou qualificadora do projeto alvo), em metros;

PPar = (COar, CMar, CPar, CJar, PEar, PIar, PVar, PKar ou PQar) = parede ou perímetro (variável geométrica ou qualificadora do projeto ou valores representativos da qualidade requerida), em metros;

PPE = percentagem da parede externa em relação à quantidade de parede total incidente;

PPI = percentagem da parede interna em relação à quantidade de parede total incidente;

PQ = parede qualificadora total do apartamento, em metros;

PRA = projeto alvo;

PS = parede total incidente na área útil do apartamento, em metros;

PT = parede total da área privativa do apartamento, em metros;

PTaa = parede total do projeto alvo, em metros;

PV = parede interna incidente do apartamento, em metros;

PW = parede divisória em áreas comuns do edifício, não compartilhada pelo apartamento, em metros;

PX = parede de vedação em áreas comuns do edifício, não compartilhada pelo apartamento, em metros;

QR = qualidade requerida;

R = coeficiente de explicação;

RC = custo da parede externa em relação ao custo da parede interna;

Ri = requisito do produto (variáveis da espaciosidade e configuração do projeto avaliado);

RP = redutor do perímetro, em metros;

RVA = valor percentual do custo do plano horizontal reproduzido pelo piso e teto em relação ao custo do apartamento;

RVE = valor percentual do custo da parede externa em relação ao custo do apartamento;

RVG = valor percentual do custo das variáveis geométricas do arranjo físico, em relação ao custo do apartamento;

RVI = valor percentual do custo da parede interna incidente em relação ao custo do apartamento;

RVV = valor percentual do custo das paredes em relação ao custo do apartamento;

UC = unidades de custo relativo à área útil do apartamento;

UCA = unidades de custo da área útil em relação à área útil privativa do apartamento;

UCE = unidades de custo da parede externa em relação à área útil do apartamento;

UCI = unidades de custo da parede interna incidente em relação à área útil do apartamento;

VPE = custo relativo do comprimento unitário da parede externa;

VPI = custo relativo do comprimento unitário da parede interna;

VUE = custo unitário da parede externa, por metro quadrado;

VUI = custo unitário da parede interna, por metro quadrado;

Wi = comprimento do ambiente;

Wr = fator de peso referente a cada requisito do produto;

x_1, x_2 = variáveis independentes (observadas);

ε = erro aleatório;

$\eta = f(x_1, x_2)$ = superfície de resposta;

1. INTRODUÇÃO

1.1. Considerações gerais

A configuração espacial de um apartamento, exibida pelo seu arranjo físico, representa a primeira de uma série de conversões relativas a um rol de desejos e necessidades que o ser humano desenvolve em seu plano mental, visando obter uma moradia que propicie uma situação de bem-estar, e que possa ser traduzido em um nível de qualidade de vida que ele deseja obter e concretizar no plano real por meio de uma habitação com qualidade.

Segundo, Machado e outros (1986), ocorre uma dissociação entre as exigências técnicas da qualidade, a satisfação das necessidades sociais do bem-estar e da qualidade de vida. Bem-estar e qualidade de vida envolvem conceitos e atendimento a demandas sociais, culturais, psicológicas, ambientais e temporais em permanente transformação na complexa trajetória da espécie humana. Enquanto que a qualidade técnica de uma habitação está relacionada basicamente a critérios de conformidade, à capacidade de resposta às exigências funcionais, e às necessidades do mercado, numa ótica do benefício econômico que não se restringe a curto prazo.

Para Soczka (1986), a questão da qualidade de uma habitação não se reduz apenas ao espaço privado do apartamento, mas inclui também as infra-estruturas urbanísticas (equipamentos sociais), de apoio (transporte, abastecimento, saneamento e serviços) e o espaço onde a habitação está inserida, ou seja, a sua vizinhança. Este espaço constitui uma identidade social e cultural de seus habitantes com o estabelecimento de uma complexa teia de relações familiares, de amizade e vizinhança, constituindo-se em uma micro cultura no mosaico humano.

Um enfoque da qualidade habitacional é apontado por Martins (1995) a partir do cubo da qualidade habitacional, exibida pelos seis Bs: bom, bonito,

barato, breve, bacana e brilhante, mostrado na tabela (1).

O cubo da qualidade de uma habitação é obtido a partir de uma analogia com o processo fotográfico. A imagem (condensada pelos desejos e necessidades que o ser humano requer para a sua habitação) é captada pela lente da câmara (projetista), que a projeta e grava no negativo (projeto arquitetônico), o qual é convertido pelo seu processamento em uma fotografia (construção da habitação).

TABELA (1) – Os seis Bs da qualidade habitacional

ATRIBUTO	IMAGEM (desejos e necessidades)	PROCESSAMENTO (técnico, financeiro, temporal e sensorial)
(BOM) TÉCNICO	<ul style="list-style-type: none"> . que tenha todas as qualidades adequadas à sua natureza ou função; . que funcione bem; . digno de crédito, seguro garantido; . adequado, apropriado; . bem distribuído; . com espaço suficiente. 	<ul style="list-style-type: none"> . segurança: estrutural, ao fogo, à utilização; . durabilidade; . estanqueidade; . conforto térmico e acústico; . facilidade de manutenção; . garantia do produto; . otimização dos espaços; . distribuição espacial eficiente; . resposta às exigências funcionais.
(BONITO) ESTÉTICO	<ul style="list-style-type: none"> . que seja agradável aos sentidos; 	<ul style="list-style-type: none"> . forma; . estilo; . cores; . textura.
(BARATO) ECONÔMICO	<ul style="list-style-type: none"> . que custe um preço baixo, módico; . facilidades na aquisição. 	<ul style="list-style-type: none"> . relação custo/benefício; . custo de aquisição; . custo de manutenção; . condições de pagamento; . lucratividade.
(BREVE) TEMPORAL	<ul style="list-style-type: none"> . em pouco tempo. 	<ul style="list-style-type: none"> . rapidez na execução; . equacionamento da variável tempo.
(BACANA) EXCELÊNCIA	<ul style="list-style-type: none"> . superioridade; . que represente o status social e econômico. 	<ul style="list-style-type: none"> . localização; . originalidade; . privilégios: equipamentos; infra-estrutura de lazer, esporte e serviços; proteção e segurança pessoal; . flexibilidade; . requintes: grife; luxo.
(BRILHANTE) ENCANTAMENTO	<ul style="list-style-type: none"> . envolvente, cativante, fascinante, magnífico. 	<ul style="list-style-type: none"> . conforto visual, solar, háptico; . vista maravilhosa; . harmonização; . energização.

Esta analogia implica na seguinte apreciação: a qualidade do negativo (projeto) delimita o principal componente no processo de definição da qualidade da fotografia (habitação), obtida pela sua cópia. Defeitos, imprecisões e imperfeições presentes no negativo (projeto) acarretam a sua

reprodução na fotografia (habitação).

O processamento técnico dos atributos qualificadores, segundo o cubo da qualidade habitacional, inicia-se com a segurança estrutural e encerra com a energização. A energização e harmonização dos espaços (habitação e escritório) descreve para Floresta (1997) um tema atual que delinea e ganha importância na cultura ocidental, onde começa a despertar o interesse dos projetistas (desenvolvimento de projeto), usuários habitacionais e empresariais (arquitetura de interiores), além de chamar a atenção de acordo com Chiou & Krishnamurti (1997) da comunidade científica, que tem desencadeado a sua difusão e investigação.

Para Yun (1997), as casas ocidentais priorizam a praticidade, a beleza e a segurança enquanto que as antigas casas orientais dão ênfase ao Chi (energia vital que circula pelos ambientes), ao formato das casas (interior e exterior).

O Feng Shui estabelece uma técnica voltada para a arquitetura e decoração de ambientes através da milenar arte chinesa da organização e avaliação energética dos espaços. Descreve para Craze (1998) um caminho para a melhoria da qualidade de vida do ser humano em sua habitação.

O enfoque da qualidade habitacional é recente e posterior ao estudo e desenvolvimento de metodologias de projeto apontado por Heath (1984), como basicamente da década de 1960 com a conferência ocorrida em Oxford na Inglaterra, em 1963 abordando o tema métodos de projetos.

A consecução da qualidade de uma habitação tem como ponto central e de partida, a elaboração de um projeto - plano geral da edificação, que permita: converter com precisão, as decisões e pressupostos necessários para a obtenção de uma habitação com um consumo mínimo de recursos e que satisfaça às exigências funcionais durante o seu uso.

O projeto desperta atualmente um grande interesse e atenção por apresentar, entre outros, um baixo índice de custo, segundo Eldin (1991) na faixa de 3 a 10% do custo total do empreendimento, e reproduz para Barrie & Paulson (1984) um alto nível de influência na determinação da qualidade da habitação, cerca de 70%, chegando a mais de 80% segundo Mallon & Mulligan (1993).

Para Akin (1993), a área de projetos define um campo de ação emergente onde pode ser constatado um número cada vez maior de investigações, e um aumento na especialização dos temas cobertos por esses estudos. Aponta, contudo, uma ausência de ferramentas interativas específicas que possam ser compartilhadas pelos métodos e teorias de projeto.

Uma das ferramentas mais importantes que tem contribuído para a melhoria do projeto e conseqüentemente para a qualidade da construção, é estabelecida pelo processamento de informações, imagens e simulações pela dupla: computador pessoal e programas aplicativos.

É praticamente impossível a análise, desenvolvimento de modelos, simulações e geração de gráficos de experimentos com grande quantidade de valores por processo manual, sem a utilização do computador.

Exemplificando: neste trabalho a tabulação dos resultados finais referentes à análise de 177 arranjos físicos de apartamentos com 19 variáveis e índices descritivos para cada projeto, demarcam o processamento de 3.363 dados. A análise de ajuste e concepção dos gráficos envolve 177 pares de valores. Esta quantidade pode ser ampliada, fácil e rapidamente processada a um baixo custo e de maneira precisa pelos atuais computadores pessoais em conjunto com os aplicativos específicos (software Statistica no presente caso).

Foram gerados neste estudo pelo programa Statistica em função das análises, simulações e gráficos, cerca de 3000 arquivos de dados entre tabelas e gráficos cujo desenvolvimento é muito difícil de ser realizado sem o auxílio de um computador pessoal (configuração a partir do processador Intel 486), e um programa estatístico (Statistica ou similar).

O desenvolvimento da computação nos últimos 15 anos, obtido principalmente da evolução vertiginosa do microcomputador, permite e induz atualmente de acordo com Batty (1998) a busca formal e quantitativa de novas metodologias da solução de questões ligadas à geometria e dinâmica dos ambientes; a partir da teoria do caos e geometria de fractal com o enfoque da complexidade dos sistemas e delimitados por poderosas simplificações que permitam extrair a essência da situação e ao mesmo tempo, estabelecer maneiras nas quais possam ser controlados e projetados tais sistemas.

O projeto de uma habitação, conforme o conceito de um sistema

complexo, é focalizado por Silva (1984), sob o aspecto de que a arquitetura admite ser estudada, segundo inúmeros ângulos, portanto, oferece diversas faces ao observador. Os atributos dos elementos tendem a variar no tempo e são influenciados por fatores culturais, tecnológicos, econômicos, psicológicos e ambientais, entre outros.

O enfoque da complexidade é descrito para Jennigs & Kenley (1996), pela qualidade ou propriedade de uma organização, empreendimento ou geralmente de um sistema a qual é derivada da interação de quatro determinantes:

1. número de elementos contidos no sistema;
2. atributos dos elementos específicos do sistema;
3. número de interações entre os elementos do sistema;
4. grau de organização inerente ao sistema.

Para Ford (1994) e Baccarini (1996), a habitação expressa um sistema complexo, tanto em termos do projeto, quanto do produto.

Outro fator abordado no complexo sistema de edificação é referido por Groak citado por Simon (1994) os quais consideram o processo da edificação similar ao conceito da teoria do caos. Os sistemas caóticos altamente sensíveis com eventos aparentemente insignificantes dão origem a conseqüências desfavoráveis.

Glavan & Tucker (1991) avaliam que pequenos problemas relacionados a projetos afetam significativamente a performance da construção (por exemplo: tempo e custo). Concluem que a maioria dos problemas na construção são causados por informações relativas a um projeto de baixo nível (projeto com: erros, omissões, divergências e interferências).

Conclusões similares são apontadas por Austin e outros, Hollins e outros e Nijhuis citados por Simon (1994).

Dada a complexidade da edificação habitacional, a impossibilidade do conhecimento e análise simultânea dos inúmeros elementos, atributos e interações que compõem o sistema, visando a consecução de uma melhoria no processo, ou seja, a obtenção de uma habitação com um maior índice de qualidade, sobretudo, que induza e propicie uma melhor qualidade de vida a seus habitantes, propõe-se no presente trabalho:

1. determinar um modelo de análise, avaliação e otimização da configuração espacial de uma habitação (apartamento), a partir das variáveis geométricas que compõem o arranjo físico e reproduzidas no modelo pelas variáveis: área útil, perímetro externo, perímetro mobiliável e ampliado, e, as conexões por portas, vãos e janelas;
2. precisar um índice de qualidade da configuração espacial do apartamento em função da quantificação das perdas (índice de qualidade nominal, reproduzindo a variabilidade da função intrínseca e efeitos colaterais nocivos do produto), computadas em função da quantificação dos atributos qualificadores das variáveis em relação às condições determinantes da qualidade requerida;
3. definir um índice do custo do produto (apartamento) em função da quantificação das variáveis geométricas presentes no arranjo físico, fixadas pela área útil (determinando o piso e o teto), pelas paredes externa e interna (descrevendo a vedação, divisórias e conexões), bem como pela relação de custo entre a parede externa e interna (reproduzindo o tipo dos materiais e acabamentos utilizados);
4. gerar um algoritmo custo/qualidade, visando a análise, avaliação e otimização do arranjo físico do apartamento, o qual delimita a minimização do custo e a maximização da qualidade.
5. desenvolver ferramentas (mapa de valores e casa da qualidade geométrica), que auxiliem o projetista na análise, avaliação e otimização da solução do arranjo físico de um apartamento.

1.2. Motivação

A motivação no estudo do tema qualidade geométrica do arranjo físico de uma habitação surgiu há alguns anos, mais precisamente em 1985 com a coleção de uma série de anúncios de lançamentos de apartamentos, coletados em jornais de Maringá e São Paulo. Um fato existente em Maringá e que chamava a atenção na época, era a intensa verticalização da cidade, encetada no início da década de oitenta.

A grande quantidade e diversidade dos apartamentos ofertados, propiciou o contato com múltiplas soluções no que diz respeito à composição das configurações espaciais, assim como: dimensões, formas, tipologias, altura dos edifícios e outras mais. Permitiu estabelecer um contraste entre a tradicional arquitetura Paulista e a emergente Maringaense (em termos da verticalização das habitações). Entre uma arquitetura com configuração ortogonal, ângulos retos, apontada pelos projetistas locais como tradicional, e outra com ângulos obtusos, diferentes dos retos, compondo formas recortadas, também chamada de irregular ou quebrada.

Uma análise comparativa dentre as diversas plantas de apartamentos comercializados em Maringá e São Paulo remeteu à busca de respostas para algumas das questões ligadas à composição e custo da configuração espacial de uma habitação vertical, particularmente em relação à

1. influência das variáveis geométricas definidoras dos planos horizontal e vertical na qualidade da configuração espacial;
2. definição e avaliação da qualidade geométrica do arranjo físico de um apartamento;
3. influência da geometria no custo da solução adotada.

Estas questões ficaram sem uma resposta técnica na época, o máximo que se conseguiu foi proceder uma análise comparativa entre imóveis com tipologias similares (área e número de dormitórios) ofertados em Maringá e São Paulo. A avaliação foi processada particularmente no que diz respeito à angulosidade predominante no arranjo físico (reta ou obtusa), e a sua relação com a tendência da forma geométrica do apartamento (circunscrito em um quadrado ou retângulo) e sua implicação no consumo de área utilizada nas circulações, as quais foram processadas pela sua quantificação e posteriormente comparadas em função da classificação do projeto do apartamento em tradicional (ângulos retos), ou irregular (ângulos obtusos). A conclusão a que se chegou foi a de que o projeto dito irregular induzia a uma forma dos apartamentos tendendo ao quadrado (principalmente em relação a apartamentos de maior dimensão, quatro dormitórios por exemplo), um menor consumo e melhor aproveitamento das áreas de circulação, (como um hall íntimo por exemplo), devido à possibilidade de obtenção de ambientes com

formas diferentes da tradicional circulação retangular com pequena largura e grande comprimento (triangular por exemplo).

Em 1993, com a participação em um congresso em Portugal e visitas técnicas ao LNEC (Laboratório Nacional de Engenharia Civil) e IST (Instituto Superior Técnico) em Lisboa, tomou-se contato com uma série de trabalhos desenvolvidos discutidos no ENCONTRO NACIONAL SOBRE QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO (1986) e no 2º ENCONTRO NACIONAL SOBRE QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO (1990).

O interesse principal a respeito dos assuntos expostos nos encontros sobre qualidade na construção recaiu sobre os desenvolvimentos na área da qualidade do projeto, particularmente no que diz respeito às metodologias de apreciação da qualidade ou da economia/qualidade, apresentados por Bezelga (1986), e descritos pelos métodos: SEL, Qualitel e Electre.

Outros temas correlatos pesquisados na época em Portugal diziam respeito a informações relativas a: funções e exigências de áreas da habitação, elaboradas por Portas (1969), uso do espaço na habitação, descrito por Pereira & Gago (1983), e qualidade da habitação sob o ponto de vista do consumidor, exposto por Cabrita (1990) e Gomes (1990).

A partir do interesse e importância do tema, das análises de arranjos físicos de apartamentos anteriormente efetuados, e da bibliografia pesquisada, foi proposto em 1994 como trabalho de tese no Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, o desenvolvimento de uma metodologia de avaliação da qualidade geométrica do arranjo físico de uma habitação.

Em 1995 cursando a pós-graduação, novas informações foram acrescentadas no que diz respeito à morfologia dos espaços e suas relações com o mobiliário, expressa por Silva (1982), ao custo dos espaços em função das decisões arquitetônicas adotadas para o edifício, analisadas por Mascaró (1985), e as diretrizes empresariais do projeto arquitetônico, utilizadas pela Encol (1990). Posteriormente um conhecimento mais detalhado do assunto foi propiciado por um vasto levantamento bibliográfico efetuado no Brasil, obtido a partir de cerca de quinhentas referências compostas de livros, teses, dissertações e artigos.

Um problema, entretanto ainda se fazia presente na época em relação à proposta de trabalho, o qual remetia ao seguinte questionamento: a existência ou não de uma bibliografia e metodologia específica a respeito do assunto, ainda não conseguida no material pesquisado.

Com o intuito de buscar uma resposta a esta questão foi realizada em 1997, uma viagem técnica visando o levantamento bibliográfico e contatos com pesquisadores da área em Portugal, realizada na Faculdade de Arquitetura da Universidade Técnica de Lisboa, no Instituto Técnico Superior e Laboratório Nacional de Engenharia Civil em Lisboa, na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, e complementada na Inglaterra no RIBA (Royal Institute of British Architects) em Londres.

A partir deste levantamento, adicionadas às informações fornecidas por diversos pesquisadores e profissionais da área, notadamente em Portugal onde foi deliberada a intenção da busca de uma solução para esta questão não solucionada (o assunto qualidade do projeto é pesquisado e desenvolvido no país há mais de quinze anos), aliado ao trabalho anteriormente executado de extensa pesquisa bibliográfica e contatos com pesquisadores cobrindo as principais fontes de informações referentes à área em estudo no Brasil (a maior dificuldade residiu no fato de ser aqui uma área emergente), entretanto foi possível constatar que este assunto definia um tema em aberto, devida à inexistência de uma bibliografia e metodologia específica. A principal dificuldade encontrada em relação à revisão bibliográfica e estabelecimento de um referencial teórico é concernente ao grande número de citações expressas no trabalho, referentes a comunicações, pesquisas e desenvolvimentos apresentados por diversos autores em congressos, livros, teses ou publicações cujas fontes não foram possíveis localizar no Brasil.

Com a reunião dessa gama de informações, pôde-se melhor compreender o alcance da questão, de modo a propor uma metodologia de avaliação da qualidade geométrica do arranjo físico de uma habitação.

O arranjo físico de um apartamento reproduz a sua composição e configuração espacial, delimita um elemento importante ou determinante de inúmeros atributos qualificadores da habitação, dentre os quais: forma, otimização dos espaços, eficiência na distribuição espacial, funcionalidade,

flexibilidade, originalidade, acessibilidade, comunicabilidade e conforto: térmico, acústico, higrotérmico e visual, bem como o custo. Em última instância, o conhecimento e quantificação das variáveis geométricas que compõem o arranjo físico, possibilitam a obtenção de uma relação entre o custo da solução, fixado pelo valor ou índice monetário necessário para a concretização da habitação; e o benefício gerado no produto (apartamento) devido à presença no arranjo físico, dos atributos geométricos qualificadores da habitação, reproduzidos pelos índices de qualidade geométrica e nominal.

A qualidade da solução geométrica do arranjo físico de uma habitação reproduz o primeiro de uma série de atributos, delimitadores (possivelmente o maior) da qualidade do produto habitação (técnicos, estéticos, econômicos, temporais, excelência e encantamento), o qual justifica sua seleção e estudo neste trabalho.

São utilizadas atualmente diversas metodologias de avaliação da qualidade habitacional, notadamente na Europa, onde sobressaem o sistema SEL (Système d'évaluation des logements), desenvolvido na Suíça e o método Qualitel, aplicado na França.

Em relação à habitação sob o enfoque de seu arranjo físico é verificada pela AICCONP (1986) a inexistência de uma metodologia de avaliação da qualidade do projeto, situação que persiste atualmente.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivos gerais

Desenvolver uma metodologia (modelo matemático) e ferramentas (mapa de valores e casa da qualidade geométrica), que auxiliem o projetista na análise, avaliação e otimização da solução do arranjo físico de um apartamento, e também na consecução de uma estratégia de obtenção e análise de novas alternativas de solução.

1.3.2. Objetivos específicos

Outros objetivos associados ao modelo, e particularmente ao algoritmo custo/benefício, são definidos por:

1. otimização de arranjos físicos de habitações gerados com a utilização da inteligência artificial, via computador;
2. indicador da qualidade da solução geométrica do arranjo físico de um projeto ou produto (habitação);
3. sistema de indexação e classificação de apartamentos;
4. informação de estratégia empresarial para a tomada de decisões, monitoramento de resultados do ambiente interno e externo (mercado e concorrência).

1.4. Hipóteses

1.4.1. Geral

As variáveis geométricas área (delimitando a superfície e fixando a espaciosidade), paredes (estabelecendo os limites, adjacências, dissecações e demarcando a configuração), conexões (determinando as ligações, acessos e comunicações) definem a composição e configuração espacial de uma habitação, precisam atributos qualificadores da solução (confinamento, possibilidade de mobiliamento, acessibilidade e comunicabilidade), também quantificadores do seu custo (área, parede externa e interna).

1.4.2. Específicas

A área reproduz a variável geométrica representativa mais importante no processo de definição da composição, quantificação e configuração espacial

de uma habitação, bem como de seu custo físico e financeiro.

As paredes estabelecem a variável geométrica com maior influência na qualificação da solução do arranjo físico e quantificação de seu custo.

1.5. Desenvolvimento metodológico

Definidos os objetivos e as hipóteses, o ponto de partida do trabalho é delimitado pelo estabelecimento das variáveis geométricas definidoras dos atributos qualificadores da configuração espacial e quantificadores do custo da solução adotada.

Fixadas estas variáveis geométricas, são desenvolvidos indicadores específicos (índice de espaciosidade e de configuração) capazes de captar e quantificar a presença das variáveis qualificadoras (área, paredes e conexões) do arranjo físico.

Obtidos os índices de variáveis qualificadoras, é processada a sua somatória, de modo a definir o valor representativo do índice de qualificação do arranjo físico.

Com a introdução de um projeto ou valores alvo, reproduzindo a qualidade requerida (índice de qualidade igual a um), é fixado o valor do seu índice de qualificação. O valor obtido pelo índice de qualificação do projeto avaliado, dividido pelo índice de qualificação do projeto alvo, define o índice de qualidade geométrica da solução do arranjo físico.

Valor alvo neste contexto definido por Archer (1971) como a sinalização da direção nas quais as mudanças tendem para a melhoria, com a definição de um valor a ser alcançado ou superado.

Qualidade requerida definida, segundo o enunciado proposto por Gitlow (1993) como o sentimento e julgamento feito pelos clientes e usuários a respeito do grau em que um produto atende ou excede as suas necessidades ou expectativas, representando aqui o atendimento integral (valor igual a 1,0 em uma escala de 0 a 1).

Qualidade geométrica definida a partir do conceito de qualidade

apresentado pela ISO (International Standardization Organization) como o conjunto das propriedades e características geométricas do arranjo físico de uma habitação que lhe fornecem a capacidade de satisfazer as necessidades explícitas e implícitas.

Processados os projetos que compõem a amostra representativa dos arranjos físicos avaliados (apartamentos com configuração variando de um a quatro dormitórios), o passo seguinte, e principal, é definido pela determinação de um modelo matemático que relacione o índice de qualidade da configuração espacial da habitação a uma variável representativa do arranjo físico.

Uma indicação encontrada na bibliografia pesquisada, neste sentido (qualidade de projeto versus custo para a obtenção da qualidade) é mostrada por Kirkpatrick (1970), sob a seguinte afirmação: como regra geral, melhor qualidade de projeto significa custos mais altos. O autor propõe um gráfico com a qualidade de projeto plotada no eixo das abscissas (x), e o custo no eixo das ordenadas (y). Analisando a forma do gráfico apresentado e a sua colocação a respeito da qualidade do projeto em relação ao custo necessário para a sua obtenção; é possível inferir que o modelo pode ser definido por uma equação de potência com a qualidade indicando um rápido crescimento numérico em relação ao custo na escala inicial da curva, ocorrendo uma inversão desta tendência na escala final. Significando que o custo para a obtenção de um determinado e igual intervalo de melhoria (índice de qualidade) de um produto, é proporcionalmente menor, quanto menor for o seu índice de qualidade.

Transpondo estas premissas para a configuração espacial de uma habitação (apartamento) é montado o seguinte cenário: a qualidade é descrita pelo índice de qualidade geométrica do arranjo físico e o custo reproduzido pela variável descrita pela área. A partir desta montagem é processada a análise estatística e o valor da potência fixado pelo modelo de ajuste é igual a três (equação cúbica), ou seja, o custo para a obtenção de um determinado índice de qualidade do arranjo físico de uma habitação (reproduzida pela área útil) é igual a uma constante multiplicada pelo índice de qualidade da configuração espacial elevado ao cubo. Procedendo-se a análise matemática desta equação, sob o enfoque da adoção de um projeto alvo, reproduzindo a qualidade requerida (índice de qualidade igual a um), é possível verificar que o

valor da constante estabelecida é igual ao valor da área útil do projeto alvo, definindo portanto, a equação matemática que estabelece o modelo de determinação da qualidade geométrica do arranjo físico de uma habitação.

Estabelecida a equação, que descreve o índice de qualidade geométrica, é calculado a partir deste modelo, o valor das perdas induzidas no arranjo físico em função da magnitude dos atributos geométricos qualificadores da configuração espacial, presentes no arranjo físico, comparativamente com o modelo da qualidade definido em função do projeto alvo adotado. O cômputo da multiplicação da área alvo pelo índice de qualidade geométrica elevado ao cubo, define a área nominal do apartamento, isto é, o valor da área útil menos o valor das perdas decorrentes (confinamento dos espaços, paredes não mobiliáveis, entre outras) cujo custo é fixado em área. O valor da área nominal dividido pela área útil, define o índice de qualidade nominal do arranjo físico.

A avaliação do custo da solução do arranjo físico é obtida por meio da quantificação das variáveis geométricas delimitantes do custo dos planos horizontal e vertical (área, paredes externa e interna incidente) e o diferencial existente entre o custo da parede externa em relação à parede interna, aplicados ao modelo desenvolvido de determinação do índice de custo geométrico do arranjo físico do apartamento. As constantes de custo do modelo proposto são estabelecidas para um projeto padrão adotado (pode ser qualquer projeto), posteriormente utilizadas nos outros arranjos avaliados e o custo geométrico do arranjo físico é calculado em função das variáveis geométricas pertinentes a cada configuração espacial.

Conhecidos o índice de qualidade e do custo da solução do arranjo físico, a avaliação do apartamento sob a ótica de sua configuração espacial é processada por meio do algoritmo índice de custo/qualidade representando o índice de custo geométrico dividido pelo índice de qualidade nominal. O sentido da obtenção de um menor valor do índice de custo/qualidade delimita o caminho para a otimização, ou seja, o de minimizar o custo e maximizar a qualidade.

Definidos os modelos de determinação da qualidade e do custo da solução do arranjo físico de uma habitação, o próximo passo é o estabelecimento de ferramentas gráficas que facilite a avaliação da

configuração espacial de um apartamento.

As ferramentas gráficas propostas são reproduzidas: pelas isocurvas, obtidas a partir de uma superfície de resposta que demarca uma região de múltiplas características da qualidade, do custo ou da quantificação geométrica da configuração espacial e possibilita a avaliação gráfica do arranjo físico de uma habitação (apartamento) em função de determinadas variáveis explicativas (composição do custo em função da quantidade de paredes externa e área por exemplo), e pela casa da qualidade geométrica, reproduzindo uma ferramenta matricial com capacidade de converter os requerimentos do cliente (desejos e necessidades) em requisitos de produção, e estabelecer a qualidade requerida para o produto.

1.6. Importância do trabalho

Um dos dois principais produtos do processo do projeto é especificado por Hillier (1998) pela configuração do espaço (o outro é a configuração da forma). A configuração do espaço exibe implícita ou explicitamente uma dimensão chave do conhecimento no domínio do projeto de arquitetura. Qualquer teoria do projeto de arquitetura, ao que parece, tem de levar em conta a configuração do espaço.

Há particular interesse para Amor (1993) no que diz respeito à questão da configuração do espaço, à busca de modelos visando à geração de arranjos físicos de habitações via sistemas de informações e utilização de inteligência artificial, por meio do processamento computacional. Dentre os problemas existentes nesta busca conforme Steve (1996), está relacionado à questão da escolha ou otimização da solução, devido à grande quantidade de possibilidades e à inexistência de algoritmos específicos desenvolvidos para tal fim.

É empreendido atualmente pela Carnegie Mellon University nos USA conjuntamente com a Universidade de Adelaide na Austrália o projeto SEED (c1996,97) com o objetivo de desenvolver arranjos físicos de edificações via processamento computacional. O intento do programa SEED de acordo com

Flemming (1998) é o de fomentar os projetistas a desenvolverem e explorarem alternativas conceituais do arranjo físico de maneira mais eficaz, na fase inicial e crucial do projeto. Em particular o modo SEED de desenvolvimento de arranjos físicos destina-se a facilitar os projetistas a gerarem arranjos físicos da totalidade do projeto (projeto completo) e testar a grande quantidade de alternativas e possibilidades das diferentes configurações do espaço.

Uma outra área que cresce em importância, conectada diretamente com a análise e avaliação da configuração do espaço, é a classificação dos edifícios segundo a sua forma arquetípica. Este termo (forma arquetípica) proposto por Steadman (1998) expressa a análise e avaliação dos edifícios a partir de certas propriedades do envoltório da edificação, possíveis de serem obtidas a partir das variáveis geométricas. A idéia central desta proposição é a de avaliar e catalogar o edifício a partir de determinados valores geométricos do arranjo físico, condicionantes do confinamento do edifício, tais como: a forma, perímetro exterior, profundidade dos ambientes e atributos do edifício: altura, composição espacial (espaço celular, espaço com planos abertos e hall). O critério principal da classificação é referente às implicações das variáveis geométricas do arranjo físico e dos atributos do edifício no tipo predominante de iluminação dos ambientes internos (natural ou artificial). A proposta tem como ponto de partida um trabalho de classificação geométrica por atividades de usos em edifícios da Inglaterra e País de Gales, desenvolvido por Steadman (1994), visando a sua utilização em um programa nacional de conservação de energia e redução da emissão de dióxido de carbono.

Os dados do levantamento e classificação dos edifícios foram processados e permitiram a criação de um banco de dados de grande alcance, que o autor pretende ampliar a partir de novos estudos, de modo a utilizar na avaliação e classificação de edifícios por meio de uma codificação numérica que possa ser ordenada e indexada.

Markus (1987), desenvolveu uma metodologia similar, de classificação dos edifícios, a partir de uma definição do ambiente espacial composto e expresso pelos atributos: forma, função e espaço. Em relação ao espaço, identifica como atributos qualificadores: o número e localização das entradas do edifício, as ligações dos espaços e a sua seqüência, a profundidade dos

ambientes, o número e as alternativas de rotas.

A classificação do edifício é processada pela indexação numérica dos atributos qualificadores, de modo a formar um código numérico representativo do edifício, similar ao sistema de código de barras, hoje utilizado comercialmente para identificar um produto.

As aplicações anteriormente citadas especificam algumas das possibilidades de utilização do modelo aqui proposto, visando à análise, avaliação e otimização da solução do arranjo físico de uma habitação, através da metodologia proposta e ferramentas desenvolvidas, desta forma caracteriza um enfoque estratégico no desenvolvimento das configurações espaciais. Demarca um avanço nesta área, imprime ao trabalho um notável e crescente grau de importância como indutor da melhoria do projeto e do produto habitacional, e fomentador da atuação no sistema de obtenção de uma habitação, de seus atores principais: projetista, empreendedor e consumidor envolvidos no processo de produção de uma habitação.

1.7. Limites

1.7.1. Qualidade geométrica

Diversas variáveis intervêm na qualidade geométrica do arranjo físico de uma habitação, sendo algumas delas externas ao projeto, tais como: a legislação referente a construção (taxa de ocupação do solo, coeficiente de aproveitamento, altura máxima e recuos) e o terreno (localização, dimensão e formato), os quais não foram aqui abordados por representarem condicionantes não dominadas pelo projetista.

Outras variáveis conectadas diretamente a geometria do projeto, tais como a modulação e altura dos ambientes não são analisados no presente estudo devido à impossibilidade de sua obtenção a partir da amostra de projetos avaliados (prospectos) e simplificação do modelo proposto.

1.7.2. Custo da solução

A limitação básica na aplicação do modelo de custo é referente à realidade tecnológica e empresarial atual e está ligada à questão da delimitação do índice de custo da solução geométrica do arranjo físico.

O modelo de determinação do índice de custo é desenvolvido em relação a valores teóricos, todavia, a implementação do modelo, na prática, requer o conhecimento dos valores do custo do plano horizontal e vertical em relação ao custo da obra, bem como o diferencial de custo entre a parede externa e interna.

Os valores ora obtidos na bibliografia e expostos como exemplificação resultam de um estudo realizado pela Encol (1990). Entretanto não foram encontrados no meio técnico empresarial consultado (Maringá, Londrina e Florianópolis) ou na literatura pesquisada, outros valores referentes a estas determinações.

Para o aproveitamento do potencial do modelo é necessário o conhecimento das inúmeras possibilidades de variação dos valores (custo do plano horizontal e vertical, relação de custo entre a parede externa e interna) em função das variáveis influenciadoras ou delimitantes do custo, tais como: tipo do sistema construtivo (convencional em concreto armado, bloco estrutural, pré-moldado, protendido ou aço), o sistema divisório (paredes em alvenaria cerâmica ou gesso acartonado), padrão do acabamento (tipo e classe dos materiais de acabamento, vedações, esquadrias e portas) e altura do edifício.

Assim como não foi considerada a diferenciação referente a área de pisos e paredes molhadas e secas devido a simplificação do modelo proposto.

1.8. Estrutura do trabalho

O trabalho exhibe no primeiro capítulo, a introdução, ou seja a explicação do problema que motivou o estudo; os objetivos associados à

pesquisa, às hipóteses que orientaram o desenvolvimento dos modelos e das ferramentas, a importância do trabalho face às possibilidades de aplicação, e as suas limitações.

O capítulo dois expõe a fundamentação teórica, através de uma revisão bibliográfica abordando os principais tópicos relacionados ao tema.

Encontra-se no capítulo três a descrição do processo de obtenção do modelo de determinação do índice de qualidade geométrica e nominal do arranjo físico de um apartamento.

O modelo de determinação do custo e custo/qualidade do arranjo físico é estabelecido no capítulo quatro.

A exposição das ferramentas gráficas desenvolvidas e reproduzidas pelos mapas de valores das isovariáveis encontra-se no capítulo cinco.

A casa da qualidade geométrica, demarcando uma ferramenta de planejamento, capaz de integrar os atributos do cliente em requisitos de produção e determinar a qualidade requerida, é apresentada no capítulo seis.

O capítulo sete fecha o trabalho com as conclusões a respeito do desenvolvimento alcançado, suas implicações e contribuições para a melhoria da configuração espacial de uma habitação. Finalizando, apresenta sugestões para novas pesquisas.

A bibliografia referenciada e consultada é apresentada no capítulo oito.

2. QUALIDADE GEOMÉTRICA DO PROJETO ARQUITETÔNICO DE UMA HABITAÇÃO

2.1. A habitação como um produto integrante da vida do ser humano

A habitação se apresenta como um produto complexo em razão das questões inerentes às suas atribuições e à multiplicidade de funções que desempenha, entre outras, e conseqüentemente sua complexidade também é devida à dimensão que assume na vida do ser humano. Rapoport citado por Ryd (1991), propõe algumas das conceituações utilizadas para o significado e natureza de uma habitação, quais sejam: produto, processo, função, lugar, procedimento, cenário, território, privacidade e entidade multifuncional. A habitação é definida por Ekambi-Scmidt (1974) como um lugar onde se habita: uma casa, um apartamento. O conceito de habitar é representado para Cabrita (1995), pela demarcação edificada de um espaço que permita ao homem, em relação à habitação, conseguir: segurança; privacidade; compensação das insatisfações (do trabalho e do meio ambiente); a inserção cosmogênica (o retorno a si); estabelecimento de uma relação dialética sujeito/objeto (objeto de uso funcional, de valor social e de símbolo); realização da auto imagem desejada (ideal); exprimir uma territorialidade; afirmação; apropriação (não só do território, mas dos objetos e do modo como os dispõe); assegurar uma libertação (afirmação da autonomia); desempenhar as atividades com facilidade, flexibilidade e liberdade (designadamente as tarefas cotidianas domésticas); ter segurança física e psicológica, e estabelecimento de relações sociais comunitárias.

Além dos atributos inerentes à habitação, Cabrita aponta ainda uma série de outros relacionamentos no nível do ambiente próximo ou da vizinhança, tais como: estabelecimento de relações sociais, comunitárias e de contatos com a natureza, segurança física e psicológica, e, exercício da mobilidade geográfica e social, definindo para o conceito de habitar, uma dimensão filosófica, fisiológica, sociológica e psicológica reportada diretamente à satisfação de um conjunto de desejos e necessidades determinantes do bem-estar do ser humano.

O interesse no bem-estar humano em situações de isolamento no espaço (onde o ambiente indubitavelmente assume uma significância muito maior) tem motivado a NASA - Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço, a considerar as necessidades humanas associadas aos padrões de qualidade de vida. A NASA citada por Lantrip (1997), define habitabilidade como a potencialidade de um ambiente em prover a produtividade, comportamento situacional desejável de seus ocupantes, segurança, estado de ânimo, bem-estar fisiológico e psicológico, homeostase, bem como, adequado desempenho e integridade físico-social.

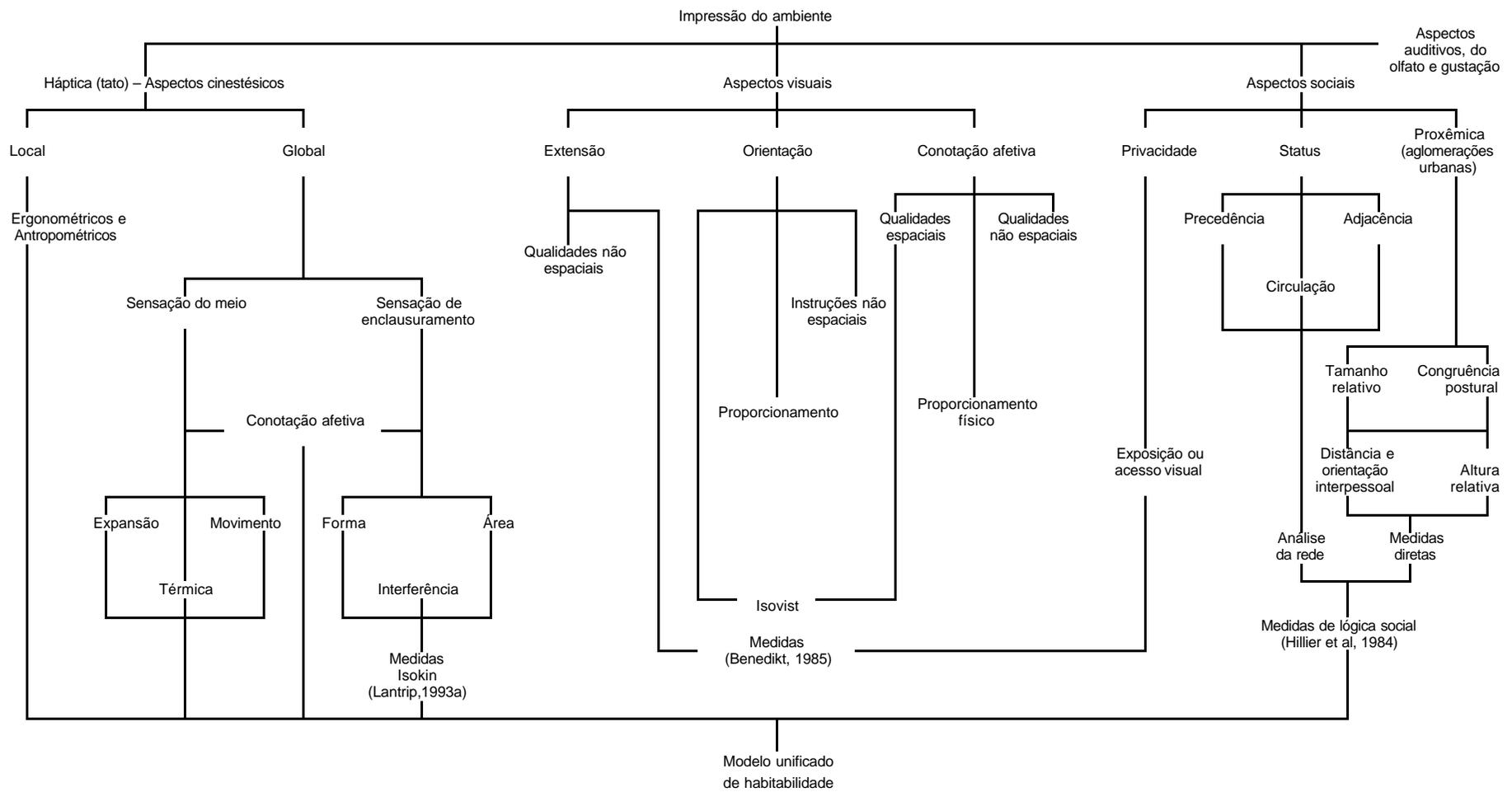
As teorias e desenvolvimentos experimentais iniciados por Maslow, a respeito da hierarquia das necessidades, deram suporte às linhas de pesquisas desenvolvidas atualmente no intuito de definir diretrizes e benefícios potenciais para uma determinada melhoria no padrão de qualidade de vida no habitat. Ivanovich e outros, citados por Lantrip, nomeia esta evolução do ambiente construído de *green buildings*, numa alusão a volta à natureza. Glasser & Strauss citados por Ryd (1991), avaliam a arquitetura habitacional como uma expressão do nível de qualidade de vida.

Para Lantrip, existe a necessidade de reexaminar o conceito de habitabilidade, tendo em vista os avanços sociais e científicos e a constatação que os ambientes habitacionais ou de trabalho, possam afetar a qualidade de vida do ser humano muito mais que anteriormente suposto. Neste sentido, expõe algumas das investigações processadas nas últimas três décadas dentre elas, as realizadas por Hall, Desor, Heimsath e Imamoglu citados por

Lantrip (1997), as quais apontam que o êxito ambiental, no que se refere à percepção do espaço habitável, está ligado diretamente à existência de uma certa dimensão espacial suficiente para as atividades desejadas. Lantrip expressa um enfoque visando o planejamento de um ambiente habitável, composto por três fases, quais sejam: a primeira, a de identificar as necessidades humanas e fixar como o ambiente pode influir satisfatoriamente para atender a esta demanda; a segunda, a de definir parâmetros que possam traduzir as necessidades dos habitantes em um valor de desempenho do ambiente e, a última, a de verificar o desempenho do ambiente após a sua ocupação. Estabelece ainda características de desempenho ambiental, referentes a três níveis de percepção: o primeiro nível, denominado de enriquecimento, no qual o ambiente agrega valor e significado, expresso por: reintegração (relaxamento e energização), propósito e filiação (senso de propósito e orientação exitosa), cognição (percepção da qualidade do ambiente) e participação ou personalização (ambiente convidativo); o segundo denominado nível funcional, no qual o ambiente acomoda atividades e diferenças individuais, sendo reproduzido por: acesso ou auto conhecimento (liberdade de movimentos e acesso a recursos valorativos), comunicação e privacidade, flexibilidade e estabilidade (flexibilidade do ambiente e identidade grupal), espaciosidade (ambiente provendo de espaço para as atividades desejadas sem sentimentos de aprisionamento, limitação ou interferência), atendimento, instrumentos e espaço para armazenagem; por último o terceiro, denominado nível básico, no qual o ambiente provê conforto e refúgio, é descrito por: conforto (comodidade biológica), proteção (aspectos adequados de segurança e mecanismos de proteção de acidentes) e defesa (refúgio, meio de escape e acesso para ajuda).

No intuito de sistematizar aspectos e investigações ora abordados, visando contribuir para o estabelecimento de normas mínimas de habitabilidade referentes às necessidades e preferências do ser humano, Lantrip indica um modelo teórico de determinação da habitabilidade dos ambientes, mostrado na figura (1), e desenvolve uma metodologia denominada ISOKIN, a partir de atributos do espaço (áreas) e atributos de comunicação visual (interferências visuais).

FIGURA (1) – Modelo de medições da habitabilidade ambiental



Fonte: LANTRIP (1997), p. 655.

Ressalta a inexistência de um rol de critérios específicos que um ambiente deva satisfazer para ser considerado habitável, indica a existência de diversas pesquisas e propostas no sentido de quantificar as características de habitabilidade de um ambiente, seguindo duas tendências: a primeira, partindo da verificação de certos atributos físicos, como a sua dimensão ou o nível de iluminação, por exemplo; a segunda, referindo-se à descrição do ambiente em relação à necessidade de seus ocupantes.

Aponta para a área de investigação da compreensão das necessidades humanas e estabelecimento de medidas quantitativas de habitabilidade, como sendo de grande potencial para melhorar o desenvolvimento do planejamento, projeto e gerenciamento de sistemas que envolvam a questão da habitabilidade do espaço. Salienta, ainda, que os critérios de desempenho devem fomentar a busca de soluções funcionais e inovadoras do projeto, que atendam às necessidades do usuário, mesmo sendo desafiadas por limitações da solução do projeto, forçadas pela questão econômica ou por outros fatores extrínsecos (localização e legislação, por exemplo).

2.2. O consumidor e a aquisição de uma habitação na cadeia produtiva

A aquisição de uma habitação tem, de acordo com Cabrita (1990), vários objetivos de qualidade, associados a uma definição e hierarquia nem sempre claras. O consumidor tem uma noção das regras do mercado e formula suas exigências em função de sua capacidade econômica e de suas expectativas, procurando o produto que se enquadre neste perfil, ou mais se aproxime dele. Esta estratégia pessoal pode conduzir à consecução dos objetivos, por exemplo: (apartamento de três dormitórios em um condomínio de alto padrão e excelente localização), ou redução da ambição mantendo a mesma hierarquia de valores (apartamento de dois dormitórios em um

condomínio de alto padrão e excelente localização), ou redução da hierarquia mantendo a ambição (apartamento de três dormitórios em um condomínio de médio padrão, ou razoável localização). O processo de decisão do consumidor é normalmente complexo e contraditório porque nele vão interferir os valores que constituem o seu mundo pessoal, fruto de necessidades mais ou menos objetivas, de expectativas, de conhecimentos e de influências do meio social e cultural.

Uma outra abordagem referente ao processo de aquisição de uma habitação é apontada por Gomes (1990), como sendo o consumidor o elemento mais fraco da cadeia produtiva, pois na maioria das situações, ele não intervém na escolha ou na decisão sobre o local da construção, raramente influi no projeto, e não lhe é permitido interferir na execução da obra.

Contrapondo-se a esta afirmação, o conceito da qualidade inverte este papel onde o consumidor de mero espectador, é transformado em ator principal, e Paladini (1994) chama a atenção a este respeito, com a seguinte colocação: "a meta de uma empresa é atender ao consumidor, porque não há outro meio de se manter no mercado e, sem isso, a sobrevivência da organização está ameaçada. E nesta situação, a empresa depende do consumidor e não o contrário."

Existe, segundo Ross (1988), a necessidade de estabelecer um elo de ligação entre o consumidor, os projetistas e os empresários construtores. Ocorre em muitos casos, uma incompatibilidade entre o consumidor e os construtores, que pode chegar a um impasse, no que se refere aos objetivos e ao ponto de vista de cada um em relação à qualidade do produto. Contudo, o consumidor é afetado pela configuração, pelo custo, bem como por qualquer eventualidade prejudicial que venha a ocorrer com o produto adquirido.

A qualidade pode ser avaliada de acordo com o enfoque preconizado por Taguchi (1990a), em função das perdas intrínsecas e efeitos colaterais nocivos gerados pelo produto.

A qualidade é expressa, sob o ponto de vista do construtor, em função das perdas intrínsecas que ocorrem em uma habitação, estabelecidas normalmente pelo desperdício gerado por resíduos e retrabalho, entre outros;

para o consumidor, ela é denotada pelos efeitos colaterais nocivos do produto, causados por infiltração, inadequação dos espaços destinados à armazenagem, confinamento de um ambiente, e, desconforto térmico, acústico e visual, entre outros.

A solução deste impasse (ponto de vista da qualidade), implica para Ross, no equacionamento do conflito entre as partes, por meio do estabelecimento de requerimentos consistentes do consumidor, que possam ser utilizados nas especificações do produto, de modo a minimizar suas perdas intrínsecas e seus efeitos nocivos colaterais.

Uma das formas de assegurar que esta situação efetivamente aconteça, isto é, que os requerimentos do consumidor sejam atendidos pelo produto, é por meio do Q.F.D (desdobramento da função qualidade), o qual reproduz para Brocka & Brocka (1995) uma ferramenta de planejamento do tipo matricial, capaz de integrar os requisitos do consumidor em características de projeto, que por sua vez, se tornam requisitos de produção.

Esta consecução é obtida pela casa da qualidade geométrica, desenvolvida com o intuito de adequar os requisitos do projeto aos desejos e necessidades do cliente, e demarcar a qualidade que o mesmo requer.

O atendimento e a satisfação do consumidor é segundo Walker (1991), uma arma poderosa de fidelidade e vendas. Para Whiteley (1997), as empresas devem ter uma maneira de ser e pensar que as levem a definir o produto de acordo com a necessidade e vontade do consumidor, sendo que a época atual é caracterizada como a era da qualidade voltada para o cliente.

2.3. O enfoque da qualidade de uma habitação, a partir de sua função perda

O conceito da qualidade mostrado por Souza e outros (1994), evoluiu ao longo do tempo de uma característica inicial de inspeção, passando pelo

controle estatístico da qualidade e pela garantia da qualidade, até a característica atual da qualidade total, que é mostrada na tabela (2).

TABELA (2) - As quatro principais etapas da qualidade

IDENTIFICAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS	ETAPA DO MOVIMENTO DA QUALIDADE			
	Inspeção	Controle estatístico da qualidade	Garantia da Qualidade	Qualidade Total
Conceito da qualidade	Qualidade é um problema	Qualidade é um problema	Qualidade é um problema que deve ser enfrentado positivamente	Qualidade é uma oportunidade de concorrência
Objetivo principal	Obter a conformidade do produto por meio de inspeção final	Obter a conformidade do produto por meio de controle estatístico de processos e inspeção final por amostragem	Obter a conformidade do produto, atuando preventivamente desde projeto até o mercado	Atender às necessidades do mercado e do consumidor
Responsável pela Qualidade	Departamento de inspeção	Departamento de inspeção e engenharia	Todos os departamentos da empresa	Todas as pessoas na empresa, incluindo os fornecedores externos
Ênfase	No produto	No produto	No produto	No cliente interno e externo

Fonte: SOUZA, 1994, p. 22.

A situação atual da qualidade total com ênfase no cliente, indica para Gale & Buzzell (1989), um conceito estratégico, assim como para Whiteley (1997), que a coloca como uma das forças de enfrentamento do aumento da concorrência mundial .

Uma outra maneira de focar e analisar a questão da qualidade é proposta por Taguchi (1990b), que a avalia em termos da perda gerada pelo produto na sociedade, é obtida por meio da função perda da qualidade que um produto causa à sociedade após sua venda. Para Taguchi citado por Kackar (1986) e Almeida (1989), as perdas devem ser medidas em termos de valores monetários, são causadas basicamente pela variabilidade da função intrínseca do produto (perdas causadas pela variabilidade do produto, durante sua vida útil) e pelos efeitos colaterais nocivos do produto (associados ao seu uso). Sua premissa básica é a de buscar a qualidade do produto a partir do projeto, ou seja, projetar um produto que seja robusto o suficiente para garantir qualidade, a despeito de variações que venham a ocorrer em todo o processo de produção, bem como no seu uso.

Para Brocka & Brocka, a filosofia da qualidade de Taguchi tem como fator chave, a redução na variação das características de desempenho

do produto em relação a seus valores alvos.

Valores alvos sinalizam para Archer (1971), uma direção na qual as mudanças tenderão para algo melhor e mais correto, e identificam um valor limiar entre o aceitável e o inaceitável, por exemplo: o aumento da área de um determinado ambiente indica o sentido de melhoria (na qualidade), e o limiar é dado pelo valor da área mínima requerida. Demirkan e outros (1992), os consideram como atributos que o projetista quer ver exposto no estado final do projeto. Chan (1992) e Arge (1995), os colocam como cruciais no desenvolvimento de um projeto, e influenciadores de sua qualidade. Taguchi citado por Martins & Laugeni (1998), reportando a respeito da engenharia da qualidade, considera a necessidade de fixar um valor alvo para a qualidade requerida, enfatiza que ocorrem custos indesejáveis quando o alvo não é alcançado, devido à função perda de qualidade ter valor igual a zero; quando o alvo fixado é atingido, e um valor crescente com o afastamento do alvo.

Exemplo desta situação é relatado por Steadman (1994), a respeito de um programa desenvolvido na Inglaterra e no País de Gales, visando uma política nacional de conservação de energia nos edifícios. Os edifícios foram classificados por atividades de uso e pela forma geométrica, bem como pelo tipo de iluminação utilizada, se natural ou artificial. A questão da iluminação é o ponto central do exemplo, já que a utilização da iluminação artificial no período diurno está relacionada diretamente à dimensão e confinamento dos ambientes. Um ambiente confinado, sem uma ligação direta para o meio exterior (janela), ou com uma ligação ineficiente (poço de iluminação), induz uma perda na utilização do produto. Neste caso esta perda é fixada pelo aumento do consumo de energia elétrica, e conseqüentemente, de gastos financeiros, bem como a possibilidade de outras perdas em relação ao conforto térmico (ventilação, exaustão de gases e outros), formação de bolor, acúmulo de fungos e bactérias, e, que normalmente também se transformam em perdas financeiras, devido à necessidade de instalação de equipamentos especiais para solucionar ou minimizar o problema, ou o custo de um tratamento médico no caso de uma moléstia adquirida devido às condições existentes no ambiente.

Uma outra perda, que motivou o estudo em questão, é aquela da sociedade como um todo, referente ao aumento do consumo energético que demanda a busca de novas fontes de geração de energia, e a alocação de volumosos recursos financeiros para sua obtenção.

Destarte, a proposta de Taguchi, é particularmente útil nas etapas iniciais de desenvolvimento de um novo produto, ou seja, no projeto, quando são estabelecidos os pressupostos de qualidade e, portanto, válida no caso do produto habitação, onde a função perda da qualidade define uma poderosa ferramenta para alcançar o objetivo de minimizar as perdas e, conseqüentemente maximizar a qualidade.

2.4. O projeto arquitetônico de uma habitação

Existe um contexto de necessidades, aspirações e expectativas que o consumidor possui no seu plano mental, e que ele procura compor para viabilizar a sua habitação no plano real. A solução neste contexto é obtida segundo Silva (1984) por meio de uma transformação da representação ou imagem mental, para a forma de uma proposta gráfica de solução, com a descrição e prescrições necessárias para a materialização da obra, denominada de projeto arquitetônico.

O ponto de partida da composição arquitetônica é para Krier (1988), reproduzido pelo espaço interno, obtido pelas unidades espaciais constituídas pelas suas paredes delimitantes, o piso e o teto, como elementos tradicionais, e, as janelas e portas, como conexões com o exterior. Por meio deles, os elementos técnicos do espaço são fixados. Eles se tornam compreensíveis, descritíveis, definem o tamanho, a proporção e a forma. Esses componentes referem-se diretamente à função do ambiente, à composição do arranjo físico, os quais devem levar em conta, a habitabilidade das pessoas, a acomodação do mobiliário e a execução de certas atividades domésticas.

Os problemas de definição do arranjo físico do projeto de uma habitação, é que comportam um grande número de soluções satisfatórias e hoje, representam um dos grandes temas de pesquisa na área em busca de metodologias que permitam o desenvolvimento de múltiplas opções, e principalmente, de algoritmos para a otimização das soluções.

2.5. A geometria e a solução do arranjo físico de uma habitação

A passagem da imagem mental de um projeto arquitetônico para o plano real é concretizado, para Costa (1993), por meio de uma representação gráfica, obtida a partir da geometria, a qual, segundo Geoffrey (1991), delimita a disciplina que organiza a arquitetura, e que, para Consiglieri (1995), desempenha dois papéis básicos, correspondentes a um meio de representação gráfica e a uma ferramenta para a construção. Este último salienta que para o êxito da composição arquitetural, deve existir uma valorização individual do papel exercido pelos planos horizontal e vertical, bem como o estabelecimento de um diálogo entre os mesmos. A questão do diálogo, ou seja, a relação existente entre os planos precisa características que tornam determinados arranjos geométricos preferenciais para a composição arquitetônica, e destacam propriedades de eficiência do projeto, as quais podem ser captadas, segundo Costa (1993) e Guerra (1971), por uma relação entre o perímetro e a área da figura.

A relação perímetro/área é apresentada por Mascaró (1985), Encol (1990), Heineck & Oliveira (1994), como um dos fatores geométricos essenciais para a tipificação dos edifícios, e determinante do custo da solução do arranjo físico de uma habitação. A relação descreve para Heineck & Oliveira, uma lei de formação dos ambientes, onde as paredes assumem o principal fator definidor da funcionalidade arquitetônica dos ambientes.

A solução geométrica obtida pelo arranjo físico representa por outro lado um dos fatores delimitantes do custo da edificação, uma vez que a

formação de um determinado ambiente e da própria habitação é processada a partir do enclausuramento da área por meio das paredes, as quais formam figuras geométricas com diferentes relações perímetro/área.

O custo da edificação é influenciado por esta relação em função da forma resultante da figura, a qual implica em diferentes comprimentos do perímetro, conseqüentemente de paredes e componentes determinantes do plano vertical (portas, janelas, revestimentos e acabamentos).

Mascaró avalia que existem poucas alternativas de otimização do custo da edificação a partir do plano horizontal, devido ao fato de que cerca de dois terços do seu custo é definido pela estrutura de concreto. O plano vertical, por outro lado indica inúmeras alternativas de composição do arranjo físico, estabelecendo variações significativas na quantidade e conseqüentemente no custo dos elementos determinantes das paredes, principalmente no que diz respeito a revestimentos (interno e externo).

O estabelecimento de um diálogo, ou seja, de uma relação entre o plano horizontal, descrito pela área e o plano vertical, delimitado por seu perímetro, não pode, segundo Mascaró, ser obtido de modo direto, pois não são diretamente proporcionais. Exemplificando: o quadrado de lado igual a dois, exibe um perímetro igual a oito e área igual a quatro, implicando em uma relação perímetro/área igual a dois, aumentando o lado do quadrado para quatro, a relação perímetro/área indica um valor igual a um.

Esta questão é alvo de estudos por parte de diversos pesquisadores já há algum tempo. Horton citado por March & Steadman (1971), desenvolve e utiliza em estudos geográficos na década de 1930 com a denominação de relação de forma, uma comparação da área pelo perímetro de uma figura, a qual é mostrada na equação (1):

$$RF = \frac{4A}{pe^2} \quad (1)$$

com:

RF = relação de forma;
A = área útil de uma figura;
e = diâmetro ou eixo menor.

Outros índices do relacionamento da área pelo perímetro de uma figura fechada são propostos por diversos autores, e, apresentados na tabela (3).

TABELA (3) - Relação de comparações da área pelo perímetro de uma figura fechada

ÍNDICE	EQUAÇÃO	AUTOR
1. Relação de forma	$\frac{4A}{p e^2}$	HORTON (1932) HAGGETT (1965)
2. Relação de circularidade	$\frac{4p A}{P^2}$	MILLER (1953)
3. Relação de alongação	$\frac{2}{e} \sqrt{\frac{A}{P}}$	SCHUMM (1956)
4. Relação linha-radial	$\sum_i \left(t_i - \frac{1}{n} \right)$	BOYCE & CLARK (1964)
5. Relação da elipsidade	$\frac{4A}{p.e.m.}$	STODDART (1965)
6. Relação da compacidade	$\frac{A}{\left(2p \int_A t^2 \partial A \right)^{1/2}}$	BLAIR & BLISS (1967)
7. Performance do projeto	$\frac{2p \sqrt{S}}{C} \times 100$	MARCH (1970)
8. Índice da compacidade	$\frac{2 \sqrt{Ap}}{P} \times 100$	MASCARÓ (1985)
9. Relação da Compacidade	$\frac{P^2}{A}$	WISE (1988)

Fonte: índices:1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7. - MARCH & STEADMAN (1971), p. 193;

8. - MASCARÓ (1985), p. 15;

9. - LANTRIP (1997), p. 661.

Legenda:

S = área total dos pavimentos;

C = perímetro total dos pavimentos;

A = área da figura;

P = perímetro da figura;

e = diâmetro ou eixo menor;

m = diâmetro ou eixo maior;

n = número de vértices;

t_i = eixos radiais normalizados, desde o centróide para os vértices;

t = eixos radiais desde o centróide para a pequena área ∂A .

O intuito de desenvolver estes índices, é o de analisar fatores relacionados a questões do conforto em uma circulação (corredores), comprimento de percursos de serviços (corredores de serviço), quantidade de paredes externas, bem como outras variáveis que afetam o custo de produção e manutenção de uma edificação, como por exemplo, a quantidade do revestimento externo.

Além dos atributos acima colocados, os índices possibilitam a avaliação de um rol de outros fatores ligados à caracterização geométrica do arranjo físico de uma habitação, no que se refere a: confinamento dos espaços, possibilidade de mobiliamento, conexões dos ambientes, também possibilita a determinação da sua qualidade geométrica.

Um dos problemas na definição do arranjo físico do projeto de uma habitação, é que comporta um grande número de soluções satisfatórias e hoje representam um dos grandes temas de pesquisa na área; em busca de metodologias que permitam o desenvolvimento de múltiplas opções de projeto e principalmente da eficiência geométrica do arranjo físico, até mesmo a consecução de uma solução otimizada.

2.6. O enfoque estratégico do projeto arquitetônico

Caracterizado pela multiplicidade de opções e pela busca da otimização das soluções, o conceito estratégico é particularmente indicado no desenvolvimento de produtos na fase de projeto, em que devem, segundo Nutt (1988), serem consideradas e avaliadas simultaneamente diversas opções de solução, de modo a se obter o projeto de um produto otimizado.

As investigações e desenvolvimentos visando a obtenção de uma solução do projeto arquitetônico por meio de geração de um grande número de possibilidades, têm como ponto de partida, segundo Akin e outros (1992) e Akin (1996), o desenvolvimento de modelos formais do processo do projeto arquitetônico auxiliados por computador, com a utilização da inteligência

artificial e da psicologia cognitiva, que proporcionam a geração de uma multiplicidade de arranjos físicos que indicam uma estratégia de solução.

A principal dificuldade no desenvolvimento de arranjos físicos de espaços, via modelagem matemática, está associada para Woodbury (1991) e Jo & Gero (1995), à solução topológica e geométrica, as quais remetem a duas grandes questões: a geração dos arranjos e a otimização da solução.

A geração dos arranjos físicos delimitam para Akin e outros uma questão já solucionada por diversos sistemas desenvolvidos, dos quais existem mais de uma dezena, dentre eles o HeGel, um gerador heurístico de arranjos equipado com um algoritmo de programação dinâmica não-linear. A solução tem por base uma entidade funcional (ambiente, sujeito a um determinado critério dimensional ou iluminotécnico, por exemplo), associada a uma função custo representada por valores limitantes do problema, possíveis de serem obtidas em relação à alguma variável métrica, como: as distâncias que expressam a proximidade ou o grau de privacidade entre as entidades.

O sistema desenvolvido por Mitchell e outros (1976), utiliza uma técnica exaustiva de busca das possibilidades dos arranjos físicos por meio de dissecações de retângulos, tendo como controle de otimização da solução, requerimentos dimensionais e de área.

Outro sistema existente, o LOOS define a solução de um arranjo físico mediante um tipo geral de hierarquia de geração e testes das soluções obtidas. A otimização da solução é dada pela satisfação de metas (área total), e sub metas (área dos ambientes), Fenves e outros (1990) e Akin (1996).

Uma outra aplicação é a solução de problemas de arranjo físico de instalações, onde Ivanqui (1997), a partir da matriz de fluxos, área das instalações e a razão de forma dos ambientes, gera por meio de uma análise multivariada uma gama de possibilidades e otimiza a solução utilizando um algoritmo genético que minimiza o momento de transporte entre instalações.

A questão da escolha da solução ou da otimização é mais complexa, pois esbarra, segundo Liggett (1980) na inexistência de algoritmos desenvolvidos para tal fim, situação também constatada por Steve (1996), o qual salienta que uma das conseqüências decorrentes deste fato é a

obrigatoriedade do truncamento arbitrário da busca, reduzindo o número de opções e diminuindo a confiança na otimização da solução. É, por este motivo, um dos temas de investigação atual nesta área.

Um ponto que merece destaque neste estudo é o desenvolvimento de um algoritmo que permita a verificação do grau de otimização da solução do arranjo físico de uma habitação, a partir de uma função que relacione a qualidade ao custo.

Este algoritmo exprime para Markus (1971), uma importância fundamental na análise do projeto de um edifício, principalmente no que diz respeito à variação do custo da solução, em relação a alterações de certos parâmetros de projeto (geometria, por exemplo). É o custo considerado por ele como o único critério que permite a otimização da solução, em relação à participação dos parâmetros na qualidade da habitação.

Como consequência, o algoritmo custo/qualidade, além de possibilitar a otimização das soluções, pode ser utilizado como um indicador de qualidade de uma solução ou produto, assim como uma informação de estratégia empresarial para a tomada de decisões, Oliveira e outros (1993) e Oliveira (1996), e também para monitoramento de resultados, do ambiente interno (empresa) e externo (mercado, concorrência) Langford & Male (1991).

Por fim, este algoritmo pode representar um parâmetro decisivo na análise da solução do arranjo físico de um projeto arquitetônico e uma direção voltada para a qualidade, na qual juntamente com outros métodos existentes de avaliação desta, possa contribuir para uma melhoria do produto habitação.

2.7. Metodologias de avaliação da qualidade de projetos de uma habitação

Existem atualmente diversas metodologias de avaliação da qualidade de um projeto arquitetônico habitacional, aplicadas principalmente na Europa, das quais são destacadas as que seguem:

1. o método SEL (Système d' évaluation des logements), desenvolvido na Suíça em meados da década de 70, com o intuito de promover a qualidade habitacional no país. Sua principal aplicação é de acordo com Sousa (1994) referente às condições de acesso ao crédito habitacional, que dependem da avaliação obtida pela relação custo/qualidade. O método exhibe um valor representativo da qualidade da habitação considerando três objetivos básicos: habitabilidade da moradia, do meio exterior próximo e dos equipamentos comunitários do edifício ou condomínio. Os critérios de avaliação em número de 75, referentes ao grupo dos três objetivos básicos, são pontuados numa nota variando de zero a quatro, em função de valores de exigências mínimas referentes a: ligações e flexibilidade dos ambientes, possibilidade de mobiliamento, áreas, dimensões, número de apartamentos por andar, densidade imobiliária (vizinhança), ambientes e equipamentos comunitários do edifício ou condomínio, equipamentos públicos e fornecimento de serviços sociais culturais na vizinhança;
2. o método Qualitel, introduzido na França, em meados da década de 1970 com o intuito de possibilitar uma avaliação da habitação, na fase de projeto, de fornecer informações ao consumidor, de modo a orientar na escolha das opções ofertadas pelo mercado e, como argumento de marketing (o cliente como foco de interesse da empresa), a avaliação da habitação é obtida por meio da pontuação de 15 critérios, com a nota variando de um a cinco, em relação à eficiência energética, manutenção do edifício, acessibilidade, instalações de água e energia elétrica, revestimentos de pisos e paredes da habitação e do edifício e indicadores de conforto. A avaliação final é obtida segundo Costa (1995) pelo perfil Qualitel por meio das notas pontuadas em cada indicador, e não por uma única nota, permitindo ao usuário avaliar e escolher uma determinada habitação em função dos seus interesses particulares.

Os dois métodos expostos são considerados por Bezelga (1984) como casos particulares de análise multicritério, em que por meio de uma função utilidade é processada a valorização da habitação.

Para Brandon (1984), o conjunto de fatores delimitantes da função utilidade contribui para um grau de satisfação e define o valor do edifício para o consumidor. Este é um conceito desenvolvido na teoria econômica, mas de difícil quantificação no caso de um edifício, particularmente em termos monetários. Representa um problema de grande complexidade, desde a sua concepção, passando pela produção e chegando à comercialização, com dimensões maiores do que o existente em outros produtos, como um automóvel, por exemplo, devido à dificuldade de captar e traduzir na forma de um produto, as necessidades, as expectativas e os desejos do consumidor, bem como de proceder à avaliação da qualidade percebida.

Uma saída, apontada por Brandon para esta situação, implica no estabelecimento de diferentes possibilidades de projetos, definindo diversos níveis de qualidade que juntamente com um mapa dos custos das opções poderá fornecer um balanço entre o custo e o benefício, determinando soluções mais imaginativas, e uma estratégia de desenvolvimento e fornecimento de novas opções por parte do mercado produtor, de modo a aumentar as opções de qualidade que o mercado consumidor deseja e espera conseguir para a habitação que necessita adquirir.

2.8. O mapa de valores da solução do arranjo físico de uma habitação

Os atributos de composição do arranjo físico de uma habitação são basicamente de natureza geométrica, exibidos pelos planos horizontais, compondo o piso e o teto, e os planos verticais, delimitando as paredes de vedação bem como divisórias, em conjunto com os elementos de conexões representados por janelas e portas.

A partir destes atributos, o projetista define diversas opções de solução, que deverá avaliar, de modo a propor a que melhor atenda às especificações do problema. Situação similar é vivenciada pelo empreendedor, que diante de diversas possibilidades de projetos, deve escolher uma determinada opção de habitação que ele deverá produzir e oferecer ao mercado. Este processo de seleção normalmente manifesta complicações pela subjetividade e envolvimento de múltiplos atributos, principalmente pela sua natureza conflitiva, notadamente os estabelecidos pela qualidade e o custo.

Um outro complicador nesta situação é referente aos objetivos de êxito usualmente expressos pelos participantes do processo. O êxito para o projetista representa, segundo Dreger (1993), o reconhecimento por parte dos parceiros da excelência criativa. Para o construtor, significa a entrega do produto, satisfeitos os objetivos definidos dentro dos parâmetros estabelecidos de tempo e custo, sendo normalmente avaliado em termos de lucratividade com um mínimo de riscos residuais (garantia da qualidade).

Uma solução para esta questão é o desenvolvimento de uma metodologia de quantificação da qualidade e do custo do produto, de modo a combinar as alternativas em um mapa de valores (superfície de resposta das soluções com o estabelecimento de níveis de qualidade), que permita a compreensão da sistemática e visualização dos parâmetros de solução, e conseqüentemente a seleção da melhor alternativa, Malen (1996). Esta situação pode ser conseguida por meio da delimitação de uma função de perdas (associada à qualidade do produto), do respectivo custo destas perdas impostas ao consumidor ou à sociedade e pela fixação do custo do produto (em relação à solução adotada). Com isso, para Kapur & Cho (1996) pode ser obtida e demarcada uma região de múltiplas características de qualidade, de custos e conseqüentemente, de opções de escolha.

2.9. A casa da qualidade geométrica

Na fase preliminar de obtenção da solução do arranjo físico do projeto de uma habitação o projetista por meio da definição das necessidades e desejos do cliente determina o programa de requisitos para o projeto

(ambientes, dimensões e conexões). A partir deste programa (metodologia de levantamento das necessidades do cliente, desenvolvido pelo projetista) ou de um projeto existente que mais se aproxime dele (representando um projeto ou valores alvo), é proposta uma ferramenta denominada de casa da qualidade geométrica, com o objetivo de analisar as opções de projetos (desenvolvidos ou de um produto já existente) em relação a qualidade requerida exigida pelo cliente, bem como a solução de projeto adotada, em função de índices de controle desenvolvidos para as variáveis geométricas e qualificadoras determinantes da qualidade geométrica e quantificadores de seu custo.

3. ÍNDICE DE QUALIDADE GEOMÉTRICA E NOMINAL DA CONFIGURAÇÃO ESPACIAL DE UM APARTAMENTO

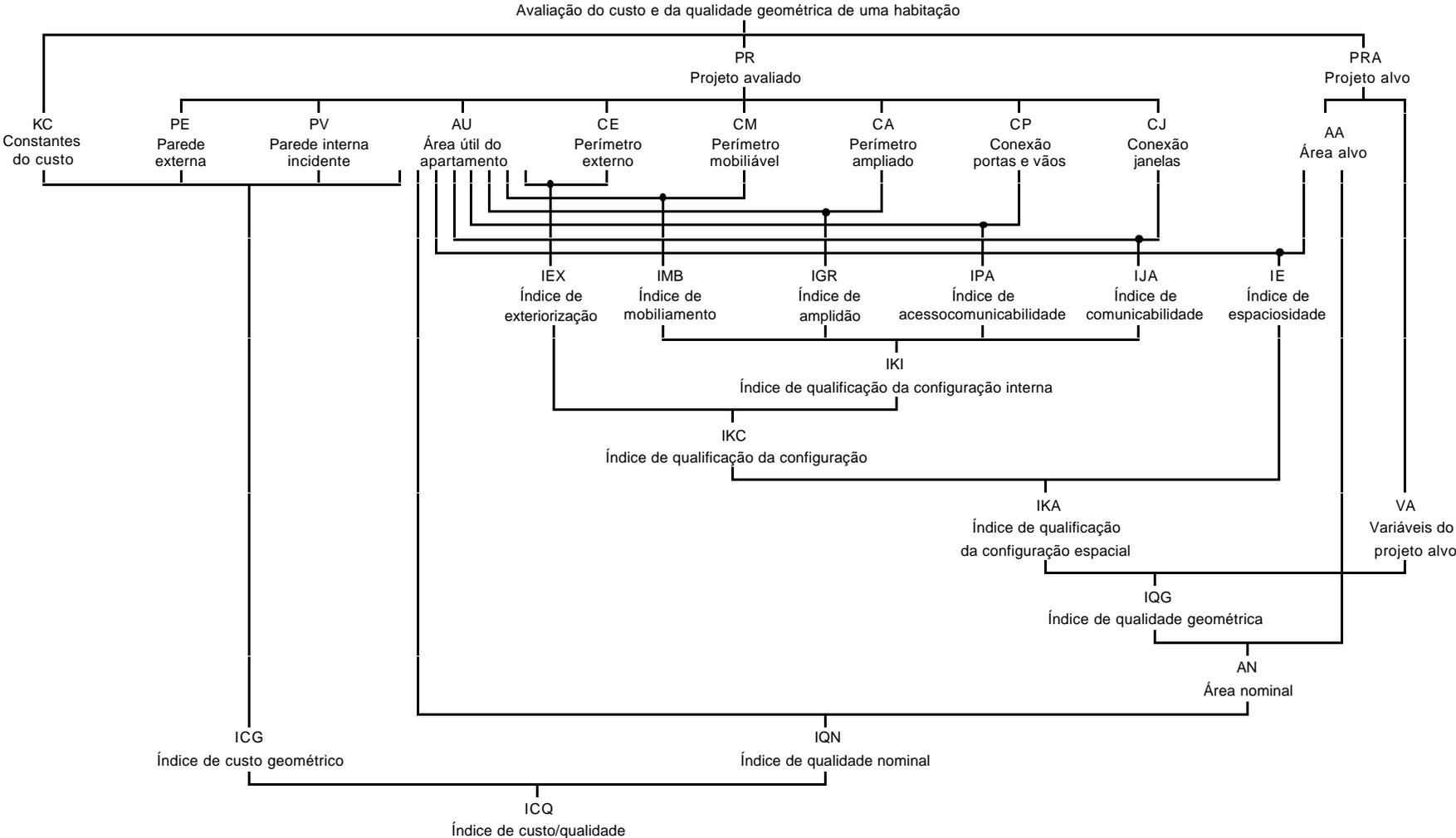
3.1. Introdução

A proposta de um modelo matemático de determinação da qualidade da configuração espacial de uma habitação tem como ponto de partida a demarcação das variáveis geométricas que compõem o arranjo físico de um apartamento (tipologia aqui avaliada), a definição dos atributos qualificadores relativos a estas variáveis, o estabelecimento de índices que capturem e quantifiquem a presença e as relações existentes entre elas, de modo que a sua presença represente um indicador de qualificação do projeto (arranjo físico) no que se refere à sua geometria.

3.2. Modelo de determinação dos índices de qualidade geométrica e nominal, índices de custo geométrico e custo/qualidade

O modelo teórico de determinação dos índices de qualidade geométrica e nominal, índice de custo geométrico e custo/qualidade indicado na figura (2), é proposto a partir do estabelecimento das variáveis geométricas e qualificadoras da configuração espacial relativamente a um projeto alvo adotado como reprodutor da qualidade requerida e a um projeto padrão de custo da solução.

FIGURA (2) – Modelo de determinação dos índices de qualidade geométrica e nominal, índice de custo e custo/qualidade



A partir das variáveis geométricas do arranjo físico são determinados os índices de exteriorização, mobiliamento, amplidão, acessocomunicabilidade e comunicabilidade, apresentados no item (3.6).

Por meio destes índices é estabelecido o índice de qualificação da configuração mostrado no item (3.8), o qual juntamente com o índice de espaciosidade, exposto no item (3.5), define o índice de qualificação do arranjo físico, apresentado no item (3.10).

O índice de qualificação do arranjo físico é processado comparativamente ao valor obtido de modo similar pelo projeto alvo, expresso no item (3.10), e representa o índice de qualidade geométrica exibido no item (3.10).

A área nominal é delimitada pelo índice de qualidade geométrica, área alvo e área útil, conforme modelo proposto no item (3.11).

O índice de qualidade nominal representa a relação entre a área nominal e útil, o qual é apresentado no item (3.12).

3.3. Variáveis geométricas constituintes do arranjo físico de um apartamento

A análise da amostra representativa dos arranjos físicos avaliados apresentam uma série de variáveis geométricas determinantes da configuração espacial de uma habitação.

As variáveis geométricas por sua vez reproduzem atributos qualificadores do arranjo físico e quantificadores do custo da solução adotada.

A proposta de seleção das variáveis geométricas representativas da qualidade e do custo da solução geométrica tem como premissa a captura das variáveis de qualificação geométrica da região privativa do apartamento e quantificadoras do seu custo.

As variáveis geométricas constituintes do arranjo físico de um apartamento, obtidas a partir da amostra analisada, são:

1. Área útil – AU:

Área privativa do apartamento, excluída a área ocupada pelas paredes, em metros quadrados;

2. Parede externa – PE:

Comprimento da vedação externa da área privativa do apartamento, em metros;

3. Parede divisória – PD:

Comprimento das divisórias internas privativas do apartamento, em metros;

4. Parede meia – PH:

Comprimento da parede divisória entre apartamentos, em metros;

5. Parede condomínio – PO:

Comprimento da parede divisória entre o apartamento e áreas contíguas pertencentes ao condomínio (por exemplo: escada e hall), em metros;

6. Parede delimitante – PL:

$$PL = PH + PO \quad (2)$$

Comprimento da parede delimitante da área útil do apartamento com outro apartamento e com áreas comuns, em metros;

7. Parede contorno – PC:

$$PC = PE + PL \quad (3)$$

Comprimento das paredes do perímetro determinante da área privativa do apartamento, em metros;

8. Parede interna – PI:

$$PI = PD + PL \quad (4)$$

Comprimento das paredes internas da área útil do apartamento, em metros;

9. Parede externa comum – PX:

Comprimento da parede de vedação em áreas comuns do edifício, não compartilhada pelo apartamento (por exemplo, escada e elevador), em metros;

10. Parede interna comum – PW:

Comprimento da parede divisória em áreas comuns do edifício, não compartilhada pelo apartamento (por exemplo, escada e elevador), em metros;

11. Parede interna incidente – PV:

$$PV = PD + PO + PH/2 \quad (5)$$

Comprimento das paredes internas incidente no custo da área privativa do apartamento, em metros;

12. Parede total – PT:

$$PT = PE + PD + PL \quad (6)$$

Somatória do comprimento das paredes que compõem a área privativa do apartamento, em metros;

13. Parede total incidente – PS:

$$PS = PE + PV \quad (7)$$

Somatória do comprimento das paredes totais incidentes no custo da área privativa do apartamento, em metros;

14. Perímetro externo – CE:

Comprimento do contorno externo da parede externa, em metros;

15. Perímetro externo comum – CX:

Comprimento do contorno externo da parede externa comum (por exemplo: escada e elevador), em metros;

16. Perímetro delimitante – CL:

Comprimento do contorno externo da parede delimitante, em metros;

17. Perímetro divisório – CO:

Somatória do comprimento dos contornos dos ambientes que compõem a área privativa do apartamento, em metros;

18. Perímetro contorno – CC:

$$CC = CE + CL \quad (8)$$

Comprimento do contorno externo da parede de contorno da área privativa do apartamento, em metros;

19. Perímetro mobiliável – CM:

Somatória do comprimento dos contornos mobiliáveis dos ambientes que compõem a área privativa do apartamento, em metros;

20. Conexão por portas e vãos – CP:

Somatória da largura de portas e vãos de acessocomunicabilidade, e, da abertura de portas na área privativa do apartamento, em metros;

21. Conexão por janelas – CJ:

Somatória da largura das janelas dos ambientes que compõem a área privativa do apartamento, em metros;

22. Perímetro ampliado – CA:

Somatória dos perímetros virtuais obtidos pela divisão do espaço pelo mobiliário com a criação de mais de um ambiente em um único recinto físico, delimitando ambientes isolados com espaciosidade suficiente para acomodar o mobiliário e definir zonas de interface com o corpo humano, em metros;

23. Perímetro qualificador interno – CK:

$$CK = CM + CP + CJ + CA \quad (9)$$

Somatória das variáveis geométricas qualificadoras do perímetro interno dos ambientes que compõe a área privativa do apartamento, em metros;

24. Parede qualificadora interna – PK:

$$PK = CK/2 \quad (10)$$

Parede qualificadora interna representativa da área privativa do apartamento, em metros.

25. Perímetro qualificador total – CQ:

$$CQ = CE + CK \quad (11)$$

Perímetro qualificador representativo da área privativa do apartamento, em metros.

26. Parede qualificadora total – PQ:

$$PQ = CQ/2 \quad (12)$$

Parede qualificadora representativa da área privativa do apartamento, em metros;

3.4. Amostra representativa dos arranjos físicos de apartamentos

A análise e determinação das variáveis geométricas que compõem o arranjo físico de um apartamento foi processada a partir de uma amostra de imóveis sorteados entre os prospectos e anúncios de jornais referentes a apartamentos ofertados a partir de 1995 em diversas cidades e capitais brasileiras.

Grande parte dos prospectos foram obtidos em feiras de imóveis realizadas em Florianópolis, Curitiba, Porto Alegre, Natal e Fortaleza. Outras localidades representadas na amostra em estudo são: Blumenau, Canela, Cascavel, Goiânia, Jundiaí, Maceió, Maringá, Petrópolis e São Paulo.

3.5. Índices de qualidade dos planos representativos do arranjo físico (configuração espacial)

O encaminhamento da solução da questão proposta de desenvolvimento de uma metodologia de avaliação da qualidade geométrica da configuração espacial de uma habitação determinou a geração de uma série de índices de captura e quantificação da presença e explicitação de relações existentes entre os planos determinantes do arranjo físico bem como entre as suas variáveis qualificadoras.

3.5.1. Relação entre o plano vertical e o horizontal

Visando o estabelecimento de um índice que relacione os planos vertical e horizontal, determinantes do arranjo físico de uma habitação são postuladas as premissas:

1. o plano horizontal é reproduzido pela área útil privativa do apartamento;
2. o plano vertical é descrito pelo comprimento das paredes que compõem a área útil privativa do apartamento, incluídas as conexões obtidas a partir da largura das portas e vãos, janelas e abertura de portas;
3. o índice deve apresentar o mesmo sentido de crescimento das variáveis avaliadas, ou seja: um aumento proporcional no comprimento das paredes em relação a um determinado valor de área deve traduzir necessariamente um acréscimo no valor do índice equivalente;
4. o índice deve ser adimensional.

Um primeiro passo neste sentido é dado por meio da definição de relações existentes entre as variáveis geométricas e a sua conversão em índices de qualificação dos planos determinantes da configuração espacial do projeto.

3.5.2. Índice de espaciosidade (plano horizontal)

A espaciosidade é definida por Coelho (1994) pela quantidade de espaço disponível para o uso. Está ligada diretamente à dimensão humana e ao fim a que se destina: ocupação (mobiliário) ou utilização (circulação).

A espaciosidade é o principal atributo delimitante do plano horizontal, expressa uma importância primordial na determinação do índice de qualidade geométrica do arranjo físico de uma habitação. Descreve a espaciosidade da configuração, isto é, a quantidade de área disponível.

O índice proposto para estabelecer espaciosidade é mostrado na equação (13):

$$IE = \frac{ke}{m} \frac{AU}{(AU)^{1/2}} \quad (13)$$

com:

IE = índice de espaciosidade do arranjo físico;

AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados;

$\frac{ke}{m}$ = fator de conversão, com:

$ke = (AU^{-1/6} \cdot AA^{1/6})$;

AA = área útil do projeto alvo, em metros quadrados;

m = fator métrico (metro).

A adoção de um arranjo físico como alvo determina o índice de espaciosidade da qualidade requerida, apresentado pelas equações (14) e (15):

$$AU = AA \quad (14)$$

$$IE_{Eaa} = \frac{(AA)^{1/2}}{m} \quad (15)$$

com:

IE_{Eaa} = índice de espaciosidade do projeto alvo;

AA = área útil do projeto alvo, em metros quadrados.

O índice de qualidade espacial é proposto segundo a equação (16):

$$IQS = \frac{IE}{IE_{Eaa}} \quad (16)$$

com:

IQS = índice de qualidade espacial.

A análise da espaciosidade de uma figura fechada (ambiente), ou um arranjo físico isoladamente (sem a comparação com um alvo) implica nas condicionantes apresentadas pelas equações (14 e 15). Neste caso, a área computada é a área da figura analisada, e o valor do índice de espaciosidade calculados por meio da equação (17):

$$IS = \frac{(A)^{1/2}}{m} \quad (17)$$

com:

IS = índice de espaciosidade;

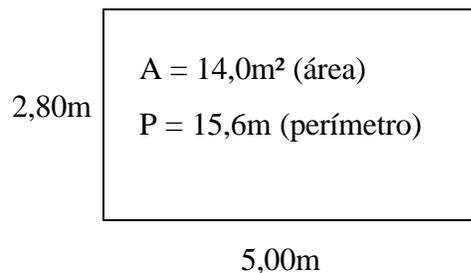
A = área de uma figura ou ambiente, em metros quadrados;

m = fator métrico (metro).

3.5.3. Exemplo de determinação do índice de espaciosidade de uma figura

A utilização do índice de espaciosidade aplicado a uma figura fechada é descrita pelo retângulo mostrado na figura (3) e calculado por meio da equação (17):

FIGURA (3) – Exemplo de uma figura retangular

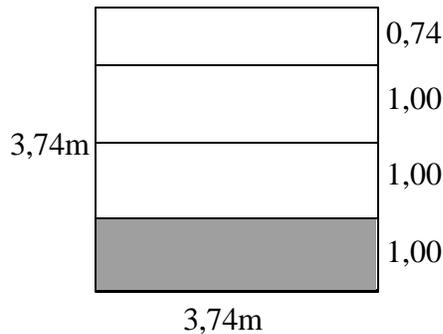


Aplicando a equação (17), obtém-se:

$$IS = \frac{(14,0\text{m}^2)^{1/2}}{m} = 3,74$$

A interpretação física do índice é que ele representa 3,74 vezes a quantidade de faixas de área com o comprimento unitário igual ao lado do quadrado de área equivalente (3,74m) e altura unitária igual a um metro (uma faixa por metro), conforme mostrado na figura (4).

FIGURA (4) – Quadrado de área equivalente (espaciosidade)



3.5.4. Índice de configuração (plano vertical)

A superfície é dividida segundo Le Corbusier (1977) por diretrizes e geratrizes (reproduzidas por paredes) reveladoras das formas e determinantes da configuração do arranjo físico de uma habitação. Descreve o principal atributo qualificador do plano vertical da configuração espacial.

O índice inicialmente avaliado para a qualificação do plano vertical foi o de compacidade, apresentado por Mascaró (1985) e mostrado na Tabela (3). Avaliando o seu comportamento em relação à premissa de que o aumento de sua participação deve indicar o sentido da melhoria da configuração, ou seja, da qualidade geométrica, é verificado que o mesmo não atende a este quesito, porque o valor do índice diminui com o incremento do plano vertical, conforme exposto na tabela (4).

O índice proposto para expressar a definição da configuração é mostrado nas equações (18 e 19):

$$ICI = \frac{PP}{(AU)^{\frac{1}{2}}} \quad (18)$$

com:

ICI = índice de configuração de uma variável ou arranjo físico;

PP = parede ou perímetro, em metros;

AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados.

A definição do índice de configuração de um ambiente ou de uma figura é proposto pela equação (19):

$$IC = \frac{P}{(A)^{1/2}} \quad (19)$$

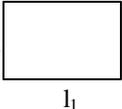
com:

IC = índice de configuração;

P = perímetro, em metros;

A = área útil de uma figura ou ambiente, em metros quadrados.

TABELA (4) – Índices do plano vertical (configuração)

Figura	Área A (m ²)	Perímetro (paredes) P (m)	Índice de compacidade $\frac{2\sqrt{A\pi}}{P} \cdot 100$	Índice de configuração $\frac{P}{\sqrt{A}}$
 d = 11,28m	100	35,4	100,0	3,54
 l = 10,0m	100	40,0	88,6	4,0
 l ₁ = 14,14m l ₂ = 7,07m	100	42,4	83,6	4,24

3.5.5. Exemplo de determinação do índice de configuração de um ambiente

A utilização do índice de configuração aplicado a uma figura fechada é reproduzida pelo retângulo mostrado na figura (3), e definido pela equação (19).

Aplicando a equação (19), obtém-se:

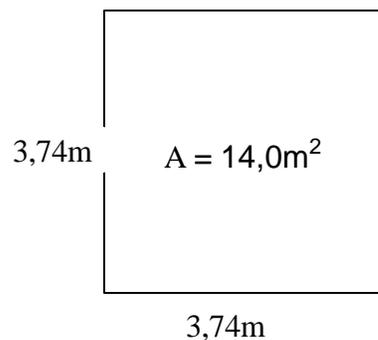
$$IC = \frac{15,6 \text{ m}}{(14,0 \text{ m}^2)^{1/2}} = 4,17$$

A interpretação física do índice é que ele representa 4,17 vezes o comprimento unitário igual ao lado (3,74m) do quadrado de área equivalente a 14,0m².

O quadrado de área equivalente é obtido a partir da transformação da figura avaliada em um quadrado com área igual a do retângulo, o qual é mostrado na figura (5).

O índice IC expressa a capacidade de captar a presença de variáveis geométricas e proceder a quantificação dos atributos qualificadores do plano vertical.

FIGURA (5) – Quadrado de área equivalente (configuração)



3.6. Atributos de qualificação do plano vertical

O plano vertical contém as variáveis geométricas da configuração de uma habitação que por sua vez determinam atributos que precisam o sentido da melhoria e contribuem para estabelecer a qualidade geométrica do arranjo físico de um apartamento ou habitação em geral.

Os atributos qualificadores avaliados são descritos pelos seguintes índices propostos:

1. índice de configuração externa: representa o atributo qualificador que estabelece o contato da habitação com o meio exterior, o qual é expresso pela exteriorização;
2. índice de configuração interna: delimita os atributos qualificadores que estabelecem uma relação de melhoria interna ou a partir deste, os quais são descritos por:
 - 2.1. mobiliamento;
 - 2.2. acessocomunicabilidade;
 - 2.3. comunicabilidade;
 - 2.4. amplidão.

O índice de qualificação da configuração externa é reproduzido pelo índice de exteriorização.

O índice de qualificação da configuração interna é obtido pela somatória dos índices dos atributos internos apresentados na equação (20):

$$IKI = IMB + IPA + IJA + IGR = \frac{CK}{2.(AU)^{\frac{1}{2}}} \quad (20)$$

com:

IKI = índice de qualificação de configuração interna;

IMB = índice de mobiliamento;

IPA = índice de acessocomunicabilidade;

IJA = índice de comunicabilidade;

IGR = índice de amplidão do arranjo físico.

CK = perímetro qualificador interno, em metros;

AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados.

3.6.1. Índice de exteriorização

Para Scruton's, citado por Malnar & Vodvarka (1992), a essência da arquitetura está ligada não diretamente à obtenção do espaço, mas à maneira

como ele é enclausurado. Manning (1991) aborda a questão como um dos aspectos estéticos do ambiente, da performance funcional e econômica, e atributo da qualidade subjetiva do projeto.

A parede externa representa para Mascaró e Balachandran & Gero (1987) uma variável importante no contexto do custo, do comportamento térmico da edificação, assim como um atributo de qualificação estética e social, segundo Gero e outros (1983).

Cabrita & Paiva, citados por Coelho, utilizam o parâmetro parede externa como um dos atributos para a classificação e qualificação de habitações em uma metodologia de avaliação de projetos habitacionais em Portugal.

A quantidade de perímetro externo está relacionado diretamente à questão do confinamento dos ambientes, uma vez que a sua distribuição no arranjo físico determina que os ambientes não possuindo pelo menos um de seus lados constituído pela parede externa (conexões com o meio exterior), apresentam um determinado grau de confinamento, devido à falta ou deficiência de comunicação com o ambiente exterior do edifício.

O índice de exteriorização do arranjo físico é obtido a partir da relação proposta pela equação (21):

$$IEX = IKE = \frac{CE}{2.(AU)^{1/2}} \quad (21)$$

com:

IEX = índice de exteriorização;

IKE = índice de qualificação da configuração externa;

CE = comprimento do perímetro externo, em metros;

AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados.

3.6.2. Índice de mobiliamento

O mobiliamento descreve um parâmetro de suma importância desde o desenvolvimento do arranjo físico até a avaliação da qualidade da habitação. Está relacionado diretamente à questão do dimensionamento e utilização dos espaços, e a interface entre o corpo humano e os objetos físicos do ambiente.

Esta importância é ressaltada, entre outros, por Portas (1969), Deilmann (1973), Silva (1982), e Heath (1991), os quais propõem o dimensionamento do ambiente em função do espaço necessário para a colocação do mobiliário, equipamentos e circulação. Panero & Zelnik (1996) acrescentam uma outra variável associada às dimensões e magnitude do movimento articulatorio humano.

Akin (1996) utiliza valores de mobiliamento em um sistema de geração de arranjos físicos de uma habitação auxiliado por computador, denominado He Gel.

Brown & Steadman (1991_a) apresentam a forma e dimensão dos ambientes como um fator crítico no desenvolvimento do arranjo físico de uma habitação, e para Brown & Steadman (1991_b), a satisfação do usuário está relacionada à solução satisfatória do tamanho e à disposição interna dos ambientes.

Pesquisa realizada na Inglaterra, no período de 1981 a 1985, a respeito do tamanho dos ambientes e adequação do espaço em pequenas habitações, mostra, segundo Oseland & Raw (1991), que a carência de espaço para armazenagem (mobiliamento) vem em primeiro lugar na lista das razões determinantes da falta de espaço. A área do piso apresentou um grau de importância menor na análise realizada.

O método SEL (Système d'évaluation des logements) apresenta, segundo Bezelga (1986), como um dos critérios de qualificação de uma habitação a sua possibilidade de mobiliamento. Utilização similar é verificada em relação ao método Electra, desenvolvido no IST - Instituto Técnico Superior em Portugal.

O índice de mobiliamento do arranjo físico é obtido a partir da relação proposta pela equação (22):

$$IMB = \frac{CM - RP}{2 \cdot (AU)^{1/2}} \quad (22)$$

com:

IMB = índice de mobiliamento;

CM = comprimento do perímetro mobiliável, em metros;

RP = redutor do perímetro, em metros;

AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados.

3.6.2.1. Determinação do perímetro mobiliável

Para a delimitação do perímetro mobiliável, são consideradas as seguintes premissas:

1. perímetro mobiliável definido como aquele que satisfaz as condicionantes dimensionais mínimas necessárias para a alocação dos móveis e da interface entre o corpo humano e o mobiliário, condição doravante denominada ocupação;
2. dimensão dos móveis obtidos a partir dos valores apresentados na tabela (5):

TABELA (5) – Dimensões padrão de móveis e equipamentos

Móvel	Largura (m)	Comprimento (m)	Profundidade (m)
Cama de casal	1,40	1,90	
Cama de solteiro	0,80	1,90	
Móvel de parede (dormitório)			0,40
Armário dormitório			0,60
Estofado sala (3 lugares)	2,10		0,85
Estofado sala (2 lugares)	1,60		0,85
Estofado sala (1 lugar)	0,85		0,85
Móvel de parede (sala)			0,45
Mesa sala jantar - 6 pessoas	0,90	1,80	
Cadeira	0,45		0,45
Armários de cozinha (baixo)			0,60
Pia de cozinha			0,60
Equipamentos de cozinha			0,60
Equipamentos de serviço			0,60
Mesa de parede (cozinha)			0,40
Equipamentos de banheiro			
Vaso sanitário	0,40		0,60
Pia			0,55
Box chuveiro			0,80

Fonte: PANERO & ZELNIK (1996), adaptado aos valores do mobiliário padrão existente no mercado brasileiro.

Nota: Móveis e equipamentos especiais (armário para uma televisão de grande dimensão, banheira de hidromassagem e outros) definem suas dimensões em função de cada particularidade de projeto.

3. interface entre o corpo humano e o mobiliário obtidos a partir dos valores apresentados na tabela (6), segundo três dimensões distintas:
 - 3.1. zona de circulação: região que possibilita a livre circulação das pessoas pelos ambientes e em torno do mobiliário;
 - 3.2. zona de acesso: região que possibilita o acesso a espaços de armazenagem ou mobiliário;
 - 3.3. zona de trabalho: região que prove o espaço necessário para a realização dos trabalhos domésticos;
4. perímetro mobiliável determinado a partir do perímetro dos segmentos das paredes que permitam a colocação de móveis e possibilitem a interface com o corpo humano (trechos contínuos, sem interrupção por porta ou janela), com dimensão maior ou igual a 40 centímetros (largura mínima dos móveis considerados);

TABELA (6) – Interface entre o corpo humano e o mobiliário.

Zona	Largura (m)
Trabalho na cozinha	1,00
Trabalho na área de serviço	0,90
Atividade no banheiro	0,60
Trabalho, acesso ou circulação, para os demais ambientes	0,80

Fonte: PANERO & ZELNIK (1996).

3.6.2.2. Perímetro redutor

A ocupação inadequada (insuficiência de espaço para a circulação, por exemplo) implica na aplicação de um redutor de compatibilização do perímetro mobiliável. O valor do redutor é igual ao diferencial positivo entre o perímetro que define dimensão mínima necessária (largura ou comprimento), e o existente (largura ou comprimento), em metros, e proposto por meio da equação (23):

$$RP = 2.(dn - de) > 0 \quad (23)$$

com:

RP = redutor do perímetro, em metros;

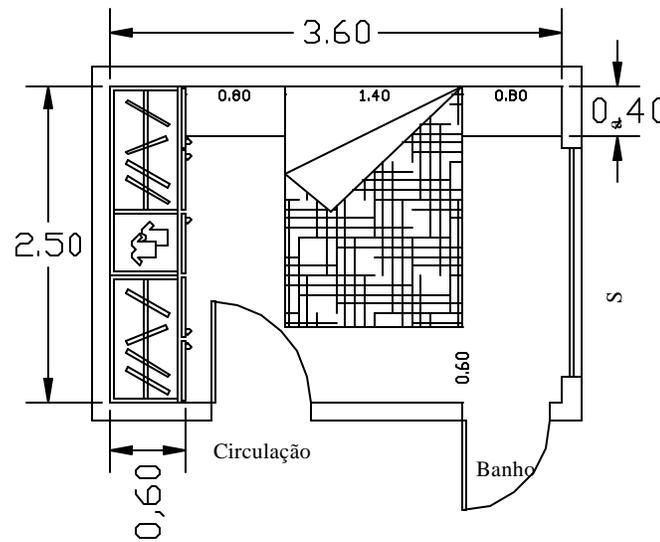
dn = dimensão necessária (largura ou comprimento)^a, em metros;

de = dimensão existente (largura ou comprimento), em metros.

3.6.2.3. Exemplo de aplicação do redutor de perímetro

Caso 1, apresentado na figura (6).

FIGURA (6) – Mobiliamento do dormitório (1)



Dormitório 1, com a seguinte ocupação:

AU = 9,00 m²;

CM = 7,1 m;

RP = 0,0 m (cálculo sem o redutor).

De acordo com a equação (22):

$$IMB = \frac{7,1}{2.(9,0)^{1/2}} = 1,18$$

Neste caso deve ser aplicado o redutor do perímetro devido à largura da dimensão existente (2,5m) ser menor que a necessária (2,7), e:

$$RP = 2.(2,7 - 2,5) = 0,4m.$$

Com o recálculo do índice de mobiliamento:

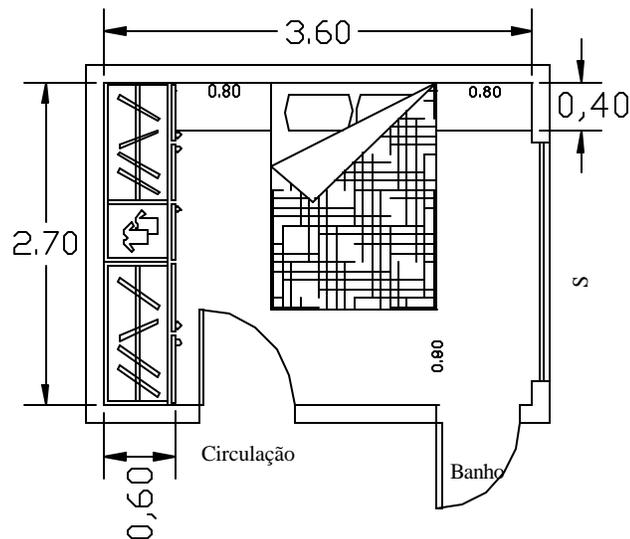
$$CM = 7,1m$$

e:

$$IMB = \frac{7,1 - 0,4}{2.(9,0)^{1/2}} = 1,12$$

Caso 2, apresentado na figura (7).

FIGURA (7) – Mobiliamento do dormitório (2)



Dormitório 2, com a seguinte ocupação:

$$AU = 9,72m^2 ;$$

$$CM = 7,3m;$$

$$RP = 0;$$

$$IMB = \frac{7,3}{2.(9,72)^{1/2}} = 1,17$$

O exemplo comparativo mostra que a possibilidade de ocupação do ambiente um é inferior ao do dois, no entanto apresenta inicialmente um maior índice de mobiliamento, situação corrigida com a aplicação do redutor.

3.6.3 Índice de acessocomunicabilidade

A acessocomunicabilidade ou conexão por portas e vãos está relacionada, segundo Coelho, à acessibilidade e à comunicabilidade. A acessibilidade estabelece um papel fundamental na ligação dos espaços e ambientes, possibilitando ao usuário utilizar a sua capacidade de penetração e exploração. A comunicabilidade corresponde à ligação e ao contato físico ou visual entre espaços, ou entre ambientes contíguos ou próximos.

Stocchetti, citado por Coelho (1994), identifica a acessibilidade como uma das qualidades arquitetônicas a serem avaliadas.

O índice de acessocomunicabilidade é obtido segundo a relação proposta pela equação (24):

$$IPA = \frac{CP}{2.(AU)^{1/2}} \quad (24)$$

com:

IPA = índice de acessocomunicabilidade;

CP = conexões por portas e vãos, representa a somatória da largura de portas e vãos, e abertura de portas, em metros;

AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados.

3.6.4. Índice de comunicabilidade

A comunicabilidade está relacionada, segundo Coelho, à conexão por janelas.

A natureza básica da comunicabilidade fundamenta-se, segundo Arnhein, citado por Coelho (1994), na ligação entre os espaços interiores e um mundo exterior complexo, e na necessária coerência de ambos como parte do meio-ambiente humano indivisível.

Existe, segundo Manning, citado por Heimstra & McFarling (1978), o desejo e a necessidade das pessoas olharem para o exterior, condição listada por Manning (1987) como um atributo ambiental do conforto visual.

Willey (1991) arrola efeitos nocivos decorrentes da falta ou deficiência desta integração, principalmente no que diz respeito à conservação de energia e à síndrome dos edifícios doentes.

O índice de comunicabilidade do arranjo físico, é obtido a partir da relação proposta pela equação (25):

$$IJA = \frac{CJ}{2.(AU)^{1/2}} \quad (25)$$

com:

IJA = índice de comunicabilidade;

CJ = conexão por janelas, representa a somatória da largura das janelas em metros;

AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados.

3.6.5. Índice de amplitude

Heimstra & McFarling analisando o caso de escritórios de planta aberta, sem divisões internas por meio de paredes do piso ao teto, avaliaram que tal disposição física tem as vantagens de flexibilidade, baixa manutenção e baixo custo inicial. Implica também, segundo os autores, em vantagem comportamental referente à atividade social, satisfação, estética e sentimento de bem-estar.

Coelho aborda a existência de uma relação entre a capacidade de mobiliamento, a funcionalidade e a espaciosidade, sendo esta avaliada como uma das determinantes da densidade do mobiliário, isto é, a capacidade do ambiente de dispor os móveis, equipamentos e o espaço necessário a seus usuários. Está ligada também à funcionalidade, uma vez que uma maior dimensão do espaço implica em mais opções de disposição do mobiliário e, conseqüentemente, de funcionalidade.

No caso da habitação, a amplidão está relacionada à integração de diversos ambientes funcionais em um mesmo recinto físico (constituição de quatro ambientes sociais em uma sala quadrada de grande dimensão, com lado de sete metros, por exemplo).

Esta exemplificação implica em que podem ser efetivamente compostos quatro ambientes funcionais com o mobiliário disposto não apenas nas paredes que determinam o perímetro físico, mas compondo outros virtuais por meio da disposição do mobiliário e circulações. Esta divisão virtual denominada de perímetro ampliado é obtida a partir da divisão do espaço pelo mobiliário, desde que exista a possibilidade de delimitar ambientes isolados com espaciosidade suficiente para acomodar o mobiliário e definir zonas de interface deste com o corpo humano.

O índice de amplidão do arranjo físico, é obtido a partir da relação proposta pela equação (26):

$$IGR = \frac{CA}{2 \cdot (AU)^{1/2}} \quad (26)$$

com:

IGR = índice de amplidão do arranjo físico;

CA = perímetro ampliado, em metros;

AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados.

3.7. Modelo de determinação da qualidade espacial

O modelo proposto para expressar a qualidade espacial do arranjo físico de uma habitação é obtido a partir das equações (13, 15 e 16):

$$IE = \frac{Ke}{m} \cdot \frac{AU}{(AU)^{1/2}} = \frac{AU^{-1/6} \cdot AA^{1/6} \cdot AU}{m \cdot AU^{1/2}} = \frac{AU^{1/3} \cdot AA^{1/6}}{m} \quad (13)$$

$$IE_{aa} = \frac{(AA)^{1/2}}{m} \quad (15)$$

$$IQS = \frac{IE}{IE_{aa}} \quad (16)$$

Substituindo as equações (13) e (15) na equação (16), tem-se:

$$IQS = \frac{\frac{AU^{1/3} \cdot AA^{1/6}}{m}}{\frac{(AA)^{1/2}}{m}} = \frac{AU^{1/3}}{AA^{1/3}} = \left(\frac{AU}{AA} \right)^{1/3}$$

$$IQS^3 = \frac{AU}{AA}$$

E o modelo de determinação da qualidade espacial é proposto pela equação (27):

$$AU = AA \cdot (IQS)^3 \quad (27)$$

com:

AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados;

AA = área útil do projeto alvo, em metros quadrados;

IQS = índice de qualidade espacial.

3.8. Índice de qualificação da configuração

É obtido pela somatória dos índices de qualificação interna e externa da configuração, conforme mostrado na equação (28):

$$IKC = IKE + IKI = \frac{CQ}{2 \cdot (AU)^{1/2}} \quad (28)$$

com:

IKC = índice de qualificação da configuração;

IKE = índice de qualificação da configuração externa;
IKI = índice de qualificação da configuração interna;
CQ = perímetro qualificador total, em metros;
AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados.

O estabelecimento de um arranjo físico reproduzido por um projeto alvo ou valores alvo dos atributos da configuração definem o índice de configuração do projeto alvo, conforme a equação (29):

$$IKC_{aa} = IKE_{aa} + IKI_{aa} = \frac{CQ_{aa}}{2.(AA)^{1/2}} \quad (29)$$

com:

IKC_{aa} = índice de qualificação da configuração do projeto alvo;
IKE_{aa} = índice de qualificação da configuração externa do projeto alvo;
IKI_{aa} = índice de qualificação da configuração interna do projeto alvo.
CQ_{aa} = perímetro qualificador total do projeto alvo, em metros;
AA = área útil do projeto alvo, em metros quadrados.

3.9. Modelo de determinação da qualidade da configuração

A qualificação da configuração do arranjo físico resulta da somatória dos índices de atributos qualificadores externo e interno, apresentados nas equações (20, 21 e 28).

Os atributos qualificadores representam as variáveis geométricas determinantes do plano vertical, ou seja, as paredes e elementos (conexões) que configuram o arranjo físico.

A determinação de um modelo de qualidade da configuração tem como premissa a hipótese de que o plano vertical representado pelas paredes contribuem em sua totalidade para a qualificação da configuração do arranjo físico (perdas iguais a zero), ou seja, é representado pelo índice de paredes totais, conforme apresentado na equação (30):

$$IPT = \frac{PT}{(AU)^{1/2}} \quad (30)$$

com:

IPT = índice de parede total;

PT = parede total da área privativa do apartamento, em metros;

AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados.

A adoção de um valor alvo para a parede total, reproduzindo a qualidade requerida (índice igual a um) implica na definição do índice de parede total referente ao projeto alvo, expresso pela equação (31):

$$IPT_{aa} = \frac{PT_{aa}}{(AA)^{1/2}} \quad (31)$$

com:

IPT_{aa} = índice de parede total do projeto alvo;

PT_{aa} = comprimento da parede total do projeto alvo, em metros;

AA = área útil do projeto alvo, em metros quadrados.

O índice de qualidade das paredes do arranjo físico (configuração) de uma habitação é proposto, segundo a equação (32):

$$IQC = \frac{IPT}{IPT_{aa}} \quad (32)$$

com:

IQC = índice de qualidade das paredes (configuração);

IPT = índice de parede total;

IPT_{aa} = índice de parede total do projeto alvo.

São determinados os valores do índice de qualidade da configuração para os 177 arranjos físicos representativos da amostra, os quais são mostrados na tabela (7), e processados de modo a encontrar um modelo de ajuste que explique a qualidade do plano vertical reproduzido pela parede total, em função do custo exibido pela área.

O modelo de ajuste que melhor expressa esta condição é proposto pela equação (33), e o modelo obtido para a amostra avaliada é exibido pela equação (34), adotado como alvo o projeto 177 da tabela (7).

$$AU = AA.(IQC)^3 + \epsilon \quad (33)$$

$$AU = 321,5.(IQC)^3 + \epsilon \quad (34)$$

com:

AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados;

AA = área útil do projeto alvo, em metros quadrados;

IQC = índice de qualidade das paredes (configuração);

ϵ = erro aleatório.

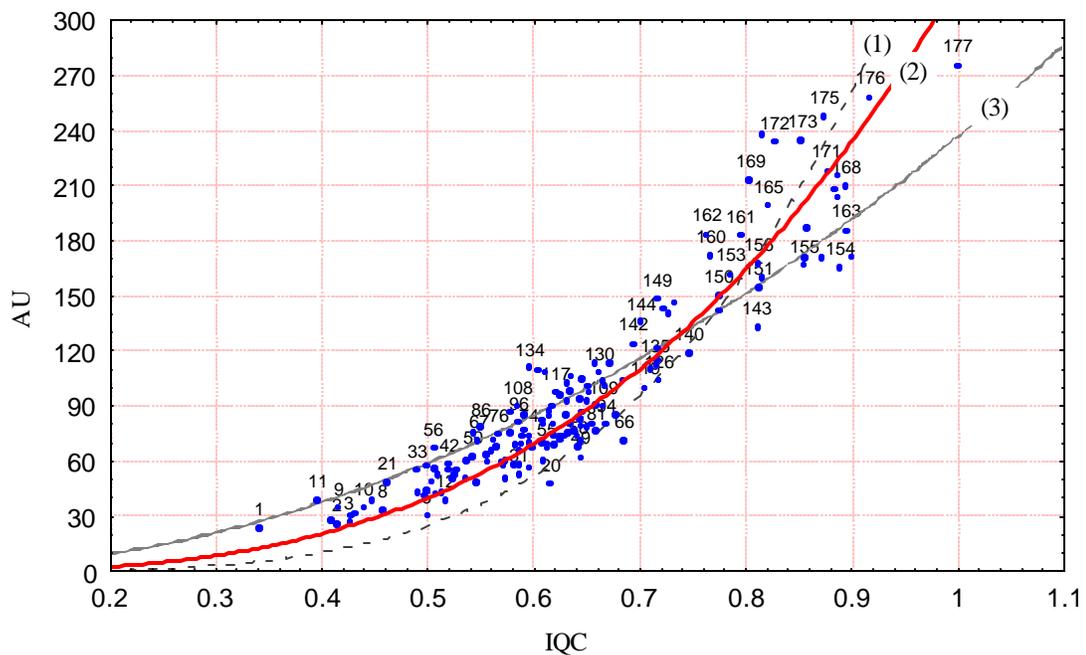
O gráfico dos valores do índice de qualidade da configuração é apresentado na figura (8).

FIGURA (8) – Modelos de ajuste de índices de qualidade da configuração

$$\text{Modelo (1) } AU=399,8.(IQC)^4 + \epsilon \quad R=0.962$$

$$\text{Modelo (2) } AU=321,5.(IQC)^3 + \epsilon \quad R=0.985$$

$$\text{Modelo (3) } AU=237,3.(IQC)^2 + \epsilon \quad R=0.981$$



Legenda:

AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados;

IQC = índice de qualidade das paredes (configuração);

ϵ = erro aleatório.

TABELA (7) – Variáveis geométricas e índices da configuração espacial de apartamentos

Proj.	AU	PE	PH	PO	PD	PI	PV	PT	PK	PQ	IEX	IKI	IQS	IKC	IQG	CLQG	AN	IQN	CLQN
1	23.20	5.80	9.30	5.80	3.30	18.40	13.75	24.20	14.70	17.60	.60	3.05	.44	.29	.376	177	14.69	.63	174
2	26.00	11.80	3.80	8.00	7.50	19.30	17.40	31.10	16.40	22.30	1.16	3.22	.46	.35	.411	173	19.10	.73	161
3	26.50	10.70	11.50	3.40	6.70	21.60	15.85	32.30	15.30	20.65	1.04	2.97	.46	.32	.400	176	17.63	.67	171
4	28.20	7.10	10.30	6.50	8.10	24.90	19.75	32.00	17.90	21.45	.67	3.37	.47	.32	.406	174	18.50	.66	173
5	30.00	7.50	9.90	7.50	9.60	27.00	22.05	34.50	17.20	20.95	.68	3.14	.48	.31	.405	175	18.25	.61	177
6	30.10	6.00	14.90	7.60	11.90	34.40	26.95	40.40	20.40	23.40	.55	3.72	.48	.34	.420	171	20.43	.68	170
7	31.70	6.00	15.80	6.10	7.90	29.80	21.90	35.80	19.70	22.70	.53	3.50	.49	.32	.417	172	19.95	.63	175
8	33.30	9.30	14.70	5.60	9.30	29.60	22.25	38.90	21.80	26.45	.81	3.78	.49	.37	.440	169	23.54	.71	168
9	34.80	12.90	6.90	6.90	9.50	23.30	19.85	36.20	21.20	27.65	1.09	3.59	.50	.38	.448	168	24.80	.71	166
10	34.90	12.90	6.80	6.30	12.30	25.40	22.00	38.30	21.70	28.15	1.09	3.67	.50	.38	.451	167	25.29	.72	163
11	38.30	7.80	12.60	7.80	7.90	28.30	22.00	36.10	21.80	25.70	.63	3.52	.52	.33	.439	170	23.32	.61	176
12	38.60	16.80	7.90	5.00	17.60	30.50	26.55	47.30	23.80	32.20	1.35	3.83	.52	.42	.475	164	29.59	.77	158
13	38.60	14.40	8.90	7.20	10.50	26.60	22.15	41.00	22.60	29.80	1.16	3.64	.52	.39	.462	166	27.17	.70	169
14	41.50	14.90	6.20	7.70	18.40	32.30	29.20	47.20	29.80	37.25	1.16	4.63	.53	.46	.503	161	35.11	.85	128
15	42.30	10.10	11.10	10.90	16.55	38.55	33.00	48.65	28.40	33.45	.78	4.37	.54	.41	.483	163	31.07	.73	162
16	42.70	21.60	5.20	3.50	17.00	25.70	23.10	47.30	25.20	36.00	1.65	3.86	.54	.44	.497	162	33.76	.79	153
17	42.90	9.50	14.10	10.20	15.70	40.00	32.95	49.50	26.00	30.75	.73	3.97	.54	.38	.469	165	28.45	.66	172
18	44.00	22.90	4.20	3.40	18.30	25.90	23.80	48.80	30.10	41.55	1.73	4.54	.54	.50	.526	156	40.05	.91	87
19	44.20	17.50	9.50	6.30	16.70	32.50	27.75	50.00	30.40	39.15	1.32	4.57	.54	.47	.513	160	37.27	.84	131
20	47.80	22.20	9.60	7.40	23.60	40.60	35.80	62.80	34.10	45.20	1.61	4.93	.56	.53	.544	147	44.33	.93	70
21	48.00	15.10	8.40	7.50	16.20	32.10	27.90	47.20	31.60	39.15	1.09	4.56	.56	.45	.514	159	37.37	.78	156
22	48.40	11.20	5.90	18.60	20.30	44.80	41.85	56.00	36.10	41.70	.80	5.19	.56	.48	.527	155	40.21	.83	139
23	48.90	22.20	5.00	4.40	20.40	29.80	27.30	52.00	30.20	41.30	1.59	4.32	.56	.47	.525	157	39.77	.81	147
24	50.20	18.20	8.40	6.20	23.10	37.70	33.50	55.90	34.10	43.20	1.28	4.81	.57	.49	.534	154	41.95	.84	135
25	50.30	19.70	10.60	7.60	22.00	40.20	34.90	59.90	34.50	44.35	1.39	4.86	.57	.50	.540	151	43.28	.86	118
26	50.80	23.80	6.90	6.00	18.30	31.20	27.75	55.00	34.90	46.80	1.67	4.90	.57	.53	.551	141	46.19	.91	88
27	51.00	17.60	10.60	4.70	22.50	37.80	32.50	55.40	37.00	45.80	1.23	5.18	.57	.52	.547	143	44.99	.88	105
28	52.40	20.30	7.70	6.00	23.30	37.00	33.15	57.30	34.00	44.15	1.40	4.70	.57	.49	.539	152	43.07	.82	142
29	52.90	15.40	7.70	12.60	20.60	40.90	37.05	56.30	33.40	41.10	1.06	4.59	.58	.45	.524	158	39.71	.75	160
30	53.00	20.80	7.30	5.70	20.80	33.80	30.15	54.60	34.80	45.20	1.43	4.78	.58	.50	.544	148	44.29	.84	134
31	53.10	17.40	10.20	5.40	30.00	45.60	40.50	63.00	40.40	49.10	1.19	5.54	.58	.54	.562	138	48.95	.92	76
32	54.70	24.30	0.00	11.00	21.40	32.40	32.40	56.70	33.40	45.55	1.64	4.52	.58	.50	.546	145	44.72	.82	144
33	54.80	24.30	4.00	5.70	19.40	29.10	27.10	53.40	33.40	45.55	1.64	4.51	.58	.49	.546	144	44.73	.82	145
34	54.80	19.80	8.80	5.90	23.00	37.70	33.30	57.50	34.60	44.50	1.34	4.67	.58	.48	.541	150	43.53	.79	152
35	56.10	19.80	7.40	7.60	21.10	36.10	32.40	55.90	34.60	44.50	1.32	4.62	.59	.48	.541	149	43.58	.78	157

TABELA (7) – Variáveis geométricas e índices da configuração espacial de apartamentos...

Proj.	AU	PE	PH	PO	PD	PI	PV	PT	PK	PQ	IEX	IKI	IQS	IKC	IQG	CLQG	AN	IQN	CLQN
36	56.70	19.20	10.50	6.50	30.00	47.00	41.75	66.20	43.60	53.20	1.27	5.79	.59	.57	.581	131	53.96	.95	57
37	57.70	23.10	7.40	3.60	29.80	40.80	37.10	63.90	43.10	54.65	1.52	5.67	.59	.58	.587	126	55.77	.97	42
38	57.70	18.40	8.30	6.70	22.40	37.40	33.25	55.80	37.30	46.50	1.21	4.91	.59	.49	.550	142	45.89	.80	151
39	57.80	20.80	12.00	7.00	26.00	45.00	39.00	65.80	39.70	50.10	1.37	5.22	.59	.53	.567	136	50.10	.87	113
40	58.20	18.40	11.30	6.80	28.90	47.00	41.35	65.40	40.50	49.70	1.21	5.31	.60	.52	.565	137	49.62	.85	122
41	58.30	16.90	13.70	9.10	25.40	48.20	41.35	65.10	39.45	47.90	1.11	5.17	.60	.50	.557	140	47.51	.81	146
42	58.60	13.80	15.20	8.20	21.50	44.90	37.30	58.70	36.20	43.10	.90	4.73	.60	.45	.535	153	42.20	.72	165
43	58.90	24.60	7.80	5.80	26.20	39.80	35.90	64.40	41.45	53.75	1.60	5.40	.60	.56	.583	129	54.57	.93	71
44	59.50	19.40	10.00	6.50	28.90	45.40	40.40	64.80	42.80	52.50	1.26	5.55	.60	.55	.577	132	53.00	.89	99
45	59.70	22.30	6.50	8.50	26.00	41.00	37.75	63.30	39.20	50.35	1.44	5.07	.60	.52	.568	135	50.40	.84	130
46	60.00	20.90	10.10	8.60	25.90	44.60	39.55	65.50	43.30	53.75	1.35	5.59	.60	.56	.583	130	54.54	.91	89
47	60.20	19.40	7.90	7.00	27.10	42.00	38.05	61.40	42.10	51.80	1.25	5.43	.60	.54	.574	134	52.14	.87	114
48	60.40	22.70	9.70	6.20	31.10	47.00	42.15	69.70	42.95	54.30	1.46	5.53	.60	.56	.585	127	55.22	.91	84
49	62.00	29.60	6.70	5.30	33.20	45.20	41.85	74.80	45.40	60.20	1.88	5.77	.61	.61	.611	115	62.82	1.01	18
50	62.60	12.20	20.10	4.80	26.10	51.00	40.95	63.20	38.90	45.00	.77	4.92	.61	.46	.545	146	44.50	.71	167
51	63.20	24.30	7.40	4.80	28.60	40.80	37.10	65.10	40.00	52.15	1.53	5.03	.61	.53	.576	133	52.59	.83	138
52	65.30	21.50	10.90	8.70	28.80	48.40	42.95	69.90	45.00	55.75	1.33	5.57	.62	.55	.591	124	56.95	.87	109
53	65.70	31.50	0.00	7.00	28.50	35.50	35.50	67.00	44.70	60.45	1.94	5.51	.62	.60	.611	114	62.92	.96	51
54	66.90	23.10	8.70	5.60	34.80	49.10	44.75	72.20	45.10	56.65	1.41	5.51	.62	.56	.595	123	58.06	.87	112
55	67.20	22.80	9.20	8.20	33.80	51.20	46.60	74.00	46.90	58.30	1.39	5.72	.62	.57	.602	122	60.11	.89	97
56	67.30	20.70	9.10	5.00	26.40	40.50	35.95	61.20	38.10	48.45	1.26	4.64	.63	.47	.561	139	48.55	.72	164
57	67.80	26.70	6.80	4.75	30.30	41.85	38.45	68.60	46.65	60.15	1.62	5.67	.63	.59	.610	117	62.45	.92	77
58	68.20	22.80	13.60	4.60	37.20	55.40	48.60	78.20	49.15	60.55	1.38	5.95	.63	.59	.611	113	62.95	.92	75
59	68.40	23.70	8.80	5.40	33.20	47.40	43.00	71.10	46.80	58.65	1.43	5.66	.63	.57	.603	121	60.53	.88	101
60	69.00	23.40	9.70	5.80	37.00	52.50	47.65	75.90	49.10	60.80	1.41	5.91	.63	.59	.612	110	63.25	.92	80
61	69.50	28.20	7.80	8.60	30.70	47.10	43.20	75.30	47.90	62.00	1.69	5.75	.63	.60	.617	107	64.78	.93	67
62	69.70	14.00	18.20	7.10	33.10	58.40	49.30	72.40	47.10	54.10	.84	5.64	.63	.52	.585	128	55.05	.79	154
63	70.30	32.40	0.00	8.30	33.00	41.30	41.30	73.70	49.55	65.75	1.93	5.91	.63	.63	.633	99	69.73	.99	28
64	70.40	21.10	10.30	9.10	34.60	54.00	48.85	75.10	48.70	59.25	1.26	5.80	.63	.57	.606	118	61.27	.87	110
65	70.70	24.40	7.70	10.90	36.90	55.50	51.65	79.90	49.80	62.00	1.45	5.92	.64	.59	.617	108	64.75	.92	82
66	70.80	28.30	10.40	6.10	40.20	56.70	51.50	85.00	52.00	66.15	1.68	6.18	.64	.63	.634	96	70.24	.99	27
67	70.80	25.00	4.50	7.20	31.20	42.90	40.65	67.90	48.10	60.60	1.49	5.72	.64	.58	.611	112	62.96	.89	100
68	71.40	22.20	9.00	8.00	30.80	47.80	43.30	70.00	44.50	55.60	1.31	5.27	.64	.53	.591	125	56.86	.80	150
69	71.60	25.10	9.50	7.20	36.10	52.80	48.05	77.90	51.05	63.60	1.48	6.03	.64	.60	.624	105	66.80	.93	66
70	73.60	26.60	12.50	6.20	33.10	51.80	45.55	78.40	50.50	63.80	1.55	5.89	.64	.60	.624	104	67.00	.91	86

TABELA (7) – Variáveis geométricas e índices da configuração espacial de apartamentos...

Proj.	AU	PE	PH	PO	PD	PI	PV	PT	PK	PQ	IEX	IKI	IQS	IKC	IQG	CLQG	AN	IQN	CLQN
71	73.80	35.00	0.00	9.50	35.10	44.60	44.60	79.60	52.35	69.85	2.04	6.09	.64	.65	.649	85	75.11	1.02	13
72	73.80	25.60	9.30	6.90	32.90	49.10	44.45	74.70	48.00	60.80	1.49	5.59	.64	.57	.612	111	63.20	.86	119
73	73.80	34.50	0.00	9.30	35.30	44.60	44.60	79.10	56.00	73.25	2.01	6.52	.64	.69	.662	73	79.95	1.08	1
74	74.00	32.30	7.80	3.80	31.70	43.30	39.40	75.60	53.65	69.80	1.88	6.24	.65	.65	.648	86	75.03	1.01	17
75	74.10	28.50	8.10	8.80	35.90	52.80	48.75	81.30	49.30	63.55	1.66	5.73	.65	.59	.623	106	66.67	.90	94
76	74.80	23.20	8.50	7.20	33.40	49.10	44.85	72.30	48.70	60.30	1.34	5.63	.65	.56	.610	116	62.59	.84	133
77	75.10	29.40	13.50	5.50	32.30	51.30	44.55	80.70	51.05	65.75	1.70	5.89	.65	.61	.632	100	69.50	.93	72
78	75.40	20.00	11.70	8.60	40.70	61.00	55.15	81.00	56.25	66.25	1.15	6.48	.65	.61	.634	97	70.14	.93	68
79	75.60	30.40	8.40	4.10	31.10	43.60	39.40	74.00	51.80	67.00	1.75	5.96	.65	.62	.637	90	71.13	.94	62
80	75.60	18.60	13.50	5.00	32.50	51.00	44.25	69.60	49.50	58.80	1.07	5.69	.65	.54	.604	120	60.79	.80	148
81	75.80	34.40	3.70	11.40	35.00	50.10	48.25	84.50	54.50	71.70	1.98	6.26	.65	.66	.655	77	77.53	1.02	12
82	76.50	34.70	3.80	8.50	35.20	47.50	45.60	82.20	53.85	71.20	1.98	6.16	.65	.65	.653	78	76.78	1.00	23
83	76.80	32.00	7.60	3.40	33.30	44.30	40.50	76.30	50.90	66.90	1.83	5.81	.65	.61	.636	91	70.95	.92	74
84	77.10	28.50	9.00	6.30	37.90	53.20	48.70	81.70	56.00	70.25	1.62	6.38	.65	.64	.649	84	75.43	.98	36
85	77.80	27.10	8.60	8.90	38.00	55.50	51.20	82.60	54.10	67.65	1.54	6.13	.66	.62	.639	88	71.91	.92	73
86	78.10	23.30	6.70	9.50	32.20	48.40	45.05	71.70	47.40	59.05	1.32	5.36	.66	.54	.606	119	61.17	.78	155
87	78.10	31.90	0.00	9.70	43.10	52.80	52.80	84.70	54.55	70.50	1.80	6.17	.66	.64	.650	82	75.72	.97	39
88	78.50	24.10	10.20	6.60	35.90	52.70	47.60	76.80	49.95	62.00	1.36	5.64	.66	.56	.617	109	64.73	.82	140
89	79.00	32.80	6.50	11.50	33.60	51.60	48.35	84.40	55.75	72.15	1.85	6.27	.66	.65	.657	76	77.92	.99	32
90	79.60	32.00	7.00	7.10	37.30	51.40	47.90	83.40	54.65	70.65	1.79	6.13	.66	.64	.651	81	75.84	.95	56
91	79.60	24.30	10.00	11.00	34.80	55.80	50.80	80.10	54.25	66.40	1.36	6.08	.66	.60	.634	95	70.25	.88	103
92	80.00	23.80	13.30	7.20	37.20	57.70	51.05	81.50	53.75	65.65	1.33	6.01	.66	.59	.631	101	69.29	.87	115
93	80.10	32.10	8.00	9.30	37.10	54.40	50.40	86.50	50.70	66.75	1.79	5.66	.66	.60	.636	92	70.69	.88	102
94	80.10	35.10	6.80	7.10	39.10	53.00	49.60	88.10	56.50	74.05	1.96	6.31	.66	.67	.664	71	80.49	1.00	21
95	80.50	25.00	9.00	7.10	40.50	56.60	52.10	81.60	51.85	64.35	1.39	5.78	.66	.58	.626	103	67.66	.84	132
96	81.30	29.00	7.00	8.90	32.90	48.80	45.30	77.80	51.95	66.45	1.61	5.76	.67	.59	.634	94	70.31	.86	117
97	81.90	30.70	5.00	12.50	32.90	50.40	47.90	81.10	50.65	66.00	1.70	5.60	.67	.59	.633	98	69.74	.85	124
98	82.90	32.50	9.60	4.60	39.70	53.90	49.10	86.40	57.00	73.25	1.78	6.26	.67	.65	.660	74	79.22	.96	55
99	83.00	34.40	0.00	12.20	35.40	47.60	47.60	82.00	49.40	66.60	1.89	5.42	.67	.59	.635	93	70.50	.85	125
100	84.70	36.80	0.00	9.60	36.90	46.50	46.50	83.30	57.10	75.50	2.00	6.20	.67	.66	.668	68	82.21	.97	38
101	85.00	29.30	8.00	6.10	36.80	50.90	46.90	80.20	54.85	69.50	1.59	5.95	.68	.61	.646	87	74.20	.87	108
102	85.40	32.30	11.00	9.10	33.40	53.50	48.00	85.80	56.75	72.90	1.75	6.14	.68	.63	.659	75	78.65	.92	78
103	85.40	41.20	3.40	7.70	40.00	51.10	49.40	92.30	59.80	80.40	2.23	6.47	.68	.70	.686	60	89.10	1.04	8
104	85.70	26.00	7.70	12.60	39.80	60.10	56.25	86.10	54.35	67.35	1.40	5.87	.68	.58	.638	89	71.47	.83	136
105	86.40	26.70	7.00	10.50	35.00	52.50	49.00	79.20	52.05	65.40	1.44	5.60	.68	.57	.631	102	69.08	.80	149

TABELA (7) – Variáveis geométricas e índices da configuração espacial de apartamentos...

Proj.	AU	PE	PH	PO	PD	PI	PV	PT	PK	PQ	IEX	IKI	IQS	IKC	IQG	CLQG	AN	IQN	CLQN
106	86.50	37.40	0.00	13.30	37.90	51.20	51.20	88.60	59.30	78.00	2.01	6.38	.68	.67	.677	65	85.58	.99	29
107	87.30	30.70	6.30	6.90	40.70	53.90	50.75	84.60	55.20	70.55	1.64	5.91	.68	.61	.650	83	75.54	.87	116
108	89.60	30.10	5.60	9.20	36.60	51.40	48.60	81.50	59.15	74.20	1.59	6.25	.69	.63	.663	72	80.28	.90	96
109	89.80	40.30	0.00	11.30	41.30	52.60	52.60	92.90	59.85	80.00	2.13	6.32	.69	.68	.684	61	88.18	.98	34
110	90.10	32.40	9.00	16.90	28.00	53.90	49.40	86.30	55.10	71.30	1.71	5.80	.69	.60	.653	79	76.51	.85	126
111	90.60	35.40	9.40	7.70	40.00	57.10	52.40	92.50	61.40	79.10	1.86	6.45	.69	.67	.681	63	86.88	.96	47
112	92.40	35.80	3.50	8.30	44.50	56.30	54.55	92.10	62.90	80.80	1.86	6.54	.69	.68	.687	59	89.16	.96	43
113	92.90	32.30	11.20	9.80	36.40	57.40	51.80	89.70	55.00	71.15	1.68	5.71	.70	.59	.652	80	76.36	.82	141
114	93.30	29.90	9.60	10.30	41.80	61.70	56.90	91.60	60.30	75.25	1.55	6.24	.70	.63	.667	69	81.62	.87	107
115	95.90	27.40	11.80	14.40	36.50	62.70	56.80	90.10	61.10	74.80	1.40	6.24	.70	.61	.665	70	81.05	.85	129
116	97.30	34.10	7.50	11.00	42.30	60.80	57.05	94.90	61.00	78.05	1.73	6.18	.71	.64	.677	66	85.28	.88	106
117	97.50	31.00	11.70	5.10	42.60	59.40	53.55	90.40	63.10	78.60	1.57	6.39	.71	.64	.678	64	86.01	.88	104
118	97.80	38.00	4.10	7.00	43.30	54.40	52.35	92.40	60.60	79.60	1.92	6.13	.71	.65	.682	62	87.34	.89	98
119	99.90	39.00	0.00	11.50	53.30	64.80	64.80	103.80	66.30	85.80	1.95	6.63	.71	.69	.703	51	95.79	.96	48
120	101.10	36.30	10.70	7.10	42.40	60.20	54.85	96.50	67.30	85.45	1.81	6.69	.72	.68	.702	52	95.24	.94	61
121	101.30	39.50	0.00	11.20	48.20	59.40	59.40	98.90	66.40	86.15	1.96	6.60	.72	.69	.704	50	96.21	.95	58
122	101.60	42.00	0.00	16.20	40.70	56.90	56.90	98.90	69.20	90.20	2.08	6.87	.72	.72	.718	45	101.98	1.00	22
123	102.70	33.10	6.70	10.20	44.30	61.20	57.85	94.30	66.90	83.45	1.63	6.60	.72	.66	.695	56	92.45	.90	93
124	103.30	40.50	0.00	11.40	47.90	59.30	59.30	99.80	66.15	86.40	1.99	6.51	.72	.68	.705	49	96.48	.93	65
125	103.70	36.00	6.50	12.90	47.30	66.70	63.45	102.70	67.35	85.35	1.77	6.61	.72	.67	.701	53	95.02	.92	81
126	103.80	36.80	0.00	13.00	58.10	71.10	71.10	107.90	72.00	90.40	1.81	7.07	.72	.71	.718	44	102.12	.98	33
127	104.90	32.70	10.00	8.30	46.50	64.80	59.80	97.50	64.85	81.20	1.60	6.33	.72	.64	.687	58	89.43	.85	123
128	105.00	32.70	7.80	12.30	47.50	67.60	63.70	100.30	70.20	86.55	1.60	6.85	.72	.68	.705	48	96.64	.92	79
129	106.50	41.40	0.00	11.40	43.80	55.20	55.20	96.60	68.60	89.30	2.01	6.65	.73	.70	.714	46	100.42	.94	60
130	108.40	29.40	12.60	7.90	51.70	72.20	65.90	101.60	70.05	84.75	1.41	6.73	.73	.65	.699	54	94.14	.87	111
131	108.80	37.10	14.00	5.50	37.30	56.80	49.80	93.90	64.80	83.35	1.78	6.21	.73	.64	.695	57	92.28	.85	127
132	109.00	36.10	0.00	11.10	45.80	56.90	56.90	93.00	74.90	92.95	1.73	7.17	.73	.72	.726	41	105.49	.97	41
133	110.00	42.50	6.30	13.00	48.10	67.40	64.25	109.90	71.50	92.75	2.03	6.82	.74	.71	.725	42	105.16	.96	54
134	110.60	25.50	7.80	13.20	45.80	66.80	62.90	92.30	64.05	76.80	1.21	6.09	.74	.59	.673	67	84.01	.76	159
135	112.60	48.40	0.00	12.30	51.20	63.50	63.50	111.90	78.10	102.30	2.28	7.36	.74	.77	.756	37	119.10	1.06	6
136	113.30	28.70	12.70	18.30	45.70	76.70	70.35	105.40	69.50	83.85	1.35	6.53	.74	.63	.696	55	93.00	.82	143
137	113.40	39.40	7.50	6.40	50.00	63.90	60.15	103.30	66.95	86.65	1.85	6.29	.74	.65	.705	47	96.68	.85	121
138	114.40	45.20	7.60	10.40	49.90	67.90	64.10	113.10	71.60	94.20	2.11	6.69	.75	.71	.730	39	107.03	.94	64
139	115.20	38.10	7.60	20.40	47.80	75.80	72.00	113.90	73.00	92.05	1.77	6.80	.75	.69	.723	43	104.00	.90	92
140	118.70	39.00	5.80	13.10	62.10	81.00	78.10	120.00	85.60	105.10	1.79	7.86	.76	.78	.764	34	122.79	1.03	10

TABELA (7) – Variáveis geométricas e índices da configuração espacial de apartamentos...

Proj.	AU	PE	PH	PO	PD	PI	PV	PT	PK	PQ	IEX	IKI	IQS	IKC	IQG	CLQG	AN	IQN	CLQN
141	121.70	45.00	4.60	9.50	57.40	71.50	69.20	116.50	78.60	101.10	2.04	7.12	.76	.74	.751	38	116.63	.96	49
142	123.70	37.60	14.50	8.50	53.30	76.30	69.05	113.90	74.70	93.50	1.69	6.72	.77	.68	.727	40	105.92	.86	120
143	132.90	53.30	0.00	0.00	84.50	84.50	84.50	137.80	91.30	117.95	2.31	7.92	.78	.82	.801	30	141.36	1.06	4
144	135.50	43.20	0.00	13.00	64.10	77.10	77.10	120.30	83.90	105.50	1.86	7.21	.79	.73	.763	35	122.49	.90	91
145	140.20	45.50	2.70	12.60	66.20	81.50	80.15	127.00	85.30	108.05	1.92	7.20	.80	.73	.771	33	126.04	.90	95
146	142.00	46.30	9.90	11.50	68.40	89.80	84.85	136.10	92.00	115.15	1.94	7.72	.80	.78	.791	31	136.35	.96	46
147	143.40	43.90	5.70	9.60	68.20	83.50	80.65	127.40	89.80	111.75	1.83	7.50	.80	.75	.781	32	131.29	.92	83
148	146.50	38.10	8.90	12.60	71.20	92.70	88.25	130.80	86.20	105.25	1.57	7.12	.81	.70	.763	36	122.13	.83	137
149	148.50	44.30	3.20	10.70	70.60	84.50	82.90	128.80	97.00	119.15	1.82	7.96	.81	.79	.802	29	142.03	.96	52
150	150.40	60.70	6.60	15.00	57.70	79.30	76.00	140.00	93.10	123.45	2.47	7.59	.82	.81	.814	28	148.46	.99	31
151	154.40	60.30	5.60	19.40	63.60	88.60	85.80	148.90	99.00	129.15	2.43	7.97	.82	.84	.829	26	157.03	1.02	14
152	160.10	55.40	0.00	7.30	89.30	96.60	96.60	152.00	108.50	136.20	2.19	8.57	.83	.87	.848	22	167.77	1.05	7
153	161.60	45.80	14.00	7.20	80.10	101.30	94.30	147.10	105.10	128.00	1.80	8.27	.84	.81	.825	27	154.79	.96	50
154	165.10	55.80	0.00	5.70	107.00	112.70	112.70	168.50	113.10	141.00	2.17	8.80	.84	.88	.860	18	175.08	1.06	5
155	166.70	63.30	0.00	0.00	99.50	99.50	99.50	162.80	99.50	131.15	2.45	7.71	.85	.82	.833	24	159.36	.96	53
156	167.00	51.60	3.50	9.50	90.00	103.00	101.25	154.60	104.50	130.30	2.00	8.09	.85	.81	.831	25	158.05	.95	59
157	170.60	65.90	7.10	14.30	80.70	102.10	98.55	168.00	114.10	147.05	2.52	8.74	.85	.91	.875	15	184.46	1.08	3
158	170.70	67.60	0.00	15.90	81.50	97.40	97.40	165.00	104.90	138.70	2.59	8.03	.85	.85	.853	20	170.88	1.00	24
159	171.00	58.70	6.30	14.80	93.70	114.80	111.65	173.50	107.20	136.55	2.24	8.20	.85	.84	.847	23	167.48	.98	35
160	172.00	61.60	4.80	11.50	70.40	86.70	84.30	148.30	110.50	141.30	2.35	8.43	.85	.87	.860	19	174.92	1.02	15
161	182.90	66.30	0.00	0.00	92.20	92.20	92.20	158.50	112.20	145.35	2.45	8.30	.87	.86	.869	17	180.60	.99	30
162	183.50	53.20	10.90	14.00	74.20	99.10	93.65	152.30	112.20	138.80	1.96	8.28	.87	.82	.852	21	170.37	.93	69
163	185.50	65.60	0.00	0.00	114.10	114.10	114.10	179.70	117.50	150.30	2.41	8.63	.88	.89	.881	14	188.36	1.02	16
164	187.30	66.50	5.30	16.50	84.70	106.50	103.85	173.00	112.80	146.05	2.43	8.24	.88	.86	.870	16	181.44	.97	40
165	199.00	69.30	0.00	24.20	77.20	101.40	101.40	170.70	127.00	161.65	2.46	9.00	.90	.92	.908	11	205.84	1.03	11
166	203.90	70.80	0.00	19.30	96.40	115.70	115.70	186.50	126.30	161.70	2.48	8.84	.90	.91	.907	12	205.52	1.01	19
167	208.30	85.30	0.00	0.00	102.80	102.80	102.80	188.10	131.10	173.75	2.96	9.08	.91	.97	.935	4	225.37	1.08	2
168	209.70	80.10	0.00	32.40	78.30	110.70	110.70	190.80	129.60	169.65	2.77	8.95	.91	.94	.925	6	218.23	1.04	9
169	212.60	64.60	0.00	15.80	92.40	108.20	108.20	172.80	129.30	161.60	2.22	8.87	.92	.89	.906	13	204.81	.96	45
170	215.40	80.10	0.00	0.00	111.80	111.80	111.80	191.90	129.10	169.15	2.73	8.80	.92	.93	.924	7	216.92	1.01	20
171	218.00	77.40	2.10	13.10	98.20	113.40	112.35	190.80	127.80	166.50	2.62	8.66	.92	.91	.917	9	212.41	.97	37
172	233.40	77.80	0.00	21.30	87.10	108.40	108.40	186.20	127.80	166.70	2.55	8.37	.95	.88	.917	10	212.12	.91	90
173	234.70	78.60	0.00	14.50	99.50	114.00	114.00	192.60	128.60	167.90	2.57	8.39	.95	.88	.919	8	213.97	.91	85
174	237.80	75.80	0.00	32.00	77.70	109.70	109.70	185.50	135.60	173.50	2.46	8.79	.95	.90	.932	5	222.76	.94	63
175	247.50	82.00	0.00	0.00	120.50	120.50	120.50	202.50	148.00	189.00	2.61	9.41	.96	.97	.965	3	247.71	1.00	25
176	258.00	86.30	6.90	9.60	114.20	130.70	127.25	217.00	146.80	189.95	2.69	9.14	.98	.95	.967	2	248.65	.96	44
177	275.40	87.30	0.00	31.70	125.80	157.50	157.50	244.80	162.50	206.40	2.63	9.79	1.00	1.00	1.000	1	275.30	1.00	26

Legenda:

AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados;

PE = parede externa da área privativa do apartamento, em metros;

PH = parede divisória entre apartamentos, em metros;

PO = parede divisória entre o apartamento e o condomínio, em metros;

PD = parede divisória interna privativa do apartamento, em metros;

PI = parede interna da área privativa do apartamento, em metros;

PV = parede interna incidente do apartamento, em metros;

PT = parede total da área privativa do apartamento, em metros;

PK = parede qualificadora interna, em metros;

PQ = parede qualificadora total do apartamento, em metros.

IEX = índice de exteriorização;

IKI = índice de qualificação da configuração interna;

IQS = índice de qualidade espacial;

IKC = índice de qualificação da configuração;

IQG = índice de qualidade geométrica da configuração espacial;

CLQG = classificação do projeto quanto ao índice de qualidade geométrica;

AN = área nominal do arranjo físico, em metros quadrados;

IQN = índice de qualidade nominal do arranjo físico;

CLQN = classificação do projeto quanto ao índice de qualidade nominal.

A tabela (7) apresenta os valores das variáveis geométricas e qualificadoras representativas dos arranjos físicos dos projetos avaliados. A partir destas, são determinados os índices de qualificação da configuração espacial e o índice de qualidade geométrica. Calculado o índice de qualidade geométrica e determinada a área útil do projeto adotado como alvo, é delimitada a área nominal. A área nominal dividida pela área útil define o índice de qualidade nominal.

O índice da qualidade nominal apresenta valores maiores que um devido a existência de arranjos físicos comparativamente melhores qualificados que o projeto adotado como alvo.

3.10. Modelo de determinação do índice de qualidade geométrica da configuração espacial de uma habitação

Os modelos da qualidade espacial e da qualidade das paredes reproduzindo a configuração espacial de uma habitação são descritos pelas equações (27 e 33):

$$AU = AA.(IQS)^3 \quad (27)$$

$$AU = AA.(IQC)^3 + \varepsilon \quad (33)$$

Exibem a mesma variável resposta e constante de multiplicação (AA), descrevem o modelo matemático e de ajuste de uma função de potência com grau igual a três. Definem um índice de qualidade da configuração espacial expresso pela somatória do índice de atributos qualificadores da espaciosidade e da configuração, por meio da equação (35):

$$IKA = IE + IKC \quad (35)$$

com:

IKA = índice de qualificação do arranjo físico;

IE = índice de espaciosidade do arranjo físico;

IKC = índice de qualificação da configuração.

A adoção de um arranjo físico arbitrado como ideal e reproduzido por um projeto alvo ou valores alvo dos atributos estabelecem o índice de atributos qualificadores do projeto alvo, conforme a equação (36):

$$IKA_{aa} = IE_{aa} + IKC_{aa} \quad (36)$$

com:

IKA_{aa} = índice de qualificação do arranjo físico do projeto alvo;

IE_{aa} = índice de espaciosidade do projeto alvo;

IKC_{aa} = índice de qualificação da configuração do projeto alvo.

O índice de qualidade geométrica da configuração espacial de uma habitação é proposto pela equação (37):

$$IQG = \frac{IKA}{IKAaa} \quad (37)$$

com:

IQG = índice de qualidade geométrica da configuração espacial;

IKA = índice de qualificação do arranjo físico;

$IKAaa$ = índice de qualificação do arranjo físico do projeto alvo.

Os valores do índice de qualidade geométrica calculados pela equação (37), para os 177 arranjos físicos avaliados, são mostrados na tabela (7).

A análise estatística de modelos de ajuste para a relação índice de qualidade geométrica da configuração espacial dos 177 projetos avaliados, pelo devido custo de obtenção descrito pela área útil, apresenta como o melhor modelo explicativo a equação (38), descrevendo uma potência cúbica, e o gráfico do índice de qualidade geométrica pelo custo reproduzido pela área útil é apresentado na figura (9).

$$AU = AA.(IQG)^3 + \varepsilon \quad (38)$$

com:

AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados;

AA = área útil do projeto alvo, em metros quadrados;

IQG = índice de qualidade geométrica da configuração espacial;

ε = erro aleatório.

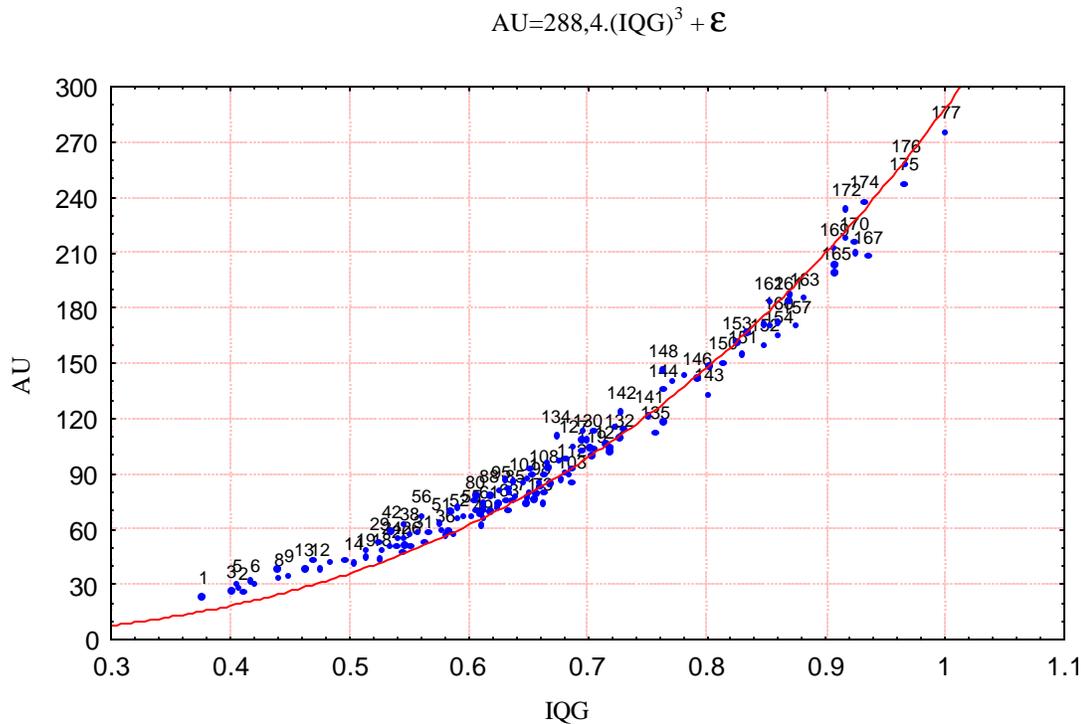
O valor numérico deste modelo para o caso em estudo é exibido pela equação (39):

$$AU = 288,4.(IQG)^3 + \varepsilon \quad (39)$$

com:

R = coeficiente de explicação = 0,997

FIGURA (9) – Índice de qualidade geométrica da configuração espacial de apartamentos



Legenda:

AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados;

IQG = índice de qualidade geométrica da configuração espacial.

ϵ = erro aleatório.

Define portanto, a equação (38), o modelo proposto de determinação do índice de qualidade geométrica da configuração espacial de um apartamento em relação ao custo da qualidade reproduzido pela área útil.

3.11. Determinação da área nominal da configuração espacial de uma habitação

A análise da configuração espacial de uma habitação sob o enfoque da qualidade, preconizado por Taguchi, estabelece a delimitação

de diversos níveis de qualidade em função da magnitude da presença das variáveis qualificadoras no arranjo físico. O confronto destes valores com um valor alvo representando a qualidade requerida, determina que a insuficiência destas variáveis comparativamente ao alvo adotado, representa uma perda em relação a utilização do produto (confinamento de ambientes, paredes sem possibilidade de mobiliamento, espaço insuficiente para o uso de um ambiente e grande quantidade de circulações, por exemplo).

A partir do índice de qualidade geométrica do arranjo físico expresso pela equação (37) é computado o custo equivalente à obtenção do índice de qualidade geométrica de uma habitação comparativamente com um alvo adotado, cujo valor é fixado em área. O custo assim obtido, por meio da equação (38), é normalmente menor que o valor da área útil (AU) delimitante do índice de qualidade, significando a existência de perdas em relação à condição adotada como alvo (qualidade requerida).

O valor obtido do custo de qualidade (estabelecido em área), em função do índice de qualidade computado comparativamente a um projeto alvo, representa a área nominal do arranjo físico, proposta pela equação (40):

$$AN = (AU - LO) = AA.(IQG)^3 + \varepsilon \quad (40)$$

com:

AN = área nominal do arranjo físico, em metros quadrados;

AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados;

LO = perdas em relação à qualidade requerida, em metros quadrados;

AA = área útil do projeto alvo, em metros quadrados;

IQG = índice de qualidade geométrica da configuração espacial;

ε = erro aleatório.

A área nominal representa a quantificação dos atributos qualificadores do arranjo físico comparativamente a um projeto ou valores adotados como alvo, representando a qualidade requerida, com um valor expresso em área.

3.12. Determinação do índice de qualidade nominal do arranjo físico

A área nominal expressa a área útil do arranjo físico, descontadas as perdas nominais (computadas em área). A relação proporcional entre estes valores é denominado de índice de qualidade nominal, o qual é proposto pela equação (41):

$$IQN = \frac{AN}{AU} \quad (41)$$

com:

IQN = índice de qualidade nominal do arranjo físico;

AN = área nominal do arranjo físico, em metros quadrados;

AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados.

O valor da área nominal e do índice de qualidade nominal dos 177 arranjos físicos avaliados, são apresentados na tabela (7).

Em termos físicos, o IQN significa que no caso de um apartamento com área útil (AU) igual a 100,0 m² e área nominal (AN) computada de 90,0 m², o usuário está adquirindo 100 unidades de área, e no entanto a sua disponibilidade de utilização é proporcionalmente igual a 90, representando uma perda igual a 10,0 m², e determinando um índice de qualidade nominal igual a 0,90.

Obtido o índice de qualidade nominal, o próximo passo é a determinação do índice de custo geométrico.

4. ÍNDICE DE CUSTO GEOMÉTRICO E CUSTO/QUALIDADE DA CONFIGURAÇÃO ESPACIAL DE UM APARTAMENTO

4.1. Introdução

O modelo proposto de determinação do custo da solução geométrica do arranjo físico de um apartamento apresenta como premissa básica a composição do custo de um edifício, segundo as variáveis geométricas delimitantes do plano horizontal descritas pelo piso e teto, e do plano vertical reproduzidas pela parede externa e interna, às quais estabelecem o custo representativo dos elementos geométricos definidores da configuração espacial. As instalações e serviços gerais exibem um custo semi-independente das variáveis avaliadas.

A partir da composição de custos, expresso na tabela (8), e da relação entre o custo da parede externa e da interna reproduzindo o padrão de acabamentos, é delimitada uma metodologia de determinação do índice de custo geométrico do arranjo físico de um apartamento. A adoção de um projeto padrão introduz uma sistemática de comparação do custo da solução geométrica do arranjo físico avaliado, com o custo de uma delimitada solução padrão, cujo índice adotado é igual a uma unidade de custo por unidade de área.

O índice exhibe vantagens em relação à sistemática tradicional de determinação do custo de um apartamento no que diz respeito à

1. definição do custo comparativo da solução de projeto a partir das variáveis geométricas: área útil, parede externa e interna incidente;

2. determinação de um índice de custo da solução geométrica sem a necessidade do levantamento físico e monetário dos elementos exigidos para a produção do apartamento;
3. rápida verificação do comportamento do índice de custo da solução de projeto em função da presença das variáveis geométricas e do padrão de acabamento adotado, facilitando a avaliação e comparação entre possibilidades de solução.

TABELA (8) – Composição do custo de um edifício

Composição		Percentual do custo	Total parcial	Percentual do custo	Total parcial	RC
		MASCARÓ (1)		ENCOL (2)		
. Elementos determinantes dos planos horizontais:	. parte horizontal da estrutura resistente e fundações;	20,6	29,8%	21,0	30,0%	
	. contrapisos;	2,2		3,0		
	. acabamentos horizontais;	7,0		5,5		
	. cobertura.			0,5		
. Elementos determinantes dos planos verticais:	. parte vertical da estrutura resistente;	4,0	41,3%	4,0	36,0%	
	. alvenaria e isolamento;	8,7		4,5		
	. acabamentos verticais;	14,5		15,0		
	. esquadria interna e externa.	14,1		12,5		
. Instalações (cujos custos são semi-independentes das dimensões do edifício):	. instalações hidráulica/sanitária e combate a incêndio;	8,2	23,8%	10,0	20,8%	
	. instalações elétrica/telefônica e especiais;	5,5		3,8		
	. instalações de gás;	4,7		6,0		
	. elevadores;	4,8				
	. diversos.	0,6				
. Serviços gerais:		5,1%		13,2%		
. Relação de custo do acabamento $\left(\frac{\text{paredeeexterna}}{\text{paredointerna}} \right)$. Padrão superior					4,0
	. Padrão médio					2,4
	. Padrão inferior					2,0

Fonte: (1) MASCARÓ (1985, p. 8);

(2) ENCOL (1990, p. 28).

Um modelo de determinação do custo de uma habitação em função do custo das variáveis geométricas do arranjo físico da habitação e o custo dos acabamentos, é apresentado por Balachandran & Gero (1987), segundo a equação (42):

$$C = \sum_i \left\{ 2 \cdot (W_i + L_i) \cdot (d_1 C_1 + d_2 C_2) + 2 \cdot (W_i + L_i) \cdot C_{3i} \right\} H + W_i \cdot L_i \cdot (C_{4i} + C_{5i}) \quad (42)$$

com:

H = altura do ambiente;

W_i = comprimento do ambiente;

L_i = largura do ambiente;

C_1 , C_2 , C_{3i} , C_{4i} e C_5 representam custo das paredes externas, paredes internas, acabamentos internos, piso e teto respectivamente;
 d_1 , d_2 são variáveis binárias; para a parede externa $d_1=1$ e $d_2=0$, e para a parede interna $d_1=0$ e $d_2=1$.

4.2. O custo da solução geométrica do arranjo físico de uma habitação

A determinação do índice de qualidade geométrica do arranjo físico de um apartamento representa um indicador de suma importância para a avaliação do comportamento das variáveis geométricas no sentido de estabelecer a sua avaliação e de representar um caminho para a melhoria do projeto, ou seja, a sua qualidade. Contudo, o índice sozinho não representa um parâmetro decisor na avaliação ou otimização de um arranjo físico, devido à existência de uma outra variável com igual grau de importância, representada pelo custo.

É necessário, portanto, conhecer o custo monetário da qualidade de modo a alinhar as necessidades e desejos do usuário com a sua capacidade financeira.

O custo conjuntamente com o índice de qualidade é descrito por Markus (1971) como o único critério que permite avaliar o grau de otimização de uma solução.

Um dos rumos seguidos na área produtiva, e que tem influenciado a tecnologia da qualidade na atualidade, é o enfoque preconizado por Feigenbaum (1967, 1994), segundo o qual um produto deve maximizar o atendimento às necessidades e desejos ligados ao seu uso (satisfação total do consumidor), com a minimização dos recursos utilizados para a sua produção (custo mínimo).

Logo, para a avaliação ou otimização da solução geométrica do projeto de uma habitação, se faz necessário a determinação do custo representado pela presença e pelas relações existentes entre as variáveis geométricas que compõe o arranjo físico, dentre as quais podem ser destacadas:

1. a variação da relação parede/área em função da forma e da dimensão dos ambientes;
2. o formato da figura resultante do arranjo físico e a respectiva quantidade de parede externa, e;
3. a relação parede externa/parede interna, devido ao custo dos acabamentos e revestimentos.

4.3. Variáveis quantificadoras do custo da solução geométrica do arranjo físico de uma habitação

O modelo proposto para a determinação do custo da solução geométrica do arranjo físico de um apartamento é estabelecida pelo comprimento da parede externa e interna incidente na área útil, pela área útil e pelas constantes de custo do projeto padrão.

A determinação do custo geométrico do arranjo físico representativo de um apartamento é encetada por meio da equação (43):

$$RVG = RVA + RVE + RVI \quad (43)$$

e:

$$RVV = RVE + RVI \quad (44)$$

com:

RVG = valor percentual do custo das variáveis geométricas do arranjo físico, em relação ao custo do apartamento;

RVA = valor percentual do custo do plano horizontal reproduzido pelo piso e teto em relação ao custo do apartamento;

RVE = valor percentual do custo da parede externa em relação ao custo do apartamento;

RVI = valor percentual do custo da parede interna incidente em relação ao custo do apartamento;

RVV = valor percentual do custo das paredes em relação ao custo do apartamento.

4.4. Constantes do custo

A parede externa exibe um custo maior que a interna devido a diferenciais existentes entre si no que se refere à constituição, elementos, revestimentos e acabamentos, conforme exposto na tabela (9).

TABELA (9) – Diferenciais existentes entre a parede externa e a interna

Item	Parede externa	Parede interna
Função	. Vedação	. Divisória
Constituição	. Cerâmica; . Vidro; . Alumínio.	. Cerâmica; . Gesso; . Madeira.
Elementos (conexão)	. Esquadrias metálicas ou alumínio; . Vidros.	. Portas de madeira.
Revestimentos	. Pintura impermeável; . Cerâmica; . Pedra; . Metálica.	. Pintura PVA (áreas secas); . Cerâmica (áreas molhadas).
Acabamentos	. Pingadeiras; . Caixas de ar condicionado; . Molduras; . Floreiras.	. Rodapé
Elementos de conexão	. Esquadrias	. Portas

A relação de custo da parede externa pelo custo da parede interna, é mostrada na equação (45):

$$RC = \frac{VUE}{VUI} \quad (45)$$

com:

RC = custo da parede externa em relação ao custo da parede interna;

VUE = custo da parede externa, por metro quadrado;

VUI = custo da parede interna, por metro quadrado.

Considerando uma altura igual para as paredes externa e interna, o custo relativo equivalente ao comprimento unitário das paredes é expresso pelas equações (46 a 48):

$$HE.VUE = RC.HI.VUI \quad (46)$$

e:

$$HE = HI \quad (47)$$

implica em:

$$VPE = RC.VPI \quad (48)$$

com:

HE = altura da parede externa;

HI = altura da parede interna;

VPE = custo relativo do comprimento unitário da parede externa;

VPI = custo relativo do comprimento unitário da parede interna.

Determinadas as variáveis geométricas delimitantes do custo da solução geométrica do arranjo físico e estabelecidos os valores relativos das variáveis que compõe o plano horizontal e vertical, e, o diferencial entre a parede externa e interna, o índice de custo geométrico é computado a partir da metodologia proposta a seguir.

4.5. Metodologia de determinação do índice de custo geométrico da solução do arranjo físico de um projeto padrão de custo

4.5.1. Determinação das percentagens relativas das paredes externa e interna

Percentagem da parede externa em relação à quantidade de parede total incidente, expressa por meio das equações (49 e 50):

$$P_{Sp} = P_{Ep} + P_{Vp} \quad (49)$$

$$PPE = \frac{PEp}{P_{Sp}} \times 100 \quad (50)$$

com:

P_{Sp} = comprimento da parede total incidente na área útil do apartamento padrão de custo, em metros;

PE_p = comprimento da vedação externa da área privativa do apartamento padrão de custo, em metros;

PV_p = comprimento da parede interna, incidente no custo, da área privativa do apartamento padrão de custo, em metros;

PPE = percentagem da parede externa em relação à quantidade de parede total incidente.

Percentagem da parede interna incidente em relação à quantidade de parede total incidente, expressa por meio da equação (51):

$$PPI = \frac{PV_p}{PS_p} \times 100 \quad (51)$$

com:

PPI = percentagem da parede interna em relação à quantidade de parede total incidente;

PV_p = comprimento da parede interna, incidente no custo, da área privativa do apartamento padrão de custo, em metros;

PS_p = comprimento da parede total incidente na área útil do apartamento padrão de custo, em metros.

4.5.2. Determinação do custo percentual relativo das paredes externa e interna incidente em relação ao custo do projeto padrão de custo, apresentado na equação (52):

$$RVI = \frac{RVV}{\left(1 + RC \frac{PPE}{PPI}\right)} \quad (52)$$

com:

RVI = valor percentual de custo da parede interna incidente em relação ao custo do apartamento;

RVV = valor percentual de custo das paredes em relação ao custo do apartamento;

RC = custo da parede externa em relação ao custo da parede interna;

PPE = percentagem da parede externa em relação a quantidade de parede total incidente.

O custo percentual relativo da parede externa é obtido por meio da equação (44):

$$RVE = RVV - RVI \quad (44)$$

4.5.3. Determinação das unidades de custo da área útil, parede externa e parede interna incidente em relação à área útil do projeto padrão de custo

Com a hipótese de estabelecer um índice de custo da solução geométrica do arranjo físico de uma habitação cujo valor seja igual a uma unidade de custo por metro quadrado de área útil, para um determinado projeto padrão adotado, é desenvolvida a relação mostrada nas equações (53 e 54):

$$UC_p = UCA + UCE + UCI \quad (53)$$

e:

$$UC_p = AP \quad (54)$$

com:

AP = área útil do arranjo físico, em metros quadrados, adotada como padrão para o estabelecimento de um índice de custo padrão (UC_p);

UCA = unidades de custo da área útil em relação à área útil privativa do apartamento, obtida por meio da equação (55);

UCE = unidades de custo da parede externa em relação à área útil do apartamento, obtida por meio da equação (56);

UCI = unidades de custo da parede interna incidente em relação à área útil do apartamento, obtida por meio da equação (57):

$$UCA = RVA \cdot \left(\frac{UC_p}{RVG} \right) \quad (55)$$

$$UCE = RVE \cdot \left(\frac{UC_p}{RVG} \right) \quad (56)$$

$$UCI = RVI \cdot \left(\frac{UCp}{RVG} \right) \quad (57)$$

com:

RVA = valor percentual de custo do plano horizontal reproduzido pelo piso e teto em relação ao custo do apartamento;

RVE = valor percentual de custo da parede externa em relação ao custo do apartamento;

RVI = valor percentual de custo da parede interna incidente em relação ao custo do apartamento;

UCp= unidades de custo relativo à área útil do apartamento padrão de custo;

RVG = valor percentual de custo das variáveis geométricas do arranjo físico em relação ao custo do apartamento.

4.5.4. Determinação do índice de custo unitário das variáveis geométricas em relação à área útil do projeto padrão de custo

Índice de custo unitário das variáveis geométricas definidoras do custo da solução geométrica do arranjo físico do apartamento calculado por meio das equações (58 a 60):

$$IVAp = \frac{UCA}{AP} \quad (58)$$

$$IVEp = \frac{UCE}{PEp} \quad (59)$$

$$IVIp = \frac{UCI}{PVp} \quad (60)$$

com:

IVAp= índice de custo da área útil unitária privativa do apartamento padrão de custo;

IVEp= índice de custo do comprimento unitário da parede externa da área útil do apartamento padrão de custo;

IVIp = índice de custo do comprimento unitário da parede interna incidente da área útil do apartamento padrão de custo;

UCA = unidades de custo da área útil em relação à área útil privativa do apartamento;

UCE = unidades de custo da parede externa em relação à área útil do apartamento;

UCI = unidades de custo da parede interna incidente em relação à área útil do apartamento;

AP = área útil do arranjo físico padrão de custo, em metros quadrados;

PEp = comprimento da vedação externa da área privativa do apartamento padrão de custo, em metros;

PVp = comprimento da parede interna incidente no custo da área privativa do apartamento padrão de custo, em metros.

4.5.5. Determinação do índice de custo da solução geométrica do arranjo físico do projeto padrão de custo

O índice de custo da solução geométrica do arranjo físico de um apartamento é obtido, conforme a equação (61). Para o projeto padrão adotado, o índice ICG é igual a um e representa um padrão de referência.

Os valores determinados do índice de custo geométrico dos arranjos físicos avaliados são mostrados na tabela (10).

$$ICG = IVAp + \frac{IVEp \cdot PE}{AU} + \frac{IVIp \cdot PV}{AU} \quad (61)$$

com:

ICG = índice de custo geométrico do arranjo físico;

IVAp = índice de custo da área útil unitária privativa do apartamento padrão de custo;

IVEp = índice de custo do comprimento unitário da parede externa da área útil do apartamento padrão de custo;

IVI_p = índice de custo do comprimento unitário da parede interna incidente no custo da área útil do apartamento padrão de custo;

PE = comprimento da vedação externa da área privativa do apartamento avaliado, em metros;

PV = comprimento da parede total incidente no custo da área útil do apartamento avaliado, em metros;

AU = área útil do arranjo físico avaliado, em metros quadrados.

4.6. Escolha do projeto padrão de custo

Qualquer projeto pode ser adotado como padrão, uma vez que está se estabelecendo um índice relativo (escala de proporcionalidade) considerando iguais condições (o mesmo tipo de estrutura, constituição, elementos, revestimentos e acabamentos) determinantes das constantes de custo.

O ideal é que seja fixado o projeto de maior custo como padrão, mas caso seja adotado um projeto comparativamente mais econômico, ocorrerá a existência de projetos com índices de custo maiores que o do padrão. Neste caso o maior valor poderá ser adotado como o índice de custo do projeto de custo máximo (ICM) e todos os valores dos índices de custo devem ser divididos pelo (ICM) adotado (manter a escala no intervalo menor ou igual a um).

Simulação efetuada com os projetos apresentados na tabela (7), indica que qualquer projeto similar pode ser adotado como padrão. Uma vez que a determinação de um projeto com um valor maior que o índice de custo do projeto padrão e a divisão de todos os valores pelo índice de custo máximo (ICM), implica na constituição de uma escala com intervalo menor ou igual a um. As escalas assim estabelecidas apresentam a mesma proporcionalidade, conforme exposto na tabela (10).

Adotando por exemplo o projeto 147 como padrão de custo, o valor calculado para o índice de custo unitário das variáveis geométricas área útil, parede externa e interna incidente é respectivamente:

$$IVAp = 0,454 \text{ uc/m}^2;$$

$$IVEp = 0,876 \text{ uc/m};$$

$$IVIp = 0,365 \text{ uc/m}.$$

Aplicando os índices aos projetos apresentados na tabela (7), o custo máximo da solução geométrica é representado pelo projeto 20, com o valor do índice de custo máximo igual a (ICM). A divisão dos valores de ICG pelo índice (ICM) determina a obtenção de uma escala de proporcionalidade do índice de custo, com o limite superior igual a um, mostrado na tabela (10).

TABELA (10) – Índice de custo e custo/qualidade

Proj.	AU	PE	PV	ICG73	ICG115	ICG147	ICG167	ICG135	CLCG	ICQ	CLCQ
1	23.20	5.80	13.75	.79	.78	.79	.77	.86	7	1.36	172
2	26.00	11.80	17.40	.97	.96	.97	.97	1.06	174	1.44	175
3	26.50	10.70	15.85	.91	.90	.91	.90	.99	141	1.49	176
4	28.20	7.10	19.75	.82	.81	.82	.81	.90	28	1.37	174
5	30.00	7.50	22.05	.83	.82	.83	.82	.91	35	1.50	177
6	30.10	6.00	26.95	.84	.84	.85	.83	.92	55	1.36	171
7	31.70	6.00	21.90	.77	.76	.77	.75	.85	4	1.34	168
8	33.30	9.30	22.25	.83	.83	.83	.82	.91	38	1.29	163
9	34.80	12.90	19.85	.87	.87	.87	.86	.95	87	1.34	165
10	34.90	12.90	22.00	.89	.88	.89	.88	.97	121	1.34	166
11	38.30	7.80	22.00	.75	.74	.75	.72	.82	1	1.34	167
12	38.60	16.80	26.55	.96	.96	.96	.96	1.05	170	1.37	173
13	38.60	14.40	22.15	.87	.87	.88	.87	.96	94	1.36	170
14	41.50	14.90	29.20	.90	.90	.91	.90	.99	139	1.17	145
15	42.30	10.10	33.00	.84	.83	.84	.83	.92	49	1.25	160
16	42.70	21.60	23.10	.96	.96	.97	.97	1.06	173	1.33	164
17	42.90	9.50	32.95	.82	.81	.82	.81	.90	27	1.36	169
18	44.00	22.90	23.80	.98	.97	.98	.98	1.07	175	1.17	147
19	44.20	17.50	27.75	.91	.90	.91	.90	.99	143	1.18	152
20	47.80	22.20	35.80	1.00	1.00	1.00	1.00	1.09	177	1.18	149
21	48.00	15.10	27.90	.83	.83	.83	.82	.91	36	1.17	146
22	48.40	11.20	41.85	.86	.85	.86	.85	.94	74	1.13	134
23	48.90	22.20	27.30	.93	.93	.93	.93	1.02	158	1.25	162
24	50.20	18.20	33.50	.90	.89	.90	.89	.98	131	1.17	148
25	50.30	19.70	34.90	.93	.92	.93	.92	1.01	157	1.18	150
26	50.80	23.80	27.75	.94	.94	.94	.94	1.03	162	1.13	131
27	51.00	17.60	32.50	.87	.87	.88	.86	.96	91	1.08	112
28	52.40	20.30	33.15	.90	.90	.91	.90	.99	138	1.20	154
29	52.90	15.40	37.05	.85	.85	.85	.84	.93	63	1.24	159
30	53.00	20.80	30.15	.89	.88	.89	.88	.97	114	1.16	142
31	53.10	17.40	40.50	.90	.90	.90	.89	.98	134	1.07	101
32	54.70	24.30	32.40	.93	.93	.94	.93	1.02	160	1.25	161
33	54.80	24.30	27.10	.90	.90	.91	.90	.99	137	1.21	156
34	54.80	19.80	33.30	.88	.87	.88	.87	.96	97	1.21	155
35	56.10	19.80	32.40	.86	.85	.86	.85	.94	76	1.21	157
36	56.70	19.20	41.75	.90	.90	.90	.89	.98	133	1.03	66

TABELA (10) – Índice de custo e custo/qualidade...

Proj.	AU	PE	PV	ICG73	ICG115	ICG147	ICG167	ICG135	CLCG	ICQ	CLCQ
37	57.70	23.10	37.10	.92	.91	.92	.91	1.00	153	1.04	69
38	57.70	18.40	33.25	.83	.83	.84	.82	.91	39	1.15	139
39	57.80	20.80	39.00	.90	.89	.90	.89	.98	132	1.13	133
40	58.20	18.40	41.35	.87	.87	.88	.87	.96	93	1.12	129
41	58.30	16.90	41.35	.85	.85	.86	.84	.94	66	1.15	138
42	58.60	13.80	37.30	.79	.78	.79	.77	.87	8	1.20	153
43	58.90	24.60	35.90	.92	.92	.92	.92	1.01	155	1.09	115
44	59.50	19.40	40.40	.87	.87	.87	.86	.95	89	1.07	103
45	59.70	22.30	37.75	.89	.89	.90	.89	.98	127	1.16	141
46	60.00	20.90	39.55	.88	.88	.89	.87	.97	106	1.06	97
47	60.20	19.40	38.05	.85	.85	.86	.84	.94	67	1.08	110
48	60.40	22.70	42.15	.92	.91	.92	.91	1.00	152	1.10	120
49	62.00	29.60	41.85	.98	.98	.99	.99	1.08	176	1.06	98
50	62.60	12.20	40.95	.77	.75	.76	.74	.84	2	1.18	151
51	63.20	24.30	37.10	.89	.88	.89	.88	.97	113	1.17	144
52	65.30	21.50	42.95	.87	.86	.87	.86	.95	84	1.09	117
53	65.70	31.50	35.50	.94	.94	.95	.94	1.03	166	1.08	109
54	66.90	23.10	44.75	.88	.88	.89	.88	.97	107	1.11	128
55	67.20	22.80	46.60	.89	.88	.89	.88	.97	110	1.09	114
56	67.30	20.70	35.95	.81	.80	.81	.80	.89	17	1.23	158
57	67.80	26.70	38.45	.89	.88	.89	.88	.97	116	1.06	87
58	68.20	22.80	48.60	.89	.88	.89	.88	.97	118	1.05	85
59	68.40	23.70	43.00	.87	.87	.87	.86	.95	88	1.08	107
60	69.00	23.40	47.65	.89	.88	.89	.88	.97	108	1.06	88
61	69.50	28.20	43.20	.91	.91	.92	.91	1.00	149	1.07	104
62	69.70	14.00	49.30	.79	.78	.79	.77	.86	6	1.09	118
63	70.30	32.40	41.30	.94	.94	.95	.94	1.03	167	1.04	78
64	70.40	21.10	48.85	.86	.85	.86	.85	.94	71	1.08	106
65	70.70	24.40	51.65	.90	.90	.91	.90	.99	136	1.08	108
66	70.80	28.30	51.50	.94	.94	.95	.94	1.03	165	1.04	73
67	70.80	25.00	40.65	.86	.85	.86	.85	.94	75	1.06	92
68	71.40	22.20	43.30	.84	.83	.84	.83	.92	48	1.15	140
69	71.60	25.10	48.05	.89	.88	.89	.88	.97	117	1.04	76
70	73.60	26.60	45.55	.88	.87	.88	.87	.96	101	1.06	91
71	73.80	35.00	44.60	.96	.96	.97	.96	1.05	172	1.03	65
72	73.80	25.60	44.45	.86	.86	.87	.85	.95	80	1.10	123
73	73.80	34.50	44.60	.96	.95	.96	.96	1.05	169	.97	26
74	74.00	32.30	39.40	.91	.91	.91	.90	1.00	144	.98	35
75	74.10	28.50	48.75	.91	.91	.91	.90	1.00	145	1.11	124
76	74.80	23.20	44.85	.84	.83	.84	.82	.91	41	1.09	119
77	75.10	29.40	44.55	.89	.89	.90	.89	.98	128	1.06	90
78	75.40	20.00	55.15	.84	.84	.84	.83	.92	53	.99	38
79	75.60	30.40	39.40	.88	.87	.88	.87	.96	102	1.02	59
80	75.60	18.60	44.25	.78	.77	.78	.76	.86	5	1.07	99
81	75.80	34.40	48.25	.96	.95	.96	.95	1.05	168	1.02	56
82	76.50	34.70	45.60	.94	.94	.95	.94	1.03	164	1.03	63
83	76.80	32.00	40.50	.89	.89	.90	.89	.98	126	1.06	89
84	77.10	28.50	48.70	.89	.89	.89	.88	.97	122	1.00	41
85	77.80	27.10	51.20	.88	.88	.88	.87	.97	105	1.04	79
86	78.10	23.30	45.05	.82	.81	.82	.80	.90	24	1.15	137
87	78.10	31.90	52.80	.93	.93	.94	.93	1.02	159	1.05	84
88	78.50	24.10	47.60	.84	.83	.84	.82	.91	40	1.11	126
89	79.00	32.80	48.35	.92	.91	.92	.91	1.01	154	1.02	52
90	79.60	32.00	47.90	.91	.90	.91	.90	.99	140	1.04	71

TABELA (10) – Índice de custo e custo/qualidade...

Proj.	AU	PE	PV	ICG73	ICG115	ICG147	ICG167	ICG135	CLCG	ICQ	CLCQ
91	79.60	24.30	50.80	.84	.84	.85	.83	.92	54	1.05	81
92	80.00	23.80	51.05	.84	.83	.84	.82	.92	47	1.06	94
93	80.10	32.10	50.40	.91	.91	.92	.91	1.00	147	1.13	135
94	80.10	35.10	49.60	.94	.94	.94	.94	1.03	163	1.02	55
95	80.50	25.00	52.10	.85	.84	.85	.84	.93	62	1.11	125
96	81.30	29.00	45.30	.86	.85	.86	.85	.94	72	1.08	113
97	81.90	30.70	47.90	.88	.87	.88	.87	.96	100	1.13	132
98	82.90	32.50	49.10	.89	.89	.90	.89	.98	129	1.02	61
99	83.00	34.40	47.60	.91	.90	.91	.90	.99	142	1.17	143
100	84.70	36.80	46.50	.91	.91	.92	.91	1.00	148	1.03	64
101	85.00	29.30	46.90	.85	.84	.85	.83	.93	58	1.06	95
102	85.40	32.30	48.00	.87	.87	.88	.87	.96	95	1.04	70
103	85.40	41.20	49.40	.96	.96	.96	.96	1.05	171	1.01	44
104	85.70	26.00	56.25	.85	.84	.85	.84	.93	60	1.11	127
105	86.40	26.70	49.00	.82	.82	.82	.81	.90	29	1.13	130
106	86.50	37.40	51.20	.92	.92	.93	.92	1.01	156	1.02	58
107	87.30	30.70	50.75	.86	.85	.86	.85	.94	77	1.09	116
108	89.60	30.10	48.60	.84	.83	.84	.82	.92	44	1.02	57
109	89.80	40.30	52.60	.94	.93	.94	.93	1.02	161	1.04	77
110	90.10	32.40	49.40	.86	.85	.86	.85	.94	69	1.10	122
111	90.60	35.40	52.40	.89	.88	.89	.88	.97	120	1.02	49
112	92.40	35.80	54.55	.89	.89	.89	.88	.97	123	1.01	47
113	92.90	32.30	51.80	.85	.84	.85	.84	.93	61	1.13	136
114	93.30	29.90	56.90	.85	.84	.85	.83	.93	57	1.06	93
115	95.90	27.40	56.80	.81	.81	.82	.80	.89	20	1.06	86
116	97.30	34.10	57.05	.86	.86	.86	.85	.94	78	1.08	105
117	97.50	31.00	53.55	.83	.82	.83	.81	.90	30	1.02	60
118	97.80	38.00	52.35	.87	.87	.88	.87	.96	92	1.07	102
119	99.90	39.00	64.80	.91	.91	.91	.91	1.00	146	1.04	72
120	101.10	36.30	54.85	.85	.85	.86	.84	.94	65	.99	39
121	101.30	39.50	59.40	.89	.89	.89	.88	.98	125	1.03	62
122	101.60	42.00	56.90	.90	.90	.90	.89	.99	135	.98	36
123	102.70	33.10	57.85	.83	.83	.83	.82	.91	37	1.01	48
124	103.30	40.50	59.30	.89	.88	.89	.88	.97	119	1.04	75
125	103.70	36.00	63.45	.87	.86	.87	.86	.95	82	1.04	67
126	103.80	36.80	71.10	.90	.89	.90	.89	.98	130	1.00	42
127	104.90	32.70	59.80	.83	.82	.83	.81	.91	32	1.06	96
128	105.00	32.70	63.70	.84	.83	.84	.83	.92	50	1.00	43
129	106.50	41.40	55.20	.87	.86	.87	.86	.95	85	1.01	46
130	108.40	29.40	65.90	.81	.80	.81	.79	.89	14	1.02	53
131	108.80	37.10	49.80	.81	.81	.81	.80	.89	19	1.05	83
132	109.00	36.10	56.90	.83	.82	.83	.81	.91	31	.94	19
133	110.00	42.50	64.25	.89	.88	.89	.88	.97	115	1.02	51
134	110.60	25.50	62.90	.77	.75	.76	.74	.84	3	1.10	121
135	112.60	48.40	63.50	.91	.91	.92	.91	1.00	150	.95	23
136	113.30	28.70	70.35	.80	.79	.80	.78	.88	12	1.07	100
137	113.40	39.40	60.15	.84	.83	.84	.83	.92	51	1.08	111
138	114.40	45.20	64.10	.89	.88	.89	.88	.97	112	1.04	68
139	115.20	38.10	72.00	.86	.85	.86	.85	.94	73	1.04	74
140	118.70	39.00	78.10	.87	.86	.87	.86	.95	83	.92	11
141	121.70	45.00	69.20	.87	.86	.87	.86	.95	86	.99	40
142	123.70	37.60	69.05	.82	.81	.82	.80	.90	22	1.05	80
143	132.90	53.30	84.50	.92	.91	.92	.91	1.00	151	.94	22
144	135.50	43.20	77.10	.83	.82	.83	.82	.91	34	1.01	45

TABELA (10) – Índice de custo e custo/qualidade...

Proj.	AU	PE	PV	ICG73	ICG115	ICG147	ICG167	ICG135	CLCG	ICQ	CLCQ
145	140.20	45.50	80.15	.84	.83	.84	.82	.92	46	1.02	54
146	142.00	46.30	84.85	.85	.84	.85	.83	.93	59	.97	27
147	143.40	43.90	80.65	.82	.81	.82	.81	.90	26	.98	34
148	146.50	38.10	88.25	.80	.79	.80	.78	.87	11	1.05	82
149	148.50	44.30	82.90	.81	.80	.81	.80	.89	18	.93	15
150	150.40	60.70	76.00	.88	.87	.88	.87	.96	96	.97	30
151	154.40	60.30	85.80	.88	.88	.88	.87	.97	103	.95	25
152	160.10	55.40	96.60	.86	.86	.87	.85	.95	79	.90	6
153	161.60	45.80	94.30	.81	.80	.81	.79	.89	15	.93	12
154	165.10	55.80	112.70	.88	.88	.88	.87	.97	104	.91	7
155	166.70	63.30	99.50	.89	.88	.89	.88	.97	111	1.02	50
156	167.00	51.60	101.25	.84	.83	.84	.82	.92	43	.97	29
157	170.60	65.90	98.55	.89	.88	.89	.88	.97	109	.90	4
158	170.70	67.60	97.40	.89	.89	.89	.88	.98	124	.97	31
159	171.00	58.70	111.65	.88	.87	.88	.87	.96	99	.98	33
160	172.00	61.60	84.30	.84	.83	.84	.82	.92	45	.90	5
161	182.90	66.30	92.20	.84	.84	.85	.83	.92	56	.94	20
162	183.50	53.20	93.65	.79	.78	.79	.77	.87	9	.93	18
163	185.50	65.60	114.10	.87	.87	.88	.86	.96	90	.94	21
164	187.30	66.50	103.85	.85	.85	.86	.84	.94	68	.97	28
165	199.00	69.30	101.40	.84	.83	.84	.82	.92	42	.88	1
166	203.90	70.80	115.70	.85	.85	.85	.84	.93	64	.93	13
167	208.30	85.30	102.80	.88	.87	.88	.87	.96	98	.89	2
168	209.70	80.10	110.70	.87	.86	.87	.86	.95	81	.91	10
169	212.60	64.60	108.20	.80	.79	.80	.79	.88	13	.91	9
170	215.40	80.10	111.80	.86	.85	.86	.85	.94	70	.93	14
171	218.00	77.40	112.35	.84	.84	.84	.83	.92	52	.95	24
172	233.40	77.80	108.40	.81	.80	.81	.79	.89	16	.98	32
173	234.70	78.60	114.00	.82	.81	.82	.80	.90	23	.98	37
174	237.80	75.80	109.70	.80	.79	.80	.78	.87	10	.93	17
175	247.50	82.00	120.50	.82	.81	.82	.80	.89	21	.89	3
176	258.00	86.30	127.25	.82	.81	.82	.81	.90	25	.93	16
177	275.40	87.30	157.50	.83	.82	.83	.82	.91	33	.91	8

Legenda:

AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados;

PE = comprimento da vedação externa da área privativa do apartamento, em metros;

PV = comprimento da parede interna incidente da área privativa do apartamento, em metros;

ICG73 = índice de custo geométrico em relação ao projeto 73;

ICG115 = índice de custo geométrico em relação ao projeto 115;

ICG147 = índice de custo geométrico em relação ao projeto 147;

ICG167 = índice de custo geométrico em relação ao projeto 167;

ICG135 = índice de custo geométrico em relação ao projeto 135;

CLCG = classificação do projeto quanto ao índice de custo geométrico;
ICQ = índice de custo/qualidade do arranjo físico relativo ao ICG135;
CLCQ = classificação do projeto quanto ao índice de custo/qualidade.

Os índices de custo geométrico dos projetos 73, 115, 147 e 167 são computados em uma escala de proporcionalidade menor ou igual a um, conforme considerações apresentadas no item 4.6 deste capítulo, enquanto que o índice de custo referente ao projeto 135 apresenta os valores diretamente calculados.

4.7. Exemplo de determinação do índice de custo da solução geométrica do arranjo físico de um projeto padrão de custo

Aplicando a metodologia desenvolvida para o caso do projeto 57 da amostra avaliada, apresentada na tabela (7), adotado como padrão de custo, tem-se:

1. caracterização geométrica do arranjo físico:

$$AP = 67,8 \text{ m}^2;$$

$$PEp = 26,7 \text{ m};$$

$$PVp = 38,5 \text{ m}.$$

2. valores adotados para as constantes de custo:

$$RVA = 30\%;$$

$$RVV = 36\%;$$

$$RC = 2,4$$

Cabe salientar que no presente trabalho, para fins de aplicação numérica foram adotados os valores das constantes de custo obtidos pela Encol e apresentados na Tabela (8).

Entretanto para a utilização do modelo visando a avaliação ou otimização do arranjo físico de um apartamento em um cenário específico

(realidade econômica, tecnológica, espacial, temporal, social e cultural), cabe ao avaliador, projetista ou empreendedor a introdução dos valores presentes em sua realidade.

O conhecimento dos custos de uma edificação (apartamento) sob a ótica do custo relativo dos planos horizontal e vertical, e a relação de custo do acabamento, representam uma fronteira de grande potencial para o domínio dos mecanismos de determinação ainda na fase de desenvolvimento do arranjo físico, da qualidade, do custo e da otimização da solução do projeto arquitetônico de um apartamento.

3. determinação das percentagens relativas das paredes externas e internas estabelecidas pela equação (49 a 51):

$$P_{Sp} = P_{Ep} + P_{Vp} \quad (49)$$

$$P_{Sp} = 26,7 + 38,5 = 65,2m$$

Equações (50) e (51):

$$PPE = \frac{P_{Ep}}{P_{Sp}} \times 100 = \frac{26,7}{65,2} \times 100 = 40,95\% \quad (50)$$

$$PPI = \frac{P_{Vp}}{P_{Sp}} \times 100 = \frac{38,5}{65,2} \times 100 = 59,05\% \quad (51)$$

4. determinação do custo percentual relativo das paredes externa e interna incidente em relação ao custo do apartamento, definido pelas equações (52) e (44):

$$RVI = \frac{RVV}{\left(1 + RC \frac{PPE}{PPI}\right)} = \frac{36,0}{\left(1 + 2,4 \frac{40,95}{59,05}\right)} = 13,5\% \quad (52)$$

$$RVE = RVV - RVI \quad (44)$$

$$RVE = 36,0 - 13,5 = 22,5\%$$

5. determinação das unidades de custo da área útil, parede externa e parede interna incidente em relação à área útil do apartamento, expressos pelas equações (54 a 57):

$$UC_p = AP \quad (54)$$

$$UC_p = 67,8 \text{ unidades de custo}$$

$$UCA = RVA \cdot \left(\frac{UC_p}{RVG} \right) \quad (55)$$

$$UCA = 30,0 \cdot \left(\frac{67,8}{66,0} \right) = 30,8 \text{ unidades de custo (uc)}$$

$$UCE = RVE \cdot \left(\frac{UC_p}{RVG} \right) \quad (56)$$

$$UCE = 22,5 \cdot \left(\frac{67,8}{66,0} \right) = 23,1 \text{ unidades de custo(uc)}$$

$$UCI = RVI \cdot \left(\frac{UC_p}{RVG} \right) \quad (57)$$

$$UCI = 13,5 \cdot \left(\frac{67,8}{66,0} \right) = 13,9 \text{ unidades de custo(uc)}$$

6. determinação do índice de custo unitário das variáveis geométricas exibidos pelas equações (58 a 60):

$$IVAp = \frac{UCA}{AP} \quad (58)$$

$$IVAp = \frac{30,8 \text{ unidades de custo}}{67,8 \text{ (m}^2\text{)}} = 0,454 \text{ unidades de custo/m}^2 \text{ (uc/m}^2\text{)}$$

$$IVEp = \frac{UCE}{PEp} \quad (59)$$

$$IVEp = \frac{23,1 \text{ unidades de custo}}{26,7 \text{ (m)}} = 0,87 \text{ unidades de custo/m(uc/m)}$$

$$IVIp = \frac{UCI}{PVp} \quad (60)$$

$$IVIp = \frac{13,9 \text{ unidades de custo}}{38,5 \text{ (m)}} = 0,36 \text{ unidades de custo/m (uc/m)}$$

7. índice de custo da solução geométrica do arranjo físico do projeto padrão, proposto pela equação (61):

$$ICG = IVAp + \frac{IVEp.PE}{AP} + \frac{IVIp.PV}{AP} \quad (61)$$

$$ICG = 0,454(\text{uc} / \text{m}^2) + \frac{0,87(\text{uc} / \text{m}) \times 26,7\text{m}}{67,8\text{m}^2} + \frac{0,36(\text{uc} / \text{m}) \times 38,5\text{m}}{67,8\text{m}^2}$$

$$ICG = (0,454 + 0,342 + 0,204) (\text{uc} / \text{m}^2) = 1,0(\text{uc} / \text{m}^2)$$

O arranjo físico adotado como padrão apresenta um índice de custo das variáveis geométricas em relação a área útil, igual a: 0,454 uc/m² para a área útil, 0,352 uc/m² para a parede externa e 0,204 uc/m² para a da parede interna incidente.

4.8. Exemplo de determinação do índice de custo geométrico do arranjo físico de um apartamento

Uma vez determinado os valores do índice de custo da área útil, parede externa e interna incidente para o projeto padrão, o cômputo do índice de custo geométrico para um projeto qualquer (considerando iguais condições de constantes do custo) é processado diretamente por meio da equação (61).

Tomando por exemplo o projeto 62 apresentado na tabela (7), e aplicando a metodologia proposta:

1. caracterização geométrica do projeto 62:

$$AU = 69,7 \text{ m}^2;$$

$$PE = 14,0 \text{ m};$$

$$PV = 49,3 \text{ m}.$$

2. valores relativos do custo das variáveis geométricas do projeto padrão:

$$IVAp = 0,454 \text{ unidades de custo/m}^2;$$

$$IVEp = 0,87 \text{ unidades de custo/m};$$

$$IVIp = 0,36 \text{ unidades de custo/m}.$$

3. aplicando a equação 61 para as condições apresentadas pelo projeto 62:

$$ICG_{62} = IVAp + \frac{IVEp.PE}{AP} + \frac{IVIp.PV}{AP}$$

$$ICG_{62} = 0,454(\text{uc} / \text{m}^2) + \frac{0,87(\text{uc} / \text{m}) \times 14,0\text{m}}{69,7\text{m}^2} + \frac{0,36(\text{uc} / \text{m}) \times 49,3\text{m}}{69,7\text{m}^2}$$

$$ICG_{62} = (0,454 + 0,175 + 0,255) (\text{uc} / \text{m}^2) = 0,884(\text{uc} / \text{m}^2)$$

Apresenta portanto, o projeto 62 um índice de custo igual a 0,88 unidades de custo por metro quadrado, o qual significa um diferencial cerca de 12,0 % menor que o custo do projeto padrão.

4.9. Índice de custo/qualidade do arranjo físico de um apartamento

A relação custo/qualidade representa para Markus (1971), o único critério para a otimização do arranjo físico de uma habitação, ou seja, de como chegar a uma decisão racional sobre o melhor projeto que demande a menor utilização de recursos.

A avaliação final da solução geométrica do arranjo físico de um apartamento é processada em função do custo exigido (índice de custo geométrico) para atender um determinado nível de necessidades e desejos do consumidor (índice de qualidade geométrica). Esta consecução é representada pelo índice de custo/qualidade, o qual é mostrado na equação (62), e determina o custo da área unitária nominal do apartamento.

$$ICQ = \frac{AU \cdot ICG}{AN} \quad (62)$$

com:

ICQ = índice de custo/qualidade do arranjo físico;

ICG = índice de custo geométrico do arranjo físico;

AN = área nominal do arranjo físico, em metros quadrados;

AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados.

De acordo com a equação (41):

$$IQN = \frac{AN}{AU} \quad (41)$$

E, substituindo IQN na equação (62), é definido:

$$ICQ = \frac{ICG}{IQN} \quad (63)$$

Os valores computados do índice de custo e de custo/qualidade referente aos arranjos físicos avaliados são apresentados na tabela (10).

5. AVALIAÇÃO GEOMÉTRICA DA CONFIGURAÇÃO ESPACIAL DE APARTAMENTOS

5.1. Introdução

O desenvolvimento da metodologia de determinação de um modelo de análise, avaliação e otimização geométrica da configuração espacial de uma habitação é estabelecida a partir do processamento dos projetos que compõe a amostra representativa dos apartamentos.

Deste modo é possível determinar um modelo de ajuste do índice de qualidade geométrica com um grande número de casos, cobrindo uma ampla gama de possibilidades de projetos existentes (apartamentos de um a quatro dormitórios, com área útil variando de 23,2 a 275,4m²). O modelo apresenta uma validade para esta faixa de imóveis, os quais reproduzem a grande maioria dos apartamentos comercializados atualmente.

A avaliação de um projeto deve, contudo, ser efetuada em relação a um alvo especificado por um produto com características similares. Exemplificando: um apartamento com configuração de um dormitório e área útil de trinta metros quadrados deve ser avaliado em relação a um alvo estabelecido por um produto similar (apartamento de um dormitório que reproduza a qualidade requerida), e não por um alvo distante que exiba características muito diferentes das necessidades, desejos ou recursos financeiros do usuário (apartamento de três dormitórios com área útil de cento e vinte metros quadrados, por exemplo).

A análise dos arranjos físicos deve portanto ser estabelecida comparativamente a um produto similar definido por um apartamento com características semelhantes (exemplificando, o número de dormitórios descreve

o principal atributo utilizado pelo mercado para fins de segmentação do produto), demarcado por um projeto alvo representativo da qualidade requerida. A segmentação da amostra que reproduz os projetos avaliados em função do número de dormitórios é apresentada na tabela (11).

TABELA (11) – Segmentação da amostra dos projetos avaliados em função do número de dormitórios

Quantidade de projetos	Número de dormitórios por apartamento
14	01
30	02
95	03
03	03 (suítes)
35	04

Os projetos referentes a configuração de três suítes foram computados separadamente por apresentarem características (espaciosidade e número de ambientes) muito diferentes dos de três dormitórios.

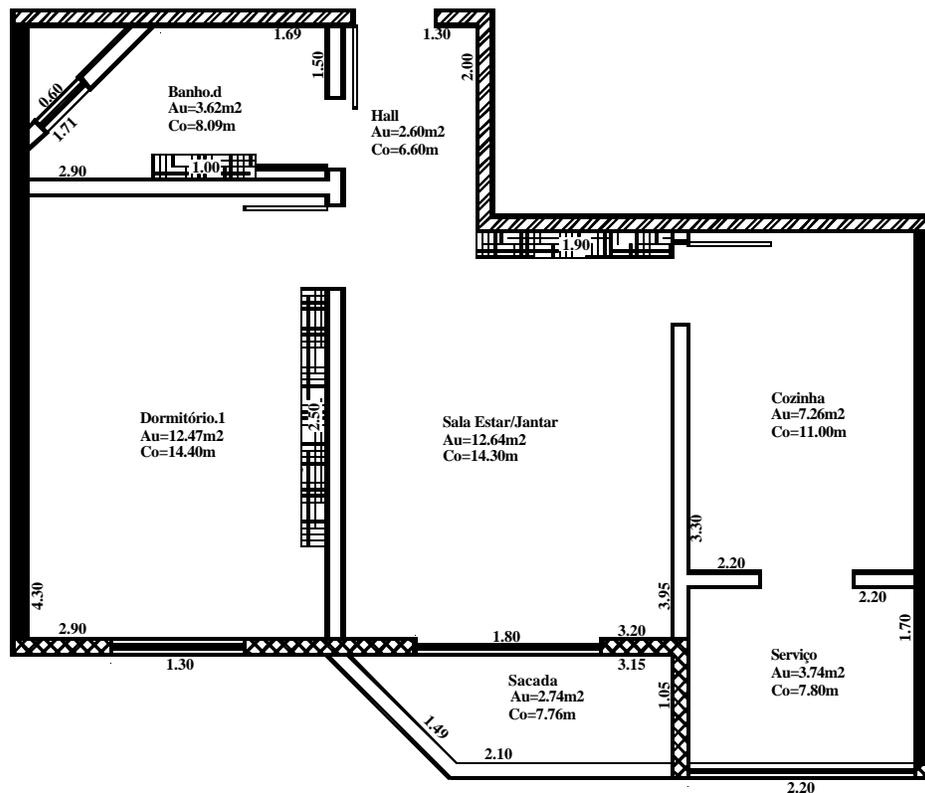
5.2. Avaliação da configuração espacial de apartamentos de um dormitório

A metodologia utilizada para a análise e avaliação da qualidade geométrica e nominal, do custo da solução adotada e do índice de custo/qualidade da configuração espacial dos apartamentos é reproduzida pelo seguinte encadeamento:

1. representação gráfica dos projetos em uma escala definida e delimitação das variáveis geométricas que compõe o arranjo físico e os seus atributos de qualificação, exemplificada na figura (10);
2. determinação das variáveis geométricas e atributos de qualificação da configuração espacial dos apartamentos, conforme caracterização apresentada na tabela (12);

3. compilação dos valores das variáveis geométricas e qualificadoras da configuração espacial dos projetos avaliados, expressos segundo a tabela (13);
4. adoção do projeto alvo representativo da qualidade requerida exibido pelo projeto 13 e reproduzido pela figura (10).

FIGURA (10) – Representação gráfica do projeto 13



Legenda:

-  PE parede externa
-  PH parede meia
-  PO parede condomínio
-  PD parede divisória
-  CN perímetro não mobiliável
-  CA perímetro ampliado

TABELA (12) – Caracterização geométrica e atributos de qualificação do projeto 13

Apartamento Projeto 013		Atributo Ambiente	Largura	Comprim.	Área útil (Au)	Perímetro contorno (Co)	Perímetro mobiliável (Cm)	Conexão por portas e vãos (Cp)	Conexão por janelas (Cj)	Perímetro ampliado (Ca)	Perím. não mobiliável (Cn)	Perímetro reduzido (Cr)	Perímetro qualificador interno (Ck)	
Caracterização geométrica	Social	hall	1,30	2,00	2,60	6,60	2,75	3,85	0,00	0,00	0,00	0,00	6,60	
		sala de estar/jantar	3,20	3,95	12,64	14,30	7,95	4,45	0,00	0,00	1,90	0,00	12,40	
		wc												
		soma			15,24	20,90	10,70	8,30	0,00	0,00	1,90	0,00	19,00	
	Íntimo	circulação					0,00							
		suíte												
		dorm.1	2,90	4,30	12,47	14,40	9,00	1,60	1,30	0,00	2,50	0,00	11,90	
		dorm.2												
		banho.s												
		banho.d			3,62	8,09	5,09	1,40	0,60	0,00	1,00	0,00	7,09	
	soma			16,09	22,49	14,09	3,00	1,90	0,00	3,50	0,00	18,99		
	Serviços	cozinha	2,20	3,30	7,26	11,00	8,50	2,50	0,00	0,00	0,00	0,00	11,00	
		serviço	1,70	2,20	3,74	7,80	4,70	0,90	2,20	0,00	0,00	0,00	7,80	
		dorm.e												
		banho.e												
	soma			11,00	18,80	13,20	3,40	2,20	0,00	0,00	0,00	0,00	18,80	
	Total					42,33	62,19	37,99	14,70	4,10	0,00	5,40	0,00	56,79
	Variável					Área (AU)	Perímetro (CO)	Perímetro mobiliável (CM)	Conexão por portas e vãos (CP)	Conexão por janelas (CJ)	Perímetro ampliado (CA)	Perím. não mobiliável (CN)	Perímetro reduzido (CR)	Perímetro qualificador interno (CK)
	CE					Perímetro externo		10,10						
	CL					Perímetro delimitante			22,60					
CC					Perímetro contorno (CC=CE+CL)			32,70						
CK					Perímetro qualificador interno (CK=CM+CP+CJ+CA)				56,79					
CQ					Perímetro qualificador total (CQ=CE+CK)					66,89				
PE					Parede externa		10,10							
PD					Parede divisória			16,55						
PH					Parede meia				11,10					
PO					Parede condomínio				10,90					
PL					Parede delimitante (PL=PH+PO)				22,00					
PI					Parede interna (PI=PD+PL)					38,55				
PV					Parede interna incidente (PV=PD+PH/2+PO)						33,00			
PT					Parede total (PT=PE+PD+PL)							48,65		
PQ					Parede qualificadora total (PQ=CQ/2)								33,45	

TABELA (13) – Variáveis geométricas e qualificadoras da configuração espacial de apartamentos de um dormitório

Projeto	AU	PE	PH	PO	PD	PI	PV	PT	PK	PQ
1	23.20	5.80	9.30	5.80	3.30	18.40	13.75	24.20	14.70	17.60
2	26.00	11.80	3.80	8.00	7.50	19.30	17.40	31.10	16.40	22.30
3	26.50	10.70	11.50	3.40	6.70	21.60	15.85	32.30	15.30	20.65
4	28.20	7.10	10.30	6.50	8.10	24.90	19.75	32.00	17.90	21.45
5	30.80	7.50	7.80	9.00	9.30	26.10	22.20	33.60	18.30	22.00
6	30.10	6.00	14.90	7.60	11.90	34.40	26.95	40.40	20.40	23.40
7	31.70	10.10	7.60	9.45	7.90	24.95	21.15	35.05	19.70	24.75
8	33.30	9.30	14.70	5.60	9.30	29.60	22.25	38.90	21.80	26.45
9	34.80	12.90	6.90	6.90	9.50	23.30	19.85	36.20	21.20	27.65
10	34.90	12.90	6.80	6.30	12.30	25.40	22.00	38.30	21.70	28.15
11	38.30	7.80	12.60	7.80	7.90	28.30	22.00	36.10	21.80	25.70
12	38.60	14.40	8.90	7.20	10.50	26.60	22.15	41.00	22.60	29.80
13	42.30	10.10	11.10	10.90	16.55	38.55	33.00	48.65	28.40	33.45
14	42.90	9.50	14.10	10.20	15.70	40.00	32.95	49.50	26.00	30.75

Legenda:

AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados;

PE = parede externa da área privativa do apartamento, em metros;

PH = parede divisória entre apartamentos, em metros;

PO = parede divisória entre o apartamento e o condomínio, em metros;

PD = parede divisória interna privativa do apartamento, em metros;

PI = parede interna da área privativa do apartamento, em metros;

PV = parede interna incidente no custo do apartamento, em metros;

PT = parede total da área privativa do apartamento, em metros;

PK = parede qualificadora interna, em metros;

PQ = parede qualificadora total do apartamento, em metros.

5.2.1. Delimitação do índice de qualificação da configuração interna e da exteriorização utilizando as equações (20) e (21), cujos valores são mostrados na tabela (14):

$$IKI = IMB + IPA + IJA + IGR = \frac{CK}{2 \cdot (AU)^{1/2}} \quad (20)$$

$$IEX = \frac{CE}{2 \cdot (AU)^{1/2}} \quad (21)$$

5.2.2. Demarcação do índice de qualidade geométrica por meio das equações (13 e 15), (28 e 29) e (35 a 37):

$$IE = \frac{ke}{m} \frac{AU}{(AU)^{1/2}} \quad (13)$$

$$IEaa = \frac{(AA)^{1/2}}{m} \quad (15)$$

$$IKC = IKE + IKI = \frac{CQ}{2.(AU)^{1/2}} \quad (28)$$

$$IKCaa = IKEaa + IKIaa = \frac{CQaa}{2.(AA)^{1/2}} \quad (29)$$

$$IKA = IE + IKC \quad (35)$$

$$IKAaa = IEaa + IKCaa \quad (36)$$

$$IQG = \frac{IKA}{IKAaa} \quad (37)$$

O modelo de ajuste do índice de qualidade geométrica dos apartamentos de um dormitório é exibido pela equação (64) e mostrado na figura (11):

Os valores computados de IQG são classificados por ordem decrescente e apresentados na tabela (14).

$$AU = 45,9.IQG^3 + \varepsilon \quad (64)$$

$$R = 0,997$$

com:

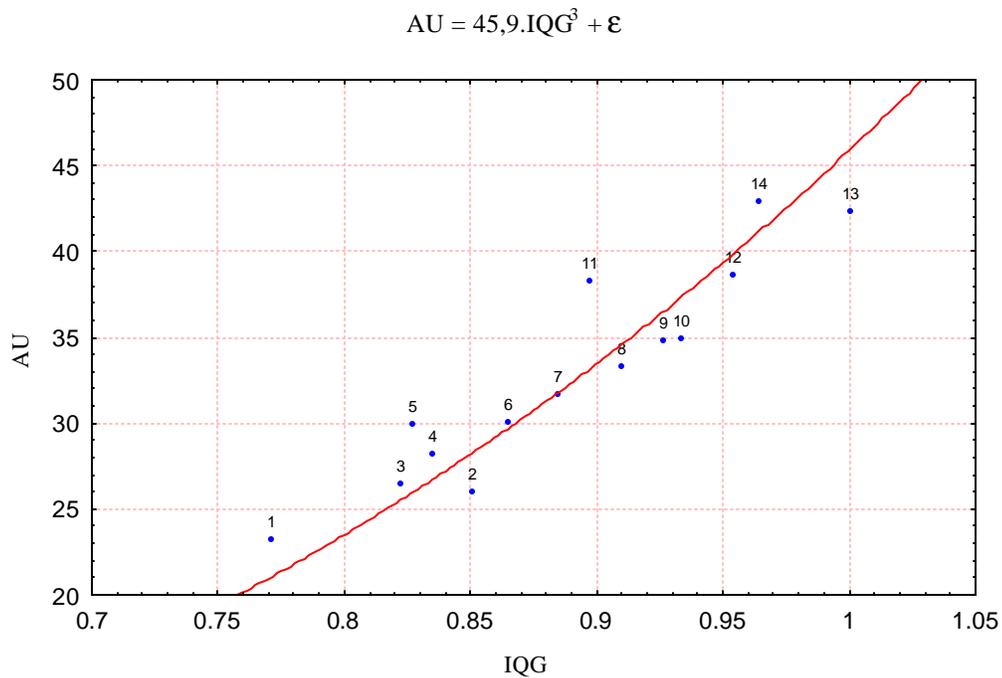
AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados;

IQG = índice de qualidade geométrica da configuração espacial;

R = coeficiente de explicação;

ε = erro aleatório.

FIGURA (11) – Modelo do índice de qualidade geométrica de apartamentos de um dormitório



Legenda:

AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados;

IQG = índice de qualidade geométrica da configuração espacial;

ϵ = erro aleatório.

5.2.3. Cálculo da área nominal dos arranjos físicos, estabelecido pela equação (40) e indicado na tabela (14):

$$AN = AA.(IQG)^3 + \epsilon \quad (40)$$

5.2.4. Delimitação do índice de qualidade nominal dos arranjos físicos definido por meio da equação (41), classificados em ordem decrescente e expostos na tabela (14):

$$IQN = \frac{AN}{AU} \quad (41)$$

5.2.5. Determinação do índice de custo geométrico da configuração espacial de acordo com as equações (49), (50 a 52), (44) e (55 a 61):

$$PSp = PEp + PVp \quad (49)$$

$$PPE = \frac{PEp}{PSp} \times 100 \quad (50)$$

$$PPI = \frac{PVp}{PSp} \times 100 \quad (51)$$

$$RVI = \frac{RVV}{\left(1 + RC \frac{PPE}{PPI}\right)} \quad (52)$$

$$RVV = RVE + RVI \quad (44)$$

$$UCA = RVA \cdot \left(\frac{UCp}{RVG}\right) \quad (55)$$

$$UCE = RVE \cdot \left(\frac{UCp}{RVG}\right) \quad (56)$$

$$UCI = RVI \cdot \left(\frac{UCp}{RVG}\right) \quad (57)$$

$$IVAp = \frac{UCA}{AP} \quad (58)$$

$$IVEp = \frac{UCE}{PE} \quad (59)$$

$$IVIp = \frac{UCI}{PV} \quad (60)$$

$$ICG = IVAp + \frac{IVEp \cdot PE}{AU} + \frac{IVIp \cdot PV}{AU} \quad (61)$$

Os valores de ICG obtidos em relação ao arranjo físico padrão reproduzido pelo projeto 13 são classificados em ordem crescente e mostrados na tabela (14).

5.2.6. Definição do índice de custo/qualidade dos arranjos físicos expresso por meio da equação (63), classificados por ordem crescente e exibidos na tabela (14):

$$ICQ = \frac{ICG}{IQN} \quad (63)$$

TABELA (14) – Índices de qualificação, qualidade geométrica, custo geométrico e custo/qualidade da configuração espacial de apartamentos de um dormitório

Projeto	AU	IEX	IKI	IQG	CLQG	AN	IQN	CLQN	ICG13	CLCG	ICQ	CLCQ
1	23.20	0.60	3.05	0.77	14	19.39	0.84	12	0.93	2	1.12	10
2	26.00	1.16	3.22	0.85	10	26.02	1.00	1	1.16	14	1.16	12
3	26.50	1.04	2.97	0.82	13	23.53	0.89	9	1.09	13	1.22	14
4	28.20	0.67	3.37	0.83	12	24.61	0.87	11	0.98	4	1.12	11
5	30.80	0.68	3.30	0.84	11	25.34	0.82	13	0.98	5	1.19	13
6	30.10	0.55	3.72	0.86	9	27.37	0.91	8	1.01	8	1.11	8
7	31.70	0.90	3.50	0.88	8	29.31	0.92	7	1.03	9	1.12	9
8	33.30	0.81	3.78	0.91	6	31.81	0.96	5	0.99	6	1.04	2
9	34.80	1.09	3.59	0.93	5	33.58	0.96	4	1.04	10	1.08	3
10	34.90	1.09	3.67	0.93	4	34.36	0.98	3	1.07	12	1.08	4
11	38.30	0.63	3.52	0.90	7	30.53	0.80	14	0.88	1	1.11	7
12	38.60	1.16	3.64	0.95	3	36.69	0.95	6	1.05	11	1.10	5
13	42.30	0.78	4.37	1.00	1	42.33	1.00	2	1.00	7	1.00	1
14	42.90	0.73	3.97	0.96	2	37.94	0.88	10	0.98	3	1.11	6

Legenda:

AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados;

IEX = índice de exteriorização;

IKI = índice de qualificação da configuração interna;

IQG = índice de qualidade geométrica da configuração espacial;

CLQG = classificação do projeto quanto ao índice de qualidade geométrica;

AN = área nominal do arranjo físico, em metros quadrados;

IQN = índice de qualidade nominal do arranjo físico;

CLQN = classificação do projeto quanto ao índice de qualidade nominal;

ICG13 = índice de custo geométrico em relação ao projeto 13;

CLCG = classificação do projeto quanto ao índice de custo geométrico;

ICQ = índice de custo/qualidade do arranjo físico;

CLCQ = classificação do projeto quanto ao índice de custo/qualidade.

A estatística descritiva dos valores mínimo, máximo, médio e desvio padrão das variáveis geométricas, qualificadoras e índices computados para a

amostra de apartamentos de um dormitório são apresentados na tabela (15). Representam o intervalo de variação das variáveis e índices computados, podem ser utilizados como valores ou índices de controle da solução geométrica do arranjo físico.

Tabela (15) – Estatística descritiva das variáveis geométricas, qualificadoras e índices computados para a amostra de apartamentos de um dormitório

Variável	Médio	Mínimo	Máximo	Desvio padrão
AU	32.97	23.20	42.90	6.05
PE	9.71	5.80	14.40	2.67
PH	10.02	3.80	14.90	3.33
PO	7.48	3.40	10.90	1.99
PD	9.75	3.30	16.55	3.50
PI	27.24	18.40	40.00	6.52
PV	22.23	13.75	33.00	5.56
PT	36.95	24.20	49.50	6.72
PK	20.44	14.70	28.40	3.84
PQ	25.29	17.60	33.45	4.39
IEX	.85	.55	1.16	.22
IQI	3.55	2.97	4.37	.37
IQG	.89	.77	1.00	.06
AN	30.20	19.39	42.33	6.34
IQN	.91	.80	1.00	.07
ICG35	1.01	.88	1.16	.07
ICQ	1.11	1.00	1.22	.06

5.3. Mapas de valores da configuração espacial de apartamentos de um dormitório

5.3.1. Superfície de resposta

A metodologia de definição de uma superfície de resposta representa para Montgomery (1976) uma técnica desenvolvida para a análise de problemas e otimização da resposta de situações na qual diversas variáveis independentes (observadas) influenciam uma variável dependente (resposta).

É representada por meio de um gráfico bidimensional com os eixos das variáveis x_1 e x_2 plotados no plano do papel e o eixo $E(y)$ perpendicular a este plano. Os contornos da solução apresentada pela variável resposta determinam a superfície de resposta.

O primeiro passo para a construção de uma superfície de resposta consiste em delimitar uma função adequada que descreva o fenômeno, a qual é mostrada na equação (65):

$$y = f(x_1, x_2) + \varepsilon \quad (65)$$

com:

y = variável dependente (resposta);

f = função polinomial;

x_1, x_2 = variáveis independentes (observadas);

ε = erro aleatório.

A resposta esperada é descrita por:

$$E(y) = \eta \quad (66)$$

com:

$$\eta = f(x_1, x_2) \quad (67)$$

A qual é denominada superfície de resposta.

A técnica é delineada por Box e outros (1978) para responder a questões dentre as quais:

1. como uma determinada resposta é afetada pelas variáveis observadas em relação a uma delimitada região de interesse?
2. quais os valores de entrada que descrevem a eficiência máxima para uma resposta específica e qual a superfície de resposta representativa deste máximo?

3. quais as tendências, se existirem, e que constituição das variáveis observadas pode representar um produto que satisfaça simultaneamente as condições especificadas?

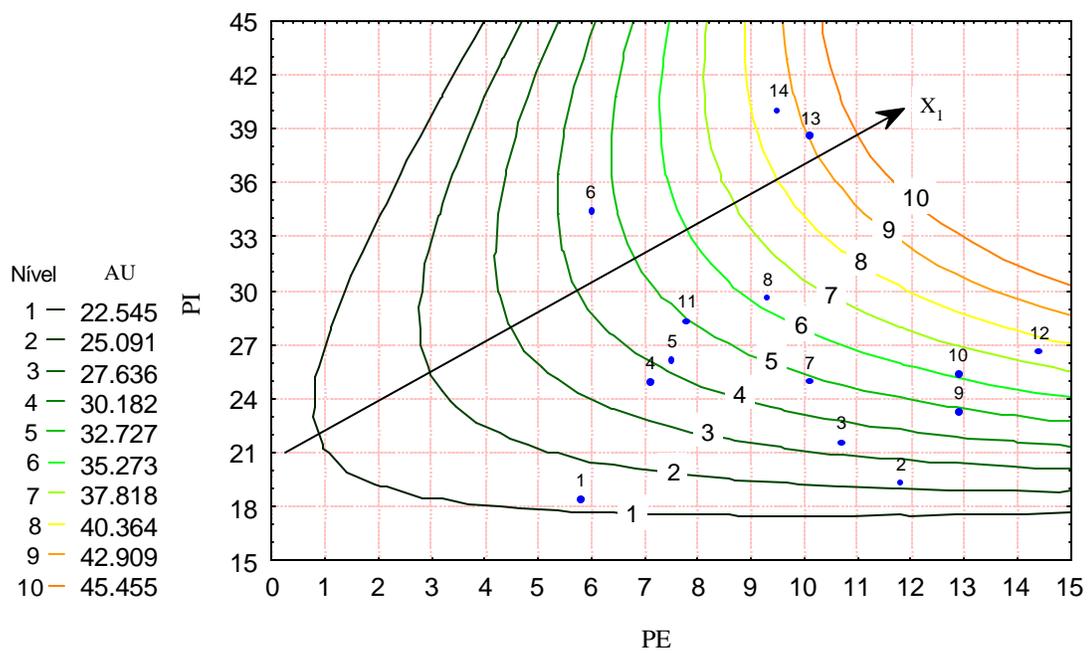
Para Montgomery a delimitação de uma superfície ajustada que represente uma adequada aproximação da função resposta implica em uma análise aproximada do sistema real. Na maioria dos casos a forma da relação entre a variável resposta e as observadas não é conhecida. A função normalmente utilizada para expressar este relacionamento é representada por um polinômio de baixa ordem (grau um ou dois). As figuras usualmente obtidas são representadas, entre outras, por: colina, cúpula, semi tubular, semi cônica e sela ou desfiladeiro (casos raros). A análise de uma superfície de resposta pode ser processada como o subir ou descer de uma montanha, onde o cume pode representar um ponto de máximo ou de mínimo. Este procedimento recomenda o movimento ao longo da trajetória da crista ou calha, dependendo da concavidade ou convexidade da figura, a qual representa a direção de aumento máximo na resposta. Ocorre em muitos casos a situação que a estimativa das condições de otimização está afastada do ótimo real. Nesta circunstância o objetivo do experimento consiste em mover os resultados para a vizinhança da resposta máxima. O objetivo final da análise de uma superfície de resposta consiste em determinar as condições ótimas para o sistema, ou delimitar uma região do espaço em que as especificações do problema são satisfeitas. Não deve ser utilizada para determinar os mecanismos físicos do sistema, embora possa ajudar.

As superfícies de resposta determinadas são aqui denominadas de mapa de valores. O mapa de valores reproduz as superfícies de resposta de variáveis dependentes (índices de qualidade geométrica, qualidade nominal, custo e custo/qualidade) em relação a variáveis independentes (área útil, parede externa, interna, interna incidente, total e qualificadora) determinantes do arranjo físico, qualificadoras do projeto e quantificadoras do custo da solução adotada.

5.3.2. Mapa das isoáreas

O mapa das isoáreas apresentado na figura (12) expressa os valores das áreas úteis das configurações em função das variáveis quantidade de paredes externa e interna que compõe o arranjo físico.

FIGURA (12) – Mapa das isoáreas



Legenda:

AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados;

PE = parede externa da área privativa do apartamento, em metros;

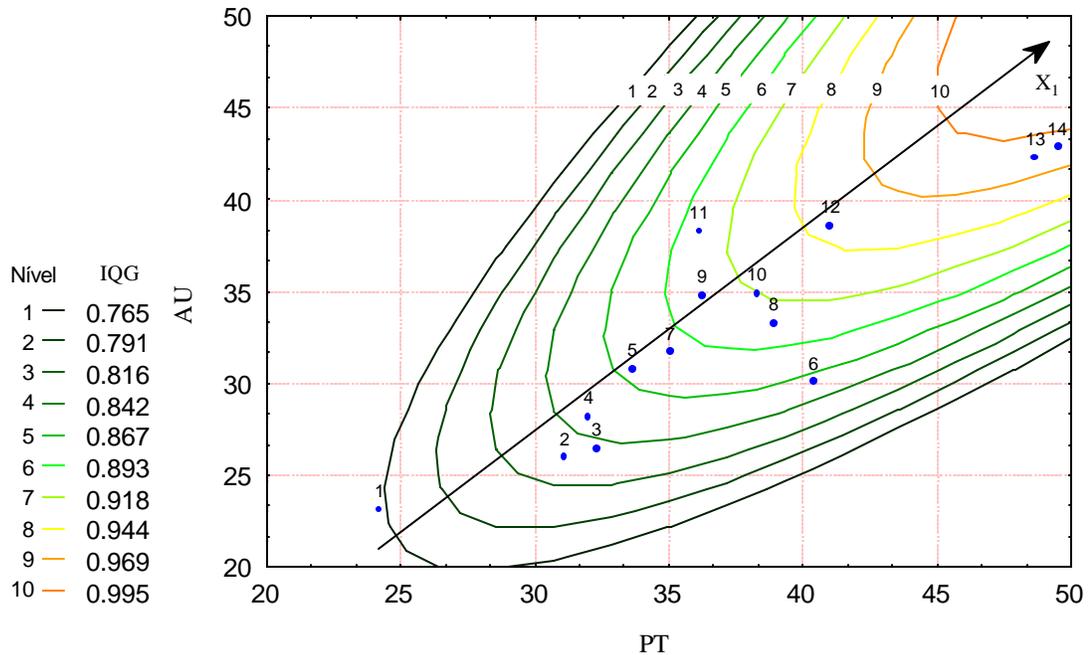
PI = parede interna da área privativa do apartamento, em metros.

5.3.3. Mapa dos índices de isoqualidade geométrica

O mapa dos índices de isoqualidade geométrica mostrado na figura (13) estabelece os valores dos índices de qualidade geométrica das

configurações espaciais dos apartamentos em função das variáveis quantidade de paredes totais e área útil.

FIGURA (13) – Mapa dos índices de isoqualidade geométrica



Legenda:

AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados;

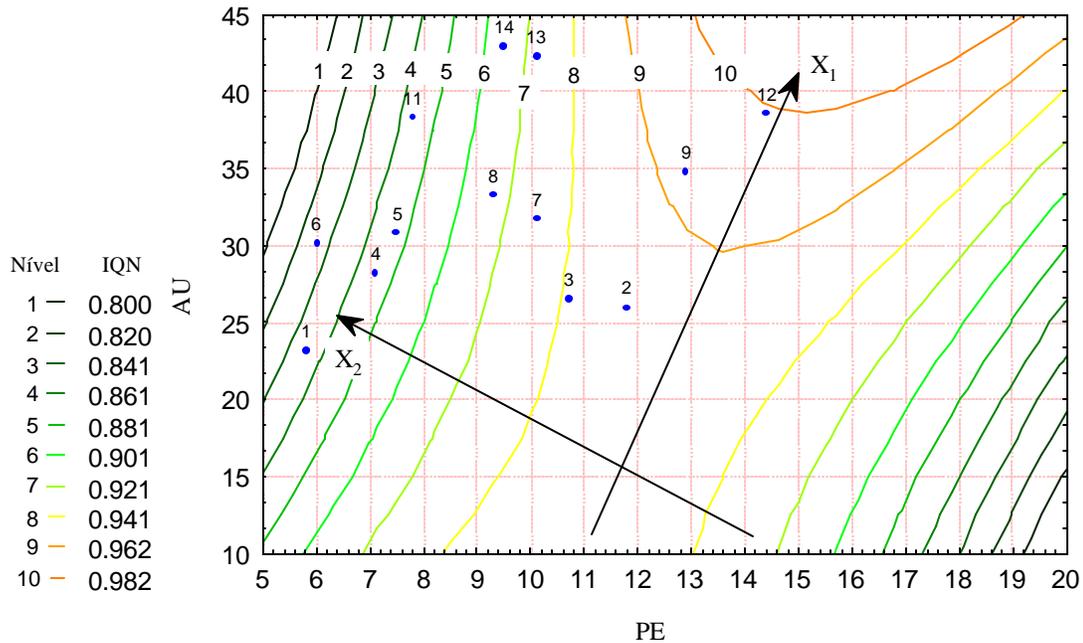
PT = parede total da área privativa do apartamento, em metros;

IQG = índice de qualidade geométrica da configuração espacial.

5.3.4. Mapa dos índices de isoqualidade nominal

O mapa dos índices de isoqualidade nominal exibido na figura (14), exprime os valores dos índices de qualidade nominal das configurações espaciais dos apartamentos em função das variáveis quantidade de parede externa e área útil.

FIGURA (14) – Mapa dos índices de isoqualidade nominal



Legenda:

AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados;

PE = parede externa da área privativa do apartamento, em metros;

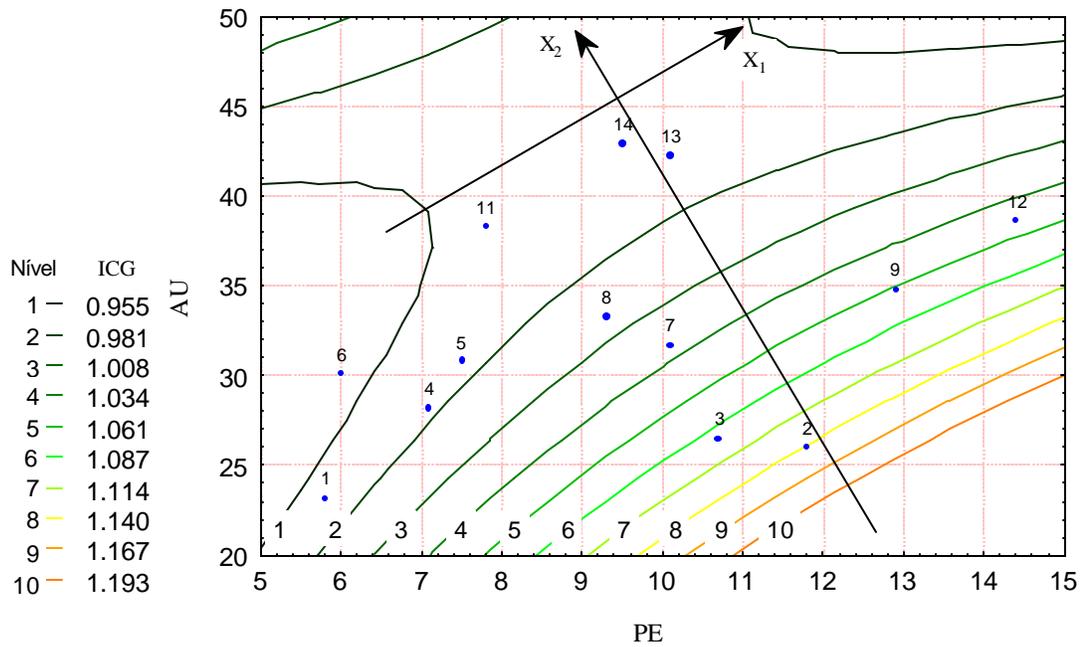
IQN = índice de qualidade nominal do arranjo físico.

5.3.5. Mapa dos índices de custo geométrico

O mapa dos índices de custo geométrico expresso na figura (15) exibe os valores dos índices de custo geométrico das configurações espaciais dos apartamentos em função das variáveis quantidade de parede externa e área útil. As variáveis geométricas parede externa e área útil reproduzem as principais variáveis definidoras do custo da solução geométrica.

A superfície resposta construída é exibida pela figura de um desfiladeiro, com a maximização da solução posicionada na região da crista de descida (eixo X_2), com a otimização concentrada na região da calha (eixo X_1).

FIGURA (15) – Mapa dos índices de custo geométrico



Legenda:

AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados;

PE = parede externa da área privativa do apartamento, em metros;

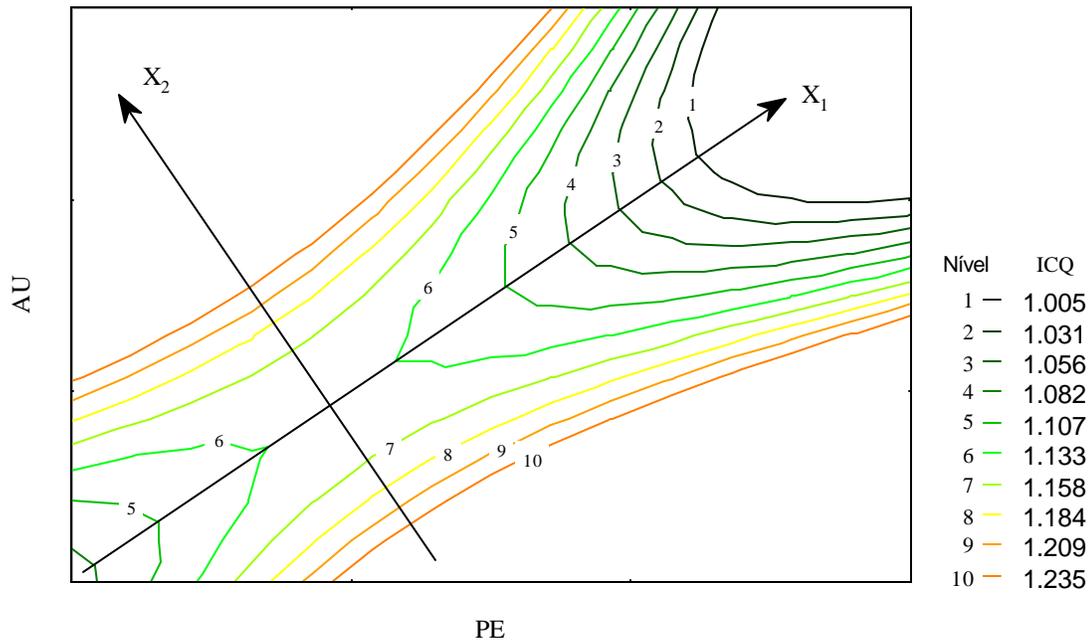
ICG = índice de custo geométrico do arranjo físico.

5.3.6. Mapa dos índices de custo/qualidade

A superfície de resposta referente a variável dependente índice de custo/qualidade em função das variáveis independentes parede externa e área útil é representada pela figura de um desfiladeiro, conforme mostrado na figura (16).

A maximização da solução está posicionada na região da crista de descida (eixo X_2) e da calha (eixo X_1).

FIGURA (16) – Superfície de resposta do índice de custo/qualidade



Legenda:

AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados;

PE = parede externa da área privativa do apartamento, em metros.

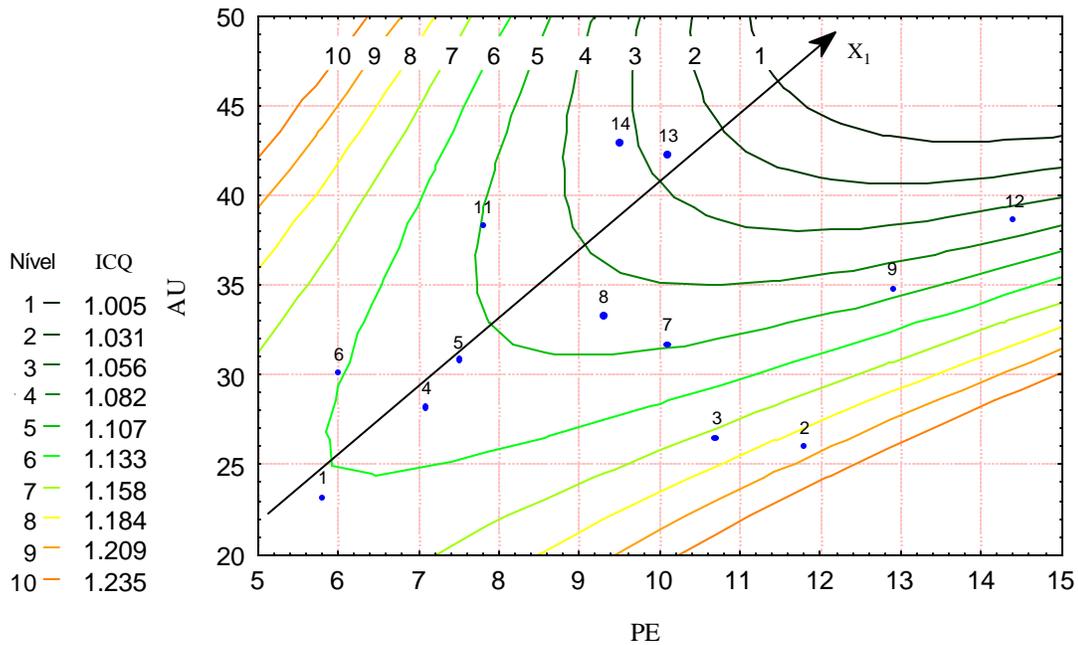
O mapa de valores do índice de custo/qualidade expresso na figura (17) reproduz os valores dos índices de custo/qualidade das configurações espaciais dos apartamentos em função das variáveis quantidade de parede externa e área útil.

As variáveis observadas parede externa e área útil reproduzem variáveis geométricas importantes na composição do índice custo/qualidade.

O índice custo/qualidade define a relação entre o custo da solução geométrica e o seu nível de qualidade geométrica. Reproduz o principal índice de avaliação geométrica da configuração espacial de uma habitação.

O sentido de maximização da solução é determinado pela minimização de seu valor, ou seja, o da consecução de um nível máximo de qualidade a um custo mínimo.

FIGURA (17) – Mapa dos índices de custo/qualidade



Legenda:

AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados;

PE = parede externa da área privativa do apartamento, em metros;

ICQ = índice de custo/qualidade do arranjo físico.

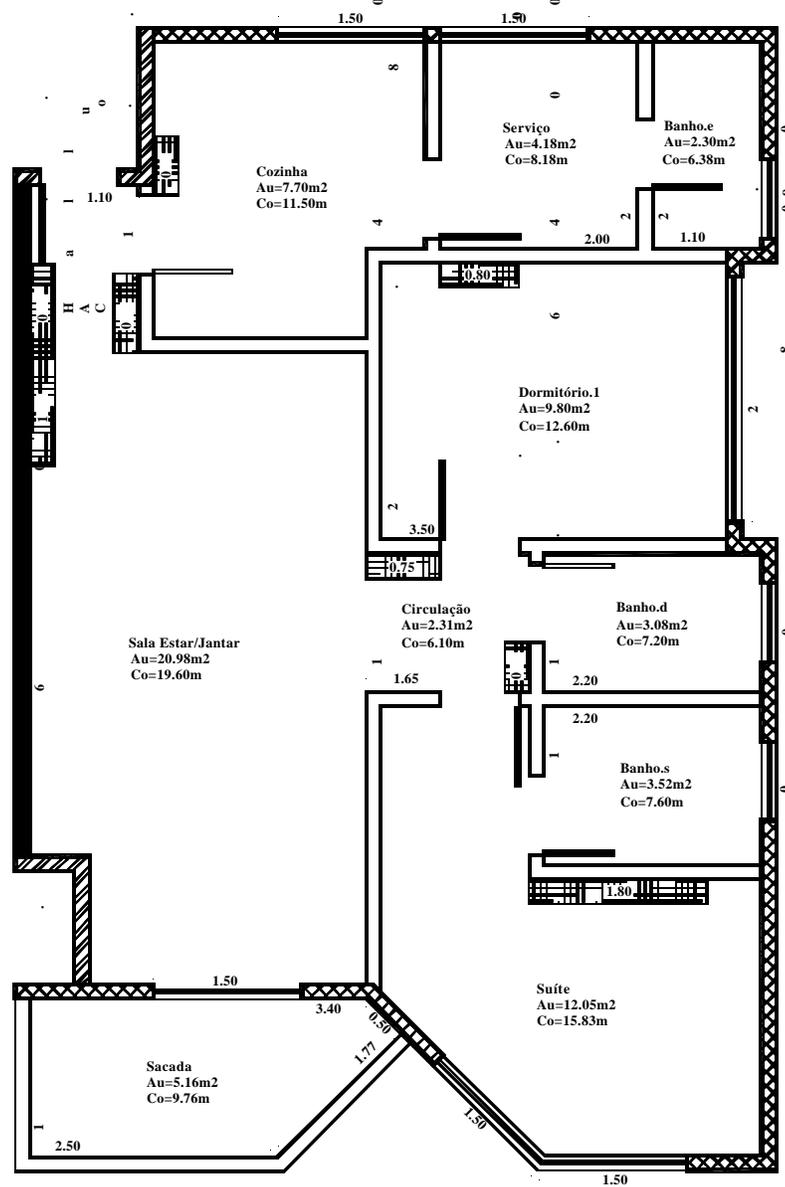
5.4. Avaliação da configuração espacial de apartamentos de dois dormitórios

O arranjo físico adotado como alvo da qualidade requerida e padrão do custo é reproduzido pelo projeto 30, conforme apresentado na figura (18) e tabela (16).

A coleção dos projetos avaliados e os valores das variáveis geométricas e qualificadoras dos arranjos físicos são mostrados na tabela (17).

A determinação dos índices representativos da configuração espacial é executada de modo similar ao procedimento utilizado para os apartamentos de um dormitório, conforme especificado nos itens 5.2.1 a 5.2.6.

FIGURA (18) – Representação gráfica do projeto 30



Legenda:

-  PE parede externa
-  PH parede meia
-  PO parede condomínio
-  PD parede divisória
-  CN perímetro não mobiliável
-  CA perímetro ampliado

TABELA (16) – Caracterização geométrica e atributos de qualificação do projeto 30

Apartamento Projeto 030		Atributo	Largura	Comprim.	Área útil (Au)	Perímetro contorno (Co)	Perímetro mobiliável (Cm)	Conexão por portas e vãos (Cp)	Conexão por janelas (Cj)	Perímetro ampliado (Ca)	Perím. não mobiliável (Cn)	Perímetro reduzido (Cr)	Perímetro qualificador interno (Ck)	
		Ambiente												
Setor	Social	hall	1.10	1.70	1.87	5.60	0.40	3.50	0.00	0.00	1.70	0.00	3.90	
		sala de estar/jantar			20.98	19.60	14.45	4.00	0.00	0.00	1.15	0.00	18.45	
		wc												
		lavabo												
	soma					22,85	25,20	14,85	7,50	0,00	2,85	0,00	22,35	
	Íntimo	circulação	1.40	1.65	2.31	6.10	1.15	3.70	0.00	0.00	1.25	0.00	4.85	
		suíte			12.05	15.83	8.63	2.30	3.10	0.00	1.80	0.00	14.03	
		dorm.1	2.80	3.50	9.80	12.60	7.70	1.60	2.50	0.00	0.80	0.00	11.80	
		dorm.2												
		banho.s	1.60	2.20	3.52	7.60	5.40	1.40	0.80	0.00	0.00	0.00	7.60	
		banho.d	1.40	2.20	3.08	7.20	5.00	1.40	0.80	0.00	0.00	0.00	7.20	
	soma					30,76	49,33	27,88	10,40	7,20	0,00	3,85	0,00	45,48
	Serviços	cozinha			7.70	11.50	7.00	2.40	1.50	0.00	0.60	0.00	10.90	
		serviço	2.00	2.09	4.18	8.18	4.38	2.30	1.50	0.00	0.00	0.00	8.18	
		dorm.e												
		banho.e	1.10	2.09	2.30	6.38	4.18	1.40	0.80	0.00	0.00	0.00	6.38	
	soma					14,18	26,06	15,56	6,10	3,80	0,00	0,60	0,00	25,46
	Total					67,79	100,59	58,29	24,00	11,00	0,00	7,30	0,00	93,29
Variável					Área (AU)	Perímetro (CO)	Perímetro mobiliável (CM)	Conexão por portas e vãos (CP)	Conexão por janelas (CJ)	Perímetro ampliado (CA)	Perím. não mobiliável (CN)	Perímetro reduzido (CR)	Perímetro qualificador interno (CK)	
CE					Perímetro externo		27,00							
CL					Perímetro delimitante			11,70						
CC					Perímetro contorno (CC=CE+CL)			38,70						
CK					Perímetro qualificador interno (CK=CM+CP+CJ+CA)				93,29					
CQ					Perímetro qualificador total (CQ=CE+CK)					120,29				
PE					Parede externa		26,70							
PD					Parede divisória			30,30						
PH					Parede meia			6,80						
PO					Parede condomínio			4,75						
PL					Parede delimitante (PL=PH+PO)				11,55					
PI					Parede interna (PI=PD+PL)					41,85				
PV					Parede interna incidente (PV=PD+PH/2+PO)						38,45			
PT					Parede total (PT=PE+PD+PL)							68,55		
PQ					Parede qualificadora total (PQ=CQ/2)								60,15	

TABELA (17) – Variáveis geométricas e qualificadoras do arranjo físico de apartamentos de dois dormitórios

Projeto	AU	PE	PH	PO	PD	PI	PV	PT	PK	PQ
1	38.60	16.80	7.90	5.00	17.60	30.50	26.55	47.30	23.80	32.20
2	41.50	14.90	6.20	7.70	18.40	32.30	29.20	47.20	29.80	37.25
3	42.70	21.60	5.20	3.50	17.00	25.70	23.10	47.30	25.20	36.00
4	44.00	22.90	4.20	3.40	18.30	25.90	23.80	48.80	30.10	41.55
5	44.20	17.50	9.50	6.30	16.70	32.50	27.75	50.00	30.40	39.15
6	47.80	22.20	9.60	7.40	23.60	40.60	35.80	62.80	34.10	45.20
7	48.00	15.10	8.40	7.50	16.20	32.10	27.90	47.20	31.60	39.15
8	48.40	11.20	5.90	18.60	20.30	44.80	41.85	56.00	36.10	41.70
9	48.90	22.20	5.00	4.40	20.40	29.80	27.30	52.00	30.20	41.30
10	50.20	18.20	8.40	6.20	23.10	37.70	33.50	55.90	34.10	43.20
11	50.30	19.70	10.60	7.60	22.00	40.20	34.90	59.90	34.50	44.35
12	50.80	23.80	6.90	6.00	18.30	31.20	27.75	55.00	34.90	46.80
13	52.40	20.30	7.70	6.00	23.30	37.00	33.15	57.30	34.00	44.15
14	52.90	15.40	7.70	12.60	20.60	40.90	37.05	56.30	33.40	41.10
15	53.00	20.80	7.30	5.70	20.80	33.80	30.15	54.60	34.80	45.20
16	54.70	24.30	0.00	11.00	21.40	32.40	32.40	56.70	33.40	45.55
17	54.80	24.30	4.00	5.70	19.40	29.10	27.10	53.40	33.40	45.55
18	54.80	19.80	8.80	5.90	23.00	37.70	33.30	57.50	34.60	44.50
19	56.10	19.80	7.40	7.60	21.10	36.10	32.40	55.90	34.60	44.50
20	57.70	18.40	8.30	6.70	22.40	37.40	33.25	55.80	37.30	46.50
21	57.80	20.80	12.00	7.00	26.00	45.00	39.00	65.80	39.70	50.10
22	58.20	18.40	11.30	6.80	28.90	47.00	41.35	65.40	40.50	49.70
23	58.60	13.80	15.20	8.20	21.50	44.90	37.30	58.70	36.20	43.10
24	59.70	22.30	6.50	8.50	26.00	41.00	37.75	63.30	39.20	50.35
25	60.00	20.90	10.10	8.60	25.90	44.60	39.55	65.50	43.30	53.75
26	60.20	19.40	7.90	7.00	27.10	42.00	38.05	61.40	42.10	51.80
27	62.60	12.20	20.10	4.80	26.10	51.00	40.95	63.20	38.90	45.00
28	63.20	24.30	7.40	4.80	28.60	40.80	37.10	65.10	40.00	52.15
29	65.30	21.50	10.90	8.70	28.80	48.40	42.95	69.90	45.00	55.75
30	67.80	26.70	6.80	4.75	30.30	41.85	38.45	68.60	46.65	60.15

Legenda:

AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados;

PE = parede externa da área privativa do apartamento, em metros;

PH = parede divisória entre apartamentos, em metros;

PO = parede divisória entre o apartamento e o condomínio, em metros;

PD = parede divisória interna privativa do apartamento, em metros;

PI = parede interna da área privativa do apartamento, em metros;

PV = parede interna incidente do apartamento, em metros;

PT = parede total da área privativa do apartamento, em metros;

PK = parede qualificadora interna, em metros;

PQ = parede qualificadora total do apartamento, em metros.

O modelo de ajuste do índice de qualidade geométrica representada pela equação (68), é mostrada na figura (19), e os valores dos índices calculados são expressos na tabela (18):

$$AU = 73,6.IQG^3 + \varepsilon \quad (68)$$

$$R = 0,997$$

com:

AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados;

IQG = índice de qualidade geométrica da configuração espacial;

R = coeficiente de explicação;

ε = erro aleatório.

FIGURA (19) – Modelo do índice de qualidade geométrica de apartamentos de dois dormitórios

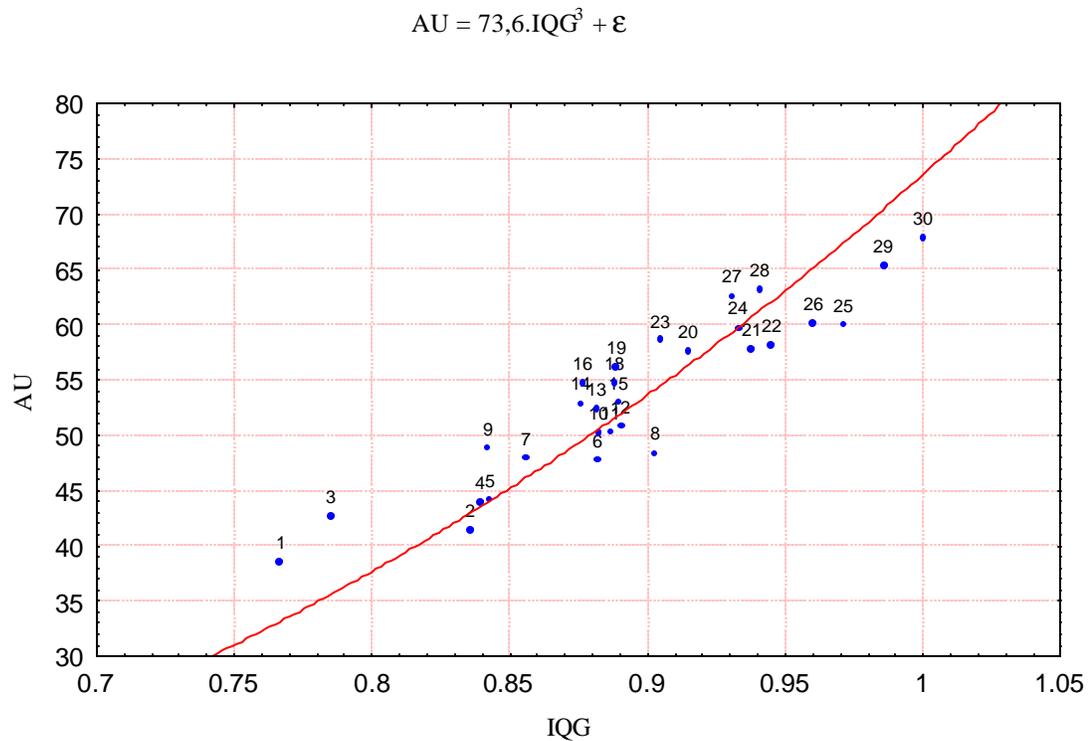


TABELA (18) – Índices de qualificação, qualidade geométrica, custo geométrico e custo/qualidade da configuração espacial de apartamentos de dois dormitórios

Projeto	AU	IEX	IKI	IQG	CLQG	AN	IQN	CLQN	ICG30	CLCG	ICQ	CLCQ
1	38.60	1.35	3.83	0.77	30	29.82	0.77	29	1.08	27	1.40	29
2	41.50	1.16	4.63	0.84	28	38.64	0.93	9	1.02	21	1.10	12
3	42.70	1.65	3.86	0.79	29	32.05	0.75	30	1.09	28	1.45	30
4	44.00	1.73	4.54	0.84	27	39.14	0.89	15	1.10	29	1.24	25
5	44.20	1.32	4.57	0.84	25	39.60	0.90	14	1.02	22	1.14	18
6	47.80	1.61	4.93	0.88	19	45.43	0.95	7	1.13	30	1.19	24
7	48.00	1.09	4.56	0.86	24	41.53	0.87	20	0.94	3	1.08	11
8	48.40	0.80	5.19	0.90	12	48.70	1.01	2	0.97	7	0.96	1
9	48.90	1.59	4.32	0.84	26	39.51	0.81	28	1.05	24	1.30	28
10	50.20	1.28	4.81	0.88	18	45.44	0.91	12	1.01	17	1.12	13
11	50.30	1.39	4.86	0.89	17	46.07	0.92	11	1.05	23	1.14	16
12	50.80	1.67	4.90	0.89	13	46.71	0.92	10	1.06	26	1.15	20
13	52.40	1.40	4.70	0.88	20	45.35	0.87	19	1.02	20	1.18	23
14	52.90	1.06	4.59	0.88	23	44.45	0.84	23	0.96	5	1.14	17
15	53.00	1.43	4.78	0.89	14	46.60	0.88	16	1.00	14	1.14	15
16	54.70	1.64	4.52	0.88	22	44.55	0.81	26	1.05	25	1.29	27
17	54.80	1.64	4.51	0.88	21	44.56	0.81	27	1.02	19	1.25	26
18	54.80	1.34	4.67	0.89	16	46.36	0.85	22	0.99	11	1.17	21
19	56.10	1.32	4.62	0.89	15	46.42	0.83	25	0.97	8	1.17	22
20	57.70	1.21	4.91	0.91	10	50.65	0.88	17	0.94	4	1.07	9
21	57.80	1.37	5.22	0.94	7	54.52	0.94	8	1.01	18	1.07	10
22	58.20	1.21	5.31	0.94	5	55.85	0.96	6	0.99	10	1.03	7
23	58.60	0.90	4.73	0.90	11	48.98	0.84	24	0.89	2	1.06	8
24	59.70	1.44	5.07	0.93	8	53.72	0.90	13	1.01	16	1.12	14
25	60.00	1.35	5.59	0.97	3	60.58	1.01	1	0.99	12	0.99	2
26	60.20	1.25	5.43	0.96	4	58.51	0.97	4	0.96	6	0.99	3
27	62.60	0.77	4.92	0.93	9	53.34	0.85	21	0.86	1	1.01	5
28	63.20	1.53	5.03	0.94	6	55.09	0.87	18	1.00	13	1.15	19
29	65.30	1.33	5.57	0.99	2	63.38	0.97	5	0.98	9	1.01	4
30	67.80	1.62	5.67	1.00	1	66.19	0.98	3	1.00	15	1.03	6

Legenda:

AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados;

IEX = índice de exteriorização;

IKI = índice de qualificação da configuração interna;

IQG = índice de qualidade geométrica da configuração espacial;

CLQG = classificação do projeto quanto ao índice de qualidade geométrica;

AN = área nominal do arranjo físico, em metros quadrados;

IQN = índice de qualidade nominal do arranjo físico;

CLQN = classificação do projeto quanto ao índice de qualidade nominal;

ICG30 = índice de custo geométrico em relação ao projeto 30;
 CLCG = classificação do projeto quanto ao índice de custo geométrico;
 ICQ = índice de custo/qualidade do arranjo físico;
 CLCQ = classificação do projeto quanto ao índice de custo/qualidade.

A estatística descritiva dos valores mínimo, máximo, médio e desvio padrão das variáveis geométricas, qualificadoras e índices computados para a amostra de apartamentos de dois dormitórios são apresentados na tabela (19).

Tabela (19) – Estatística descritiva das variáveis geométricas, qualificadoras e índices computados para a amostra de apartamentos de dois dormitórios

Variável	Médio	Mínimo	Máximo	Desvio padrão
AU	53.51	38.60	67.80	7.29
PE	19.65	11.20	26.70	3.78
PH	8.24	0.00	20.10	3.59
PO	7.13	3.40	18.60	2.94
PD	22.44	16.20	30.30	3.99
PI	37.81	25.70	51.00	6.72
PV	33.69	23.10	42.95	5.61
PT	57.46	47.20	69.90	6.63
PK	35.40	23.80	46.65	5.28
PQ	45.23	32.20	60.15	5.97
IEX	1.35	.77	1.73	.25
IQI	4.83	3.83	5.67	.44
IQG	.89	.77	1.00	.05
AN	47.72	29.82	66.19	8.43
IQN	.89	.75	1.01	.07
ICG35	1.01	.86	1.13	.06
ICQ	1.14	.96	1.45	.12

5.5. Mapas de valores da configuração espacial de apartamentos de dois dormitórios

Definidos em função dos valores descritos nas tabelas (17) e (18) de modo similar a determinação dos mapas de valores propostos para as configurações espaciais de apartamentos de um dormitório.

Os mapas de valores reproduzidos são apresentados nas figuras (20 a 23 e 25).

FIGURA (20) – Mapa das isoáreas

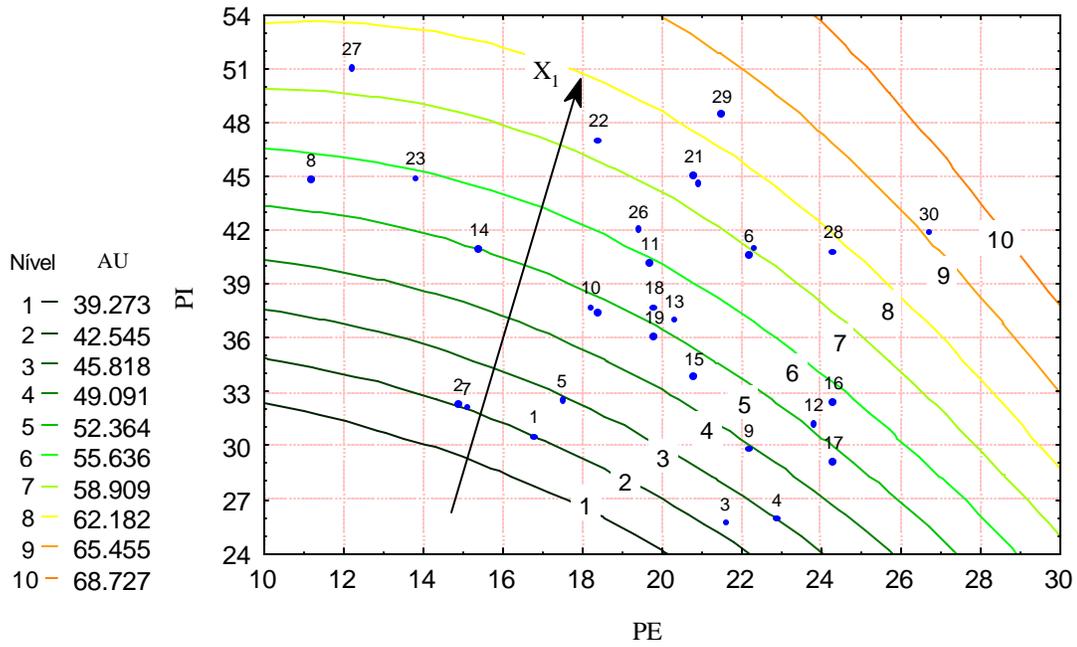


FIGURA (21) – Mapa dos índices de isoqualidade geométrica

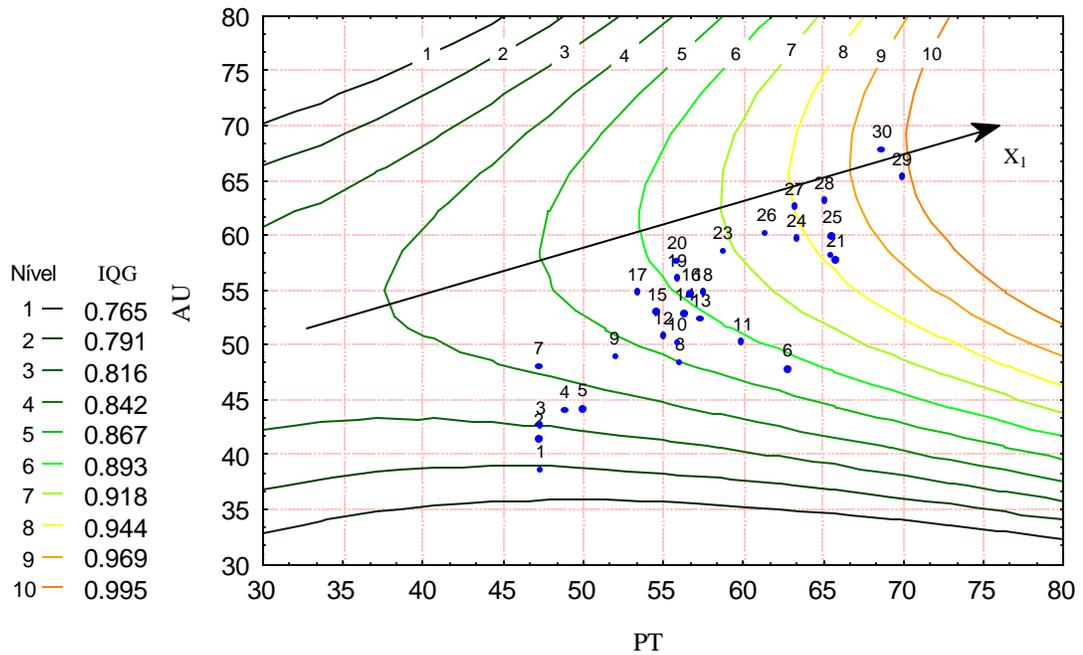


FIGURA (22) – Mapa dos índices de isoqualidade nominal

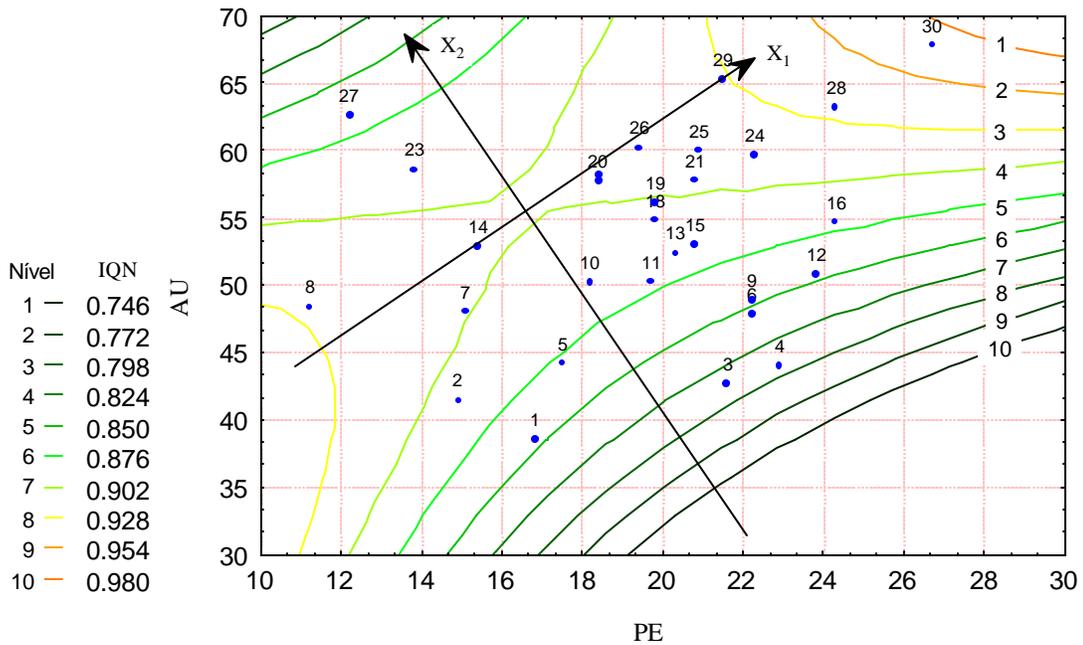
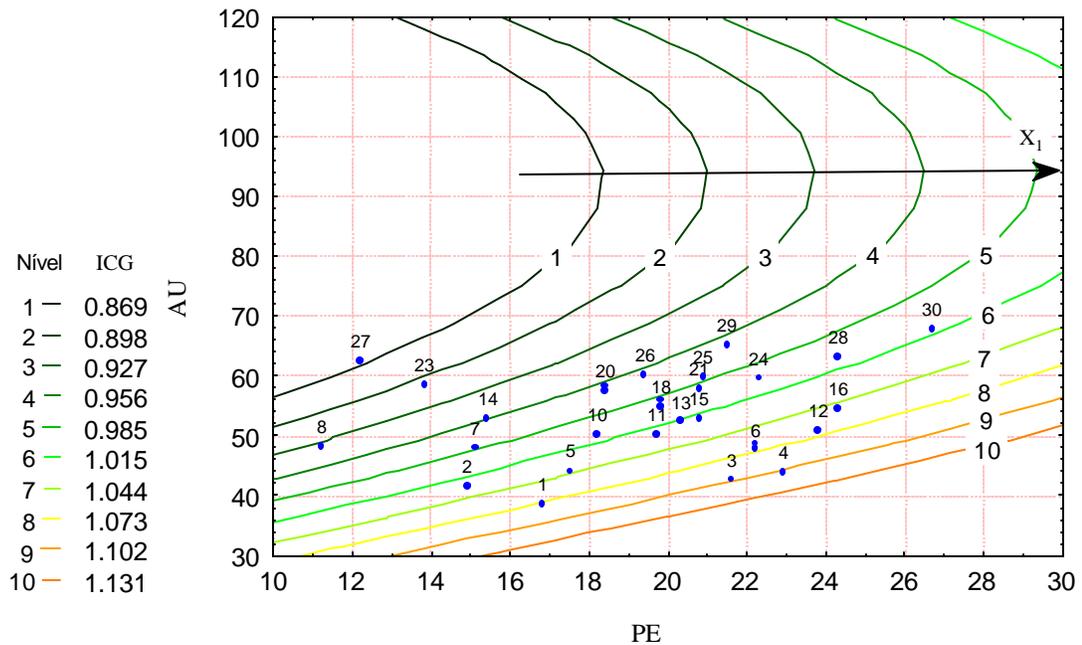


FIGURA (23) – Mapa dos índices de custo geométrico



A superfície de resposta do índice de custo/qualidade apresentada na figura (24), possui um formato similar a figura representada por um desfiladeiro.

A maximização da solução está posicionada na região da crista da descida (eixo X_2), com a otimização concentrada na região da calha (eixo X_1).

FIGURA (24) – Superfície de resposta do índice custo/qualidade

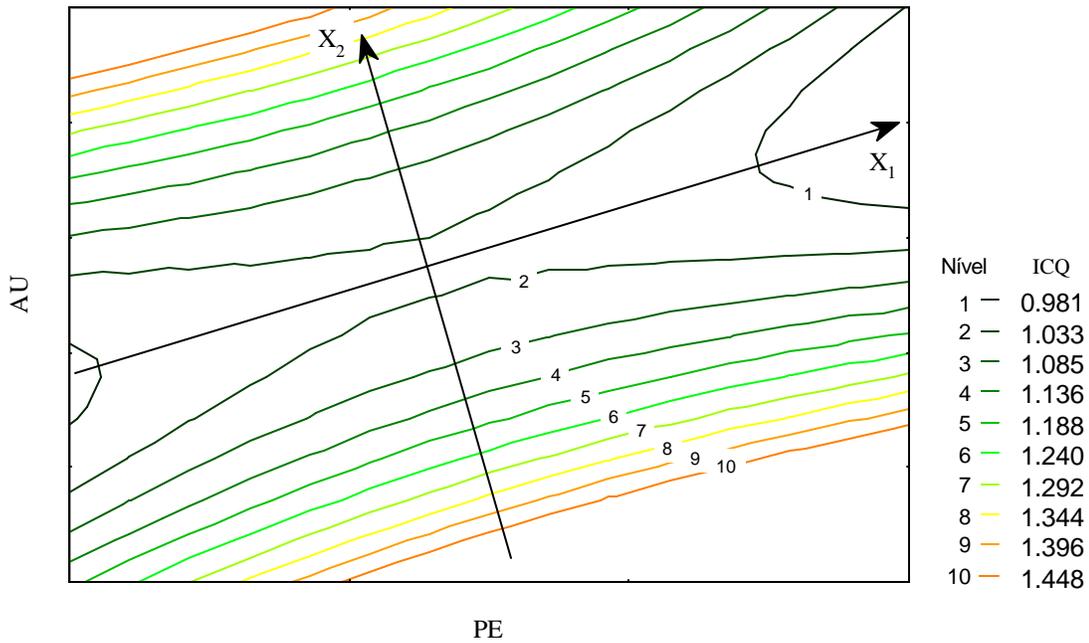
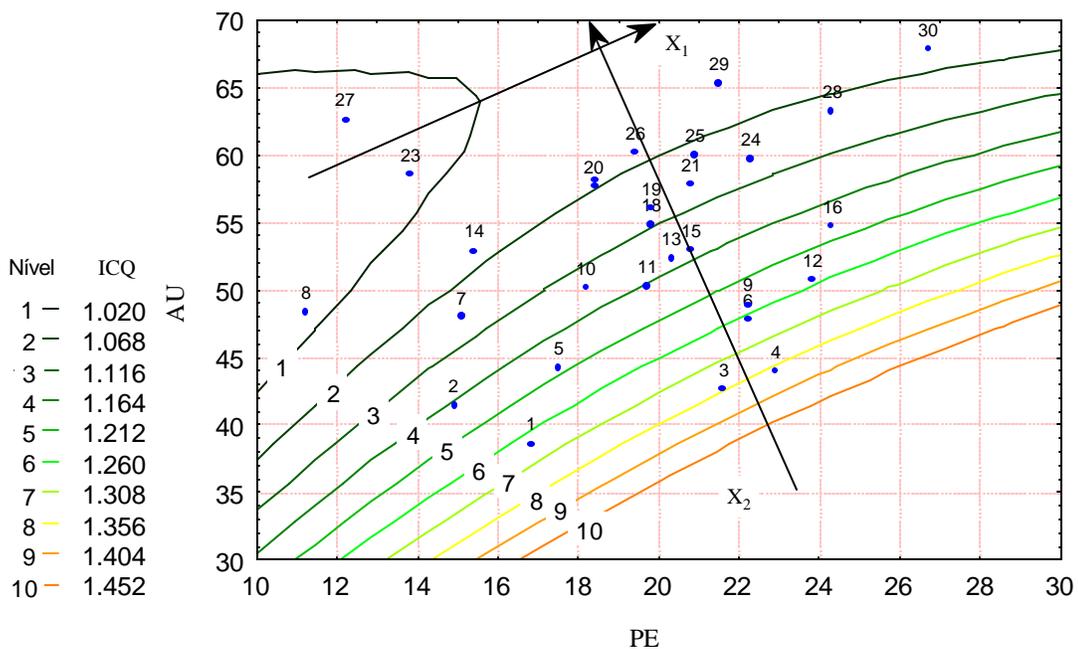


FIGURA (25) – Mapa dos índices de custo/qualidade



Legenda dos mapas de valores e superfície de resposta:

AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados;

PE = parede externa da área privativa do apartamento, em metros;

PI = parede interna da área privativa do apartamento, em metros;

PT = parede total da área privativa do apartamento, em metros;

IQG = índice de qualidade geométrica da configuração espacial;

IQN = índice de qualidade nominal do arranjo físico;

ICG = índice de custo geométrico do arranjo físico;

ICQ = índice de custo/qualidade do arranjo físico.

5.6. Avaliação da configuração espacial de apartamentos de três dormitórios

O arranjo físico adotado como alvo da qualidade requerida e padrão de custo é reproduzido pelo projeto 92, conforme apresentado na figura (26) e tabela (20).

A coleção dos projetos avaliados e os valores das variáveis geométricas e qualificadoras dos arranjos físicos são mostrados na tabela (21).

A determinação dos índices representativos da configuração espacial é executada de modo similar ao procedimento utilizado para os apartamentos de um dormitório, conforme especificado nos itens 5.2.1 a 5.2.6. Os valores calculados são expressos na tabela (22) e o modelo de ajuste do índice de qualidade geométrica representado pela equação (69) é mostrado na figura (27).

$$AU = 131,6.IQG^3 + \varepsilon \quad (69)$$

$$R = 0,997$$

com:

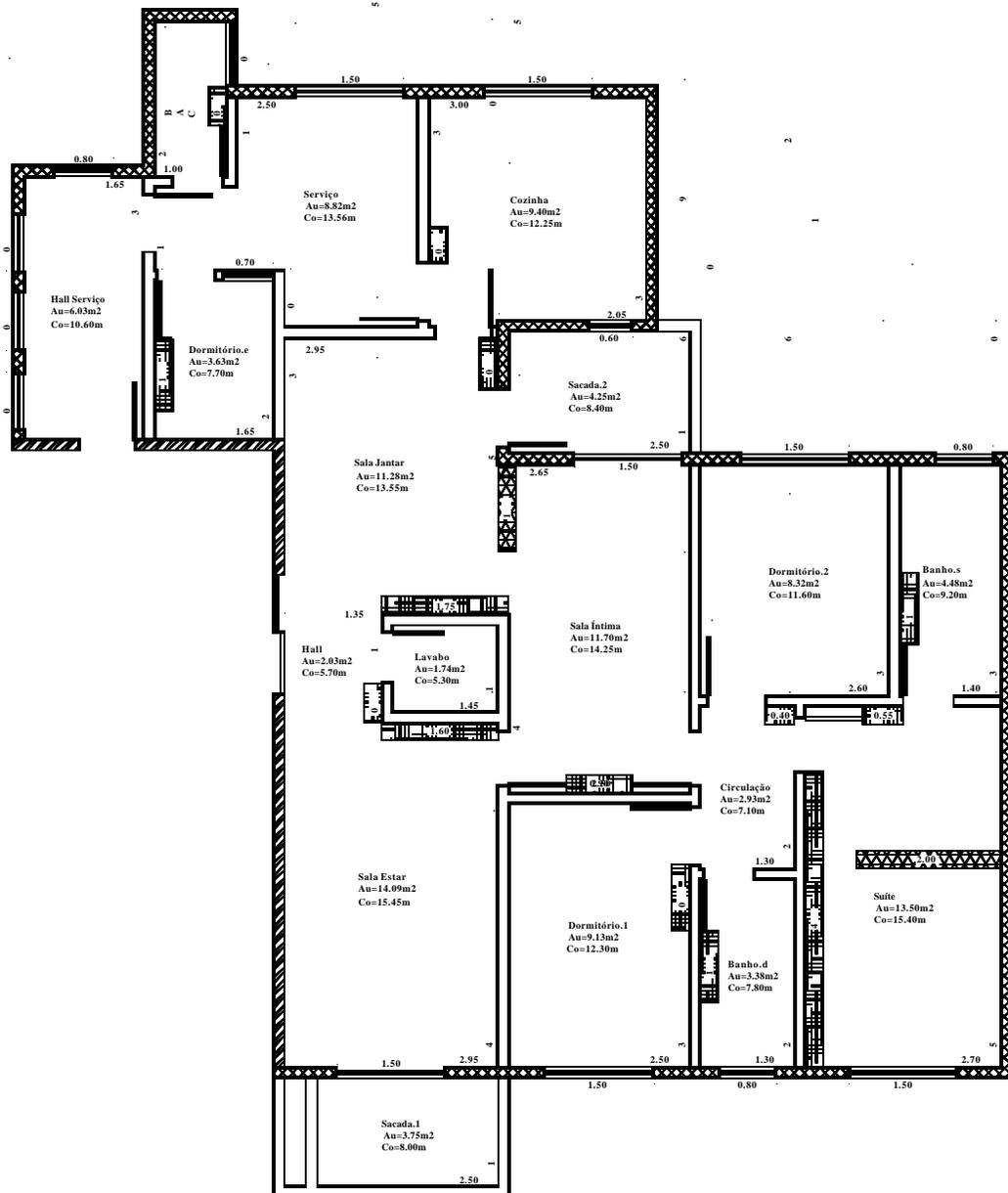
AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados;

IQG = índice de qualidade geométrica da configuração espacial;

R = coeficiente de explicação;

ε = erro aleatório.

FIGURA (26) – Representação gráfica do projeto 92



Legenda:

-  PE parede externa
-  PH parede meia
-  PO parede condomínio
-  PD parede divisória
-  CN perímetro não mobiliável
-  CA perímetro ampliado

TABELA (20) – Caracterização geométrica e atributos de qualificação do projeto 92

Apartamento Projeto 92		Atributo	Largura	Comprim.	Área útil (Au)	Perímetro contorno (Co)	Perímetro mobiliável (Cm)	Conexão por portas e vãos (Cp)	Conexão por janelas (Cj)	Perímetro ampliado (Ca)	Perím. não mobiliável (Cn)	Perímetro reduzido (Cr)	Perímetro qualificador interno (Ck)
		Ambiente											
Setor	Social	hall	1,35	1,50	2,03	5,70	0,65	4,50	0,00	0,00	0,55	0,00	5,15
		sala de estar	2,95	4,78	14,09	15,45	10,20	3,65	0,00	0,00	1,60	0,00	13,85
		sala de jantar	2,95	3,83	11,28	13,55	5,52	5,58	0,00	0,00	2,45	0,00	11,10
		lavabo	1,20	1,45	1,74	5,30	3,90	1,40	0,00	0,00	0,00	0,00	5,30
		soma			29,14	40,00	20,27	15,13	0,00	0,00	4,60	0,00	35,40
	Íntimo	circulação	1,30	2,25	2,93	7,10	2,80	3,90	0,00	0,00	0,40	0,00	6,70
		sala íntima			11,69	14,40	6,72	6,78	0,00	1,20	0,90	0,00	14,70
		suíte	2,70	5,00	13,50	15,40	6,95	2,30	1,50	2,00	4,65	0,00	12,75
		dorm.1	2,50	3,65	9,13	12,30	8,30	1,60	1,50	0,00	0,90	0,00	11,40
		dorm.2	2,60	3,20	8,32	11,60	8,50	1,60	1,50	0,00	0,00	0,00	11,60
		banho.s	1,40	3,20	4,48	9,20	6,00	1,40	0,80	0,00	1,00	0,00	8,20
		banho.d	1,30	2,60	3,38	7,80	4,60	1,40	0,80	0,00	1,00	0,00	6,80
	soma			53,43	77,80	43,87	18,98	6,10	3,20	8,85	0,00	72,15	
	Serviços	cozinha			9,40	12,40	7,40	2,40	2,10	0,00	0,50	0,00	11,90
		serviço			8,81	13,70	7,50	4,70	1,50	0,00	0,00	0,00	13,70
		hall de serviço	1,65	3,65	6,02	10,60	5,80	2,40	2,40	0,00	0,00	0,00	10,60
		dorm.e	1,65	2,20	3,63	7,70	4,40	1,60	0,70	0,00	1,00	0,00	6,70
		banho.e	1,00	2,15	2,14	6,29	3,44	1,40	0,90	0,00	0,55	0,00	5,74
	soma			30,00	50,69	28,54	12,50	7,60	0,00	2,05	0,00	48,64	
	Total					112,57	168,49	92,68	46,61	13,70	3,20	15,50	0,00
Variável					Área (AU)	Perímetro (CO)	Perímetro mobiliável (CM)	Conexão por portas e vãos (CP)	Conexão por janelas (CJ)	Perímetro ampliado (CA)	Perím. não mobiliável (CN)	Perímetro reduzido (CR)	Perímetro qualificador interno (CK)
CE					Perímetro externo		48,85						
CL					Perímetro delimitante			12,45					
CC					Perímetro contorno (CC=CE+CL)				61,30				
CK					Perímetro qualificador interno (CK=CM+CP+CJ+CA)					156,19			
CQ					Perímetro qualificador total (CQ=CE+CK)						205,04		
PE					Parede externa		48,40						
PD					Parede divisória			51,20					
PH					Parede meia				0,00				
PO					Parede condomínio				12,30				
PL					Parede delimitante (PL=PH+PO)					12,30			
PI					Parede interna (PI=PD+PL)						63,50		
PV					Parede interna incidente (PV=PD+PH/2+PO)							63,50	
PT					Parede total (PT=PE+PD+PL)							111,90	
PQ					Parede qualificadora total (PQ=CQ/2)								102,52

TABELA (21) – Variáveis geométricas e qualificadoras do arranjo físico de apartamentos de três dormitórios

Projeto	AU	PE	PH	PO	PD	PI	PV	PT	PK	PQ
1	51.00	17.60	10.60	4.70	22.50	37.80	32.50	55.40	37.00	45.80
2	53.10	17.40	10.20	5.40	30.00	45.60	40.50	63.00	40.40	49.10
3	56.70	19.20	10.50	6.50	30.00	47.00	41.75	66.20	43.60	53.20
4	57.70	23.10	7.40	3.60	29.80	40.80	37.10	63.90	43.10	54.65
5	58.30	16.90	13.70	9.10	25.40	48.20	41.35	65.10	39.45	47.90
6	58.90	24.60	7.80	5.80	26.20	39.80	35.90	64.40	41.45	53.75
7	59.50	19.40	10.00	6.50	28.90	45.40	40.40	64.80	42.80	52.50
8	60.40	22.70	9.70	6.20	31.10	47.00	42.15	69.70	42.95	54.30
9	62.00	29.60	6.70	5.30	33.20	45.20	41.85	74.80	45.40	60.20
10	65.70	31.50	0.00	7.00	28.50	35.50	35.50	67.00	44.70	60.45
11	66.90	23.10	8.70	5.60	34.80	49.10	44.75	72.20	45.10	56.65
12	67.20	22.80	9.20	8.20	33.80	51.20	46.60	74.00	46.90	58.30
13	67.30	20.70	9.10	5.00	26.40	40.50	35.95	61.20	38.10	48.45
14	68.20	22.80	13.60	4.60	37.20	55.40	48.60	78.20	49.15	60.55
15	68.40	23.70	8.80	5.40	33.20	47.40	43.00	71.10	46.80	58.65
16	69.00	23.40	9.70	5.80	37.00	52.50	47.65	75.90	49.10	60.80
17	69.50	28.20	7.80	8.60	30.70	47.10	43.20	75.30	47.90	62.00
18	69.70	14.00	18.20	7.10	33.10	58.40	49.30	72.40	47.10	54.10
19	70.30	32.40	0.00	8.30	33.00	41.30	41.30	73.70	49.55	65.75
20	70.40	21.10	10.30	9.10	34.60	54.00	48.85	75.10	48.70	59.25
21	70.70	24.40	7.70	10.90	36.90	55.50	51.65	79.90	49.80	62.00
22	70.80	28.30	10.40	6.10	40.20	56.70	51.50	85.00	52.00	66.15
23	70.80	25.00	4.50	7.20	31.20	42.90	40.65	67.90	48.10	60.60
24	71.40	22.20	9.00	8.00	30.80	47.80	43.30	70.00	44.50	55.60
25	71.60	25.10	9.50	7.20	36.10	52.80	48.05	77.90	51.05	63.60
26	73.60	26.60	12.50	6.20	33.10	51.80	45.55	78.40	50.50	63.80
27	73.80	35.00	0.00	9.50	35.10	44.60	44.60	79.60	52.35	69.85
28	73.80	25.60	9.30	6.90	32.90	49.10	44.45	74.70	48.00	60.80
29	73.80	34.50	0.00	9.30	35.30	44.60	44.60	79.10	56.00	73.25
30	74.00	32.30	7.80	3.80	31.70	43.30	39.40	75.60	53.65	69.80
31	74.10	28.50	8.10	8.80	35.90	52.80	48.75	81.30	49.30	63.55
32	74.80	23.20	8.50	7.20	33.40	49.10	44.85	72.30	48.70	60.30
33	75.10	29.40	13.50	5.50	32.30	51.30	44.55	80.70	51.05	65.75
34	75.40	20.00	11.70	8.60	40.70	61.00	55.15	81.00	56.25	66.25
35	75.60	30.40	8.40	4.10	31.10	43.60	39.40	74.00	51.80	67.00
36	75.60	18.60	13.50	5.00	32.50	51.00	44.25	69.60	49.50	58.80
37	75.80	34.40	3.70	11.40	35.00	50.10	48.25	84.50	54.50	71.70
38	76.50	34.70	3.80	8.50	35.20	47.50	45.60	82.20	53.85	71.20
39	76.80	32.00	7.60	3.40	33.30	44.30	40.50	76.30	50.90	66.90
40	77.10	28.50	9.00	6.30	37.90	53.20	48.70	81.70	56.00	70.25
41	77.80	27.10	8.60	8.90	38.00	55.50	51.20	82.60	54.10	67.65
42	78.10	23.30	6.70	9.50	32.20	48.40	45.05	71.70	47.40	59.05
43	78.10	31.90	0.00	9.70	43.10	52.80	52.80	84.70	54.55	70.50
44	78.50	24.10	10.20	6.60	35.90	52.70	47.60	76.80	49.95	62.00
45	79.00	32.80	6.50	11.50	33.60	51.60	48.35	84.40	55.75	72.15
46	79.60	32.00	7.00	7.10	37.30	51.40	47.90	83.40	54.65	70.65
47	79.60	24.30	10.00	11.00	34.80	55.80	50.80	80.10	54.25	66.40
48	80.00	23.80	13.30	7.20	37.20	57.70	51.05	81.50	53.75	65.65
49	80.10	32.10	8.00	9.30	37.10	54.40	50.40	86.50	50.70	66.75

TABELA (21) – Variáveis geométricas e qualificadoras do arranjo físico de apartamentos de três dormitórios...

Projeto	AU	PE	PH	PO	PD	PI	PV	PT	PK	PQ
50	80.10	35.10	6.80	7.10	39.10	53.00	49.60	88.10	56.50	74.05
51	80.50	25.00	9.00	7.10	40.50	56.60	52.10	81.60	51.85	64.35
52	81.30	29.00	7.00	8.90	32.90	48.80	45.30	77.80	51.95	66.45
53	81.90	30.70	5.00	12.50	32.90	50.40	47.90	81.10	50.65	66.00
54	82.90	32.50	9.60	4.60	39.70	53.90	49.10	86.40	57.00	73.25
55	83.00	34.40	0.00	12.20	35.40	47.60	47.60	82.00	49.40	66.60
56	84.70	36.80	0.00	9.60	36.90	46.50	46.50	83.30	57.10	75.50
57	85.00	29.30	8.00	6.10	36.80	50.90	46.90	80.20	54.85	69.50
58	85.40	32.30	11.00	9.10	33.40	53.50	48.00	85.80	56.75	72.90
59	85.40	41.20	3.40	7.70	40.00	51.10	49.40	92.30	59.80	80.40
60	85.70	26.00	7.70	12.60	39.80	60.10	56.25	86.10	54.35	67.35
61	86.40	26.70	7.00	10.50	35.00	52.50	49.00	79.20	52.05	65.40
62	86.50	37.40	0.00	13.30	37.90	51.20	51.20	88.60	59.30	78.00
63	87.30	30.70	6.30	6.90	40.70	53.90	50.75	84.60	55.20	70.55
64	89.60	30.10	5.60	9.20	36.60	51.40	48.60	81.50	59.15	74.20
65	89.80	40.30	0.00	11.30	41.30	52.60	52.60	92.90	59.85	80.00
66	90.10	32.40	9.00	16.90	28.00	53.90	49.40	86.30	55.10	71.30
67	90.60	35.40	9.40	7.70	40.00	57.10	52.40	92.50	61.40	79.10
68	92.40	35.80	3.50	8.30	44.50	56.30	54.55	92.10	62.90	80.80
69	92.90	32.30	11.20	9.80	36.40	57.40	51.80	89.70	55.00	71.15
70	93.30	29.90	9.60	10.30	41.80	61.70	56.90	91.60	60.30	75.25
71	95.90	27.40	11.80	14.40	36.50	62.70	56.80	90.10	61.10	74.80
72	97.30	34.10	7.50	11.00	42.30	60.80	57.05	94.90	61.00	78.05
73	97.50	31.00	11.70	5.10	42.60	59.40	53.55	90.40	63.10	78.60
74	97.80	38.00	4.10	7.00	43.30	54.40	52.35	92.40	60.60	79.60
75	99.90	39.00	0.00	11.50	53.30	64.80	64.80	103.80	66.30	85.80
76	101.10	36.30	10.70	7.10	42.40	60.20	54.85	96.50	67.30	85.45
77	101.30	39.50	0.00	11.20	48.20	59.40	59.40	98.90	66.40	86.15
78	101.60	42.00	0.00	16.20	40.70	56.90	56.90	98.90	69.20	90.20
79	102.70	33.10	6.70	10.20	44.30	61.20	57.85	94.30	66.90	83.45
80	103.30	40.50	0.00	11.40	47.90	59.30	59.30	99.80	66.15	86.40
81	103.70	36.00	6.50	12.90	47.30	66.70	63.45	102.70	67.35	85.35
82	103.80	36.80	0.00	13.00	58.10	71.10	71.10	107.90	72.00	90.40
83	104.90	32.70	10.00	8.30	46.50	64.80	59.80	97.50	64.85	81.20
84	105.00	32.70	7.80	12.30	47.50	67.60	63.70	100.30	70.20	86.55
85	106.50	41.40	0.00	11.40	43.80	55.20	55.20	96.60	68.60	89.30
86	108.40	29.40	12.60	7.90	51.70	72.20	65.90	101.60	70.05	84.75
87	108.80	37.10	14.00	5.50	37.30	56.80	49.80	93.90	64.80	83.35
88	109.00	36.10	0.00	11.10	45.80	56.90	56.90	93.00	74.90	92.95
89	110.00	42.50	6.30	13.00	48.10	67.40	64.25	109.90	71.50	92.75
90	110.60	25.50	7.80	13.20	45.80	66.80	62.90	92.30	64.05	76.80
91	113.30	28.70	12.70	18.30	45.70	76.70	70.35	105.40	69.50	83.85
92	112.60	48.40	0.00	12.30	51.20	63.50	63.50	111.90	78.10	102.30
93	113.40	39.40	7.50	6.40	50.00	63.90	60.15	103.30	66.95	86.65
94	114.40	45.20	7.60	10.40	49.90	67.90	64.10	113.10	71.60	94.20
95	115.20	38.10	7.60	20.40	47.80	75.80	72.00	113.90	73.00	92.05

Legenda:

AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados;

PE = parede externa da área privativa do apartamento, em metros;
 PH = parede divisória entre apartamentos, em metros;
 PO = parede divisória entre o apartamento e o condomínio, em metros;
 PD = parede divisória interna privativa do apartamento, em metros;
 PI = parede interna da área privativa do apartamento, em metros;
 PV = parede interna incidente do apartamento, em metros;
 PT = parede total da área privativa do apartamento, em metros;
 PK = parede qualificadora interna, em metros;
 PQ = parede qualificadora total do apartamento, em metros.

TABELA (22) – Índices de qualificação, qualidade geométrica, custo geométrico e custo/qualidade da configuração espacial de apartamentos de três dormitórios

Projeto	AU	IEX	IKI	IQG	CLQG	AN	IQN	CLQN	ICG92	CLCG	ICQ	CLCQ
1	51.00	1.23	5.18	0.72	95	41.87	0.82	64	0.96	43	1.16	72
2	53.10	1.19	5.54	0.74	92	45.74	0.86	44	0.98	67	1.14	58
3	56.70	1.27	5.79	0.77	90	50.56	0.89	29	0.98	66	1.10	30
4	57.70	1.52	5.67	0.77	86	52.33	0.91	21	1.00	80	1.11	32
5	58.30	1.11	5.17	0.73	94	43.90	0.75	88	0.94	30	1.24	91
6	58.90	1.60	5.40	0.77	88	51.01	0.87	39	1.01	82	1.16	70
7	59.50	1.26	5.55	0.76	91	49.37	0.83	58	0.95	42	1.15	62
8	60.40	1.46	5.53	0.77	87	51.56	0.85	50	1.00	79	1.17	76
9	62.00	1.88	5.77	0.81	72	59.18	0.95	7	1.08	95	1.13	47
10	65.70	1.94	5.51	0.81	74	58.99	0.90	25	1.03	89	1.15	63
11	66.90	1.41	5.51	0.78	84	53.95	0.81	70	0.97	50	1.20	84
12	67.20	1.39	5.72	0.79	83	56.01	0.83	56	0.97	52	1.16	71
13	67.30	1.26	4.64	0.73	93	44.35	0.66	95	0.89	6	1.35	95
14	68.20	1.38	5.95	0.81	75	58.82	0.86	43	0.97	56	1.13	46
15	68.40	1.43	5.66	0.79	80	56.35	0.82	60	0.95	41	1.16	68
16	69.00	1.41	5.91	0.81	73	59.07	0.86	47	0.97	51	1.13	50
17	69.50	1.69	5.75	0.81	69	60.59	0.87	37	1.00	77	1.15	60
18	69.70	.84	5.64	0.77	89	50.72	0.73	92	0.86	3	1.18	78
19	70.30	1.93	5.91	0.84	57	65.57	0.93	12	1.03	90	1.11	33
20	70.40	1.26	5.80	0.80	79	56.95	0.81	68	0.94	32	1.16	69
21	70.70	1.45	5.92	0.81	70	60.46	0.86	49	0.99	69	1.16	66
22	70.80	1.68	6.18	0.84	54	66.05	0.93	11	1.03	88	1.11	31
23	70.80	1.49	5.72	0.80	77	58.64	0.83	59	0.94	35	1.14	53
24	71.40	1.31	5.27	0.78	85	52.43	0.73	91	0.92	19	1.25	93
25	71.60	1.48	6.03	0.82	67	62.48	0.87	36	0.97	55	1.11	41
26	73.60	1.55	5.89	0.82	66	62.53	0.85	51	0.96	47	1.13	52
27	73.80	2.04	6.09	0.86	45	70.79	0.96	5	1.05	94	1.10	24
28	73.80	1.49	5.59	0.80	76	58.66	0.79	74	0.95	38	1.19	80
29	73.80	2.01	6.52	0.88	33	75.74	1.03	1	1.05	92	1.02	3
30	74.00	1.88	6.24	0.86	46	70.68	0.96	6	1.00	72	1.04	4
31	74.10	1.66	5.73	0.82	68	62.16	0.84	54	1.00	73	1.19	79
32	74.80	1.34	5.63	0.80	78	57.97	0.78	83	0.91	16	1.18	77

TABELA (22) – Índices de qualificação, qualidade geométrica, custo geométrico e custo/qualidade da configuração espacial de apartamentos de três dormitórios...

Projeto	AU	IEX	IKI	IQG	CLQG	AN	IQN	CLQN	ICG92	CLCG	ICQ	CLCQ
33	75.10	1.70	5.89	0.83	61	64.96	0.86	40	0.98	63	1.13	49
34	75.40	1.15	6.48	0.84	56	65.59	0.87	38	0.92	22	1.06	9
35	75.60	1.75	5.96	0.84	51	66.58	0.88	33	0.96	48	1.09	23
36	75.60	1.07	5.69	0.79	82	56.10	0.74	89	0.86	2	1.15	65
37	75.80	1.98	6.26	0.87	39	73.10	0.96	4	1.05	91	1.08	15
38	76.50	1.98	6.16	0.86	40	72.28	0.94	10	1.03	87	1.09	21
39	76.80	1.83	5.81	0.84	52	66.31	0.86	42	0.98	62	1.13	48
40	77.10	1.62	6.38	0.86	44	70.85	0.92	17	0.97	59	1.06	7
41	77.80	1.54	6.13	0.84	50	67.21	0.86	41	0.97	49	1.12	43
42	78.10	1.32	5.36	0.79	81	56.32	0.72	93	0.90	9	1.24	92
43	78.10	1.80	6.17	0.86	42	71.06	0.91	19	1.02	84	1.12	44
44	78.50	1.36	5.64	0.81	71	59.88	0.76	85	0.91	15	1.20	83
45	79.00	1.85	6.27	0.87	38	73.24	0.93	14	1.01	81	1.08	16
46	79.60	1.79	6.13	0.86	41	71.07	0.89	28	0.99	70	1.11	38
47	79.60	1.36	6.08	0.83	59	65.39	0.82	62	0.92	23	1.12	45
48	80.00	1.33	6.01	0.83	63	64.38	0.80	71	0.92	18	1.14	56
49	80.10	1.79	5.66	0.84	55	65.80	0.82	61	1.00	75	1.22	87
50	80.10	1.96	6.31	0.88	32	75.77	0.95	8	1.03	86	1.09	18
51	80.50	1.39	5.78	0.82	65	62.70	0.78	82	0.93	28	1.20	82
52	81.30	1.61	5.76	0.83	60	65.32	0.80	73	0.94	33	1.17	74
53	81.90	1.70	5.60	0.83	62	64.70	0.79	77	0.96	46	1.22	88
54	82.90	1.78	6.26	0.87	36	74.25	0.90	27	0.98	64	1.09	22
55	83.00	1.89	5.42	0.83	58	65.39	0.79	78	0.99	71	1.26	94
56	84.70	2.00	6.20	0.88	29	77.16	0.91	18	1.00	76	1.10	27
57	85.00	1.59	5.95	0.85	49	68.99	0.81	67	0.93	25	1.14	57
58	85.40	1.75	6.14	0.87	37	73.48	0.86	45	0.96	45	1.11	39
59	85.40	2.23	6.47	0.91	20	84.15	0.99	3	1.05	93	1.06	10
60	85.70	1.40	5.87	0.84	53	66.18	0.77	84	0.93	26	1.20	85
61	86.40	1.44	5.60	0.83	64	63.72	0.74	90	0.90	10	1.22	89
62	86.50	2.01	6.38	0.89	26	80.46	0.93	13	1.01	83	1.09	20
63	87.30	1.64	5.91	0.85	48	70.19	0.80	72	0.94	36	1.17	75
64	89.60	1.59	6.25	0.87	35	74.82	0.84	55	0.92	17	1.10	28
65	89.80	2.13	6.32	0.90	23	82.85	0.92	16	1.02	85	1.11	37
66	90.10	1.71	5.80	0.86	43	70.97	0.79	79	0.94	31	1.19	81
67	90.60	1.86	6.45	0.90	24	81.46	0.90	23	0.97	58	1.08	14
68	92.40	1.86	6.54	0.91	21	83.64	0.91	22	0.97	60	1.08	12
69	92.90	1.68	5.71	0.86	47	70.62	0.76	86	0.93	27	1.22	90
70	93.30	1.55	6.24	0.88	31	75.91	0.81	66	0.93	24	1.14	55
71	95.90	1.40	6.24	0.87	34	75.14	0.78	81	0.89	8	1.14	54
72	97.30	1.73	6.18	0.89	28	79.33	0.82	65	0.94	37	1.16	67
73	97.50	1.57	6.39	0.89	27	80.05	0.82	63	0.90	11	1.10	29
74	97.80	1.92	6.13	0.90	25	81.38	0.83	57	0.96	44	1.15	61
75	99.90	1.95	6.63	0.93	12	89.81	0.90	24	1.00	74	1.11	36
76	101.10	1.81	6.69	0.93	14	89.16	0.88	32	0.94	29	1.06	8
77	101.30	1.96	6.60	0.93	11	90.14	0.89	30	0.98	61	1.10	25
78	101.60	2.08	6.87	0.95	6	96.00	0.94	9	0.99	68	1.04	5
79	102.70	1.63	6.60	0.91	17	86.20	0.84	53	0.91	14	1.09	19
80	103.30	1.99	6.51	0.93	10	90.25	0.87	35	0.97	57	1.11	40
81	103.70	1.77	6.61	0.92	15	88.73	0.86	48	0.95	39	1.11	35
82	103.80	1.81	7.07	0.95	7	95.97	0.92	15	0.98	65	1.06	6

TABELA (22) – Índices de qualificação, qualidade geométrica, custo geométrico e custo/qualidade da configuração espacial de apartamentos de três dormitórios...

Projeto	AU	IEX	IKI	IQG	CLQG	AN	IQN	CLQN	ICG92	CLCG	ICQ	CLCQ
83	104.90	1.60	6.33	0.90	22	82.98	0.79	76	0.91	13	1.14	59
84	105.00	1.60	6.85	0.93	9	90.28	0.86	46	0.92	20	1.07	11
85	106.50	2.01	6.65	0.94	8	94.02	0.88	31	0.95	40	1.08	13
86	108.40	1.41	6.73	0.92	16	87.49	0.81	69	0.89	5	1.10	26
87	108.80	1.78	6.21	0.91	19	85.58	0.79	80	0.89	7	1.13	51
88	109.00	1.73	7.17	0.96	3	98.99	0.91	20	0.91	12	1.00	1
89	110.00	2.03	6.82	0.96	4	98.57	0.90	26	0.97	54	1.08	17
90	110.60	1.21	6.09	0.88	30	77.12	0.70	94	0.84	1	1.20	86
91	113.30	1.35	6.53	0.91	18	85.99	0.76	87	0.88	4	1.15	64
92	112.60	2.28	7.36	1.00	1	112.61	1.00	2	1.00	78	1.00	2
93	113.40	1.85	6.29	0.93	13	89.70	0.79	75	0.92	21	1.16	73
94	114.40	2.11	6.69	0.96	2	100.14	0.88	34	0.97	53	1.11	34
95	115.20	1.77	6.80	0.95	5	96.99	0.84	52	0.94	34	1.12	42

Legenda:

AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados;

IEX = índice de exteriorização;

IKI = índice de qualificação da configuração interna;

IQG = índice de qualidade geométrica da configuração espacial;

CLQG = classificação do projeto quanto ao índice de qualidade geométrica;

AN = área nominal do arranjo físico, em metros quadrados;

IQN = índice de qualidade nominal do arranjo físico;

CLQN = classificação do projeto quanto ao índice de qualidade nominal;

ICG92 = índice de custo geométrico em relação ao projeto 92;

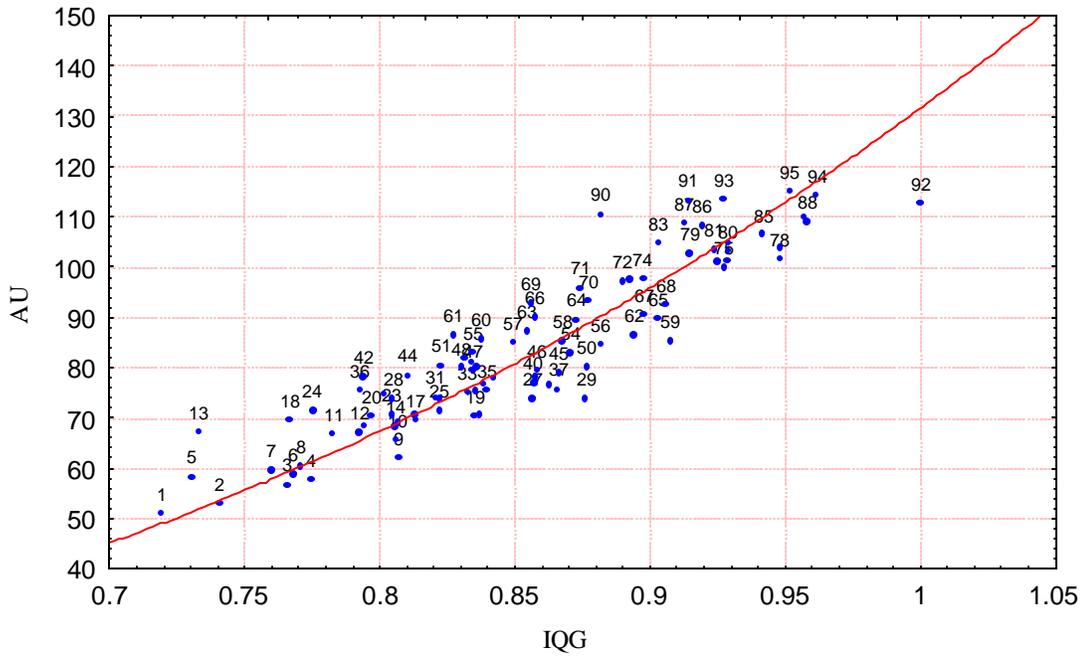
CLCG = classificação do projeto quanto ao índice de custo geométrico;

ICQ = índice de custo/qualidade do arranjo físico;

CLCQ = classificação do projeto quanto ao índice de custo/qualidade;

FIGURA (27) – Modelo do índice de qualidade geométrica de apartamentos de três dormitórios

$$AU = 131,6.IQG^3 + \varepsilon$$



Legenda:

AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados;

IQG = índice de qualidade geométrica da configuração espacial;

R = coeficiente de explicação;

ε = erro aleatório.

A estatística descritiva dos valores mínimo, máximo, médio e desvio padrão das variáveis geométricas, qualificadoras e índices computados para a amostra de apartamentos de três dormitórios são apresentados na tabela (23).

Uma análise dos valores descritivos das variáveis geométricas dos arranjos físicos referentes a amostra de projetos com configuração de três dormitórios expõe características geométricas de projeto, tais como:

1. o consumo médio de paredes totais em relação a área útil é de cerca de um metro linear de parede por metro quadrado de área útil (condição também defrontada nas outras configurações de

apartamentos de um e dois dormitórios, para os apartamentos de quatro dormitórios o valor é cerca de dez por cento menor para os projetos de maior dimensão).

2. a relação média entre a quantidade linear de paredes externas em comparação com as paredes totais é de cerca de trinta e cinco por cento (este valor tende a diminuir para os apartamentos de um dormitório e aumentar para os de quatro).

Tabela (23) – Estatística descritiva das variáveis geométricas, qualificadoras e índices computados para a amostra de apartamentos de três dormitórios

Variável	Médio	Mínimo	Máximo	Desvio padrão
AU	83.31	51.00	115.20	16.04
PE	30.09	14.00	48.40	6.95
PH	7.29	0.00	18.20	4.22
PO	8.80	3.40	20.40	3.25
PD	37.76	22.50	58.10	6.80
PI	53.85	35.50	76.70	8.17
PV	50.20	32.50	72.00	8.20
PT	83.93	55.40	113.90	12.57
PK	55.45	37.00	78.10	9.16
PQ	70.50	45.80	102.30	12.07
IEX	1.64	.84	2.28	.29
IQI	6.07	4.64	7.36	.48
IQG	.85	.72	1.00	.06
AN	70.85	41.87	112.61	14.75
IQN	.85	.66	1.03	.07
ICG35	.96	.84	1.08	.05
ICQ	1.13	1.00	1.35	.06

5.7. Mapas de valores da configuração espacial de apartamentos de três dormitórios

Definidos em função dos valores descritos nas tabelas (21) e (22) de modo similar a determinação dos mapas de valores propostos para as configurações espaciais de apartamentos de um dormitório.

Os mapas de valores reproduzidos são apresentados nas figuras (28 a 31 e 33).

FIGURA (28) – Mapa das isoáreas

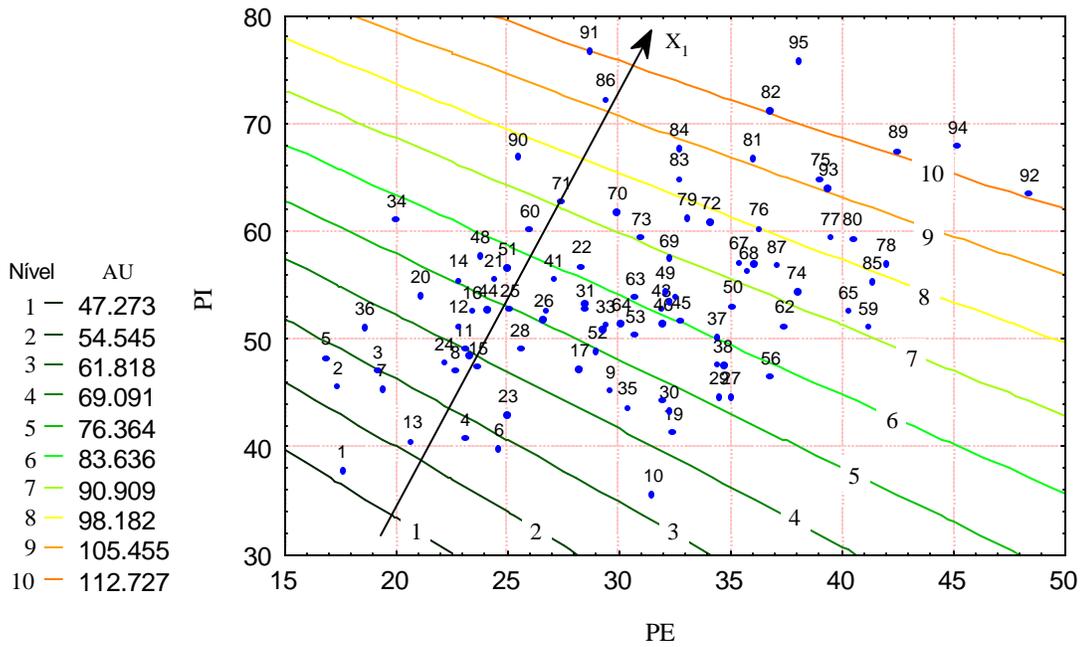


FIGURA (29) – Mapa dos índices de isoqualidade geométrica

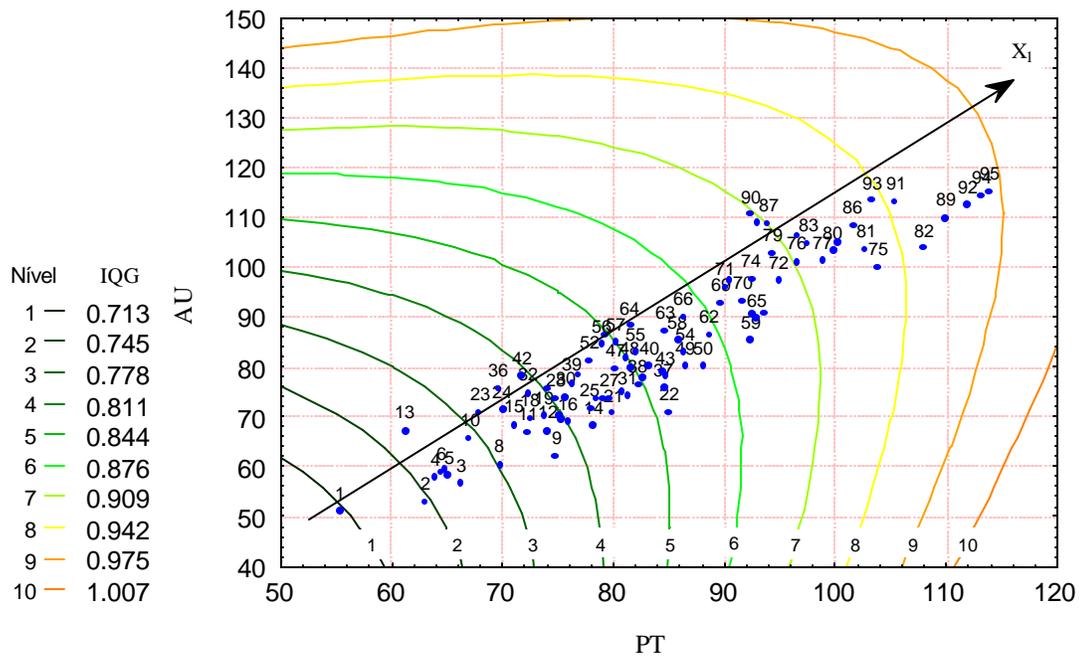


FIGURA (30) – Mapa dos índices de isoqualidade nominal

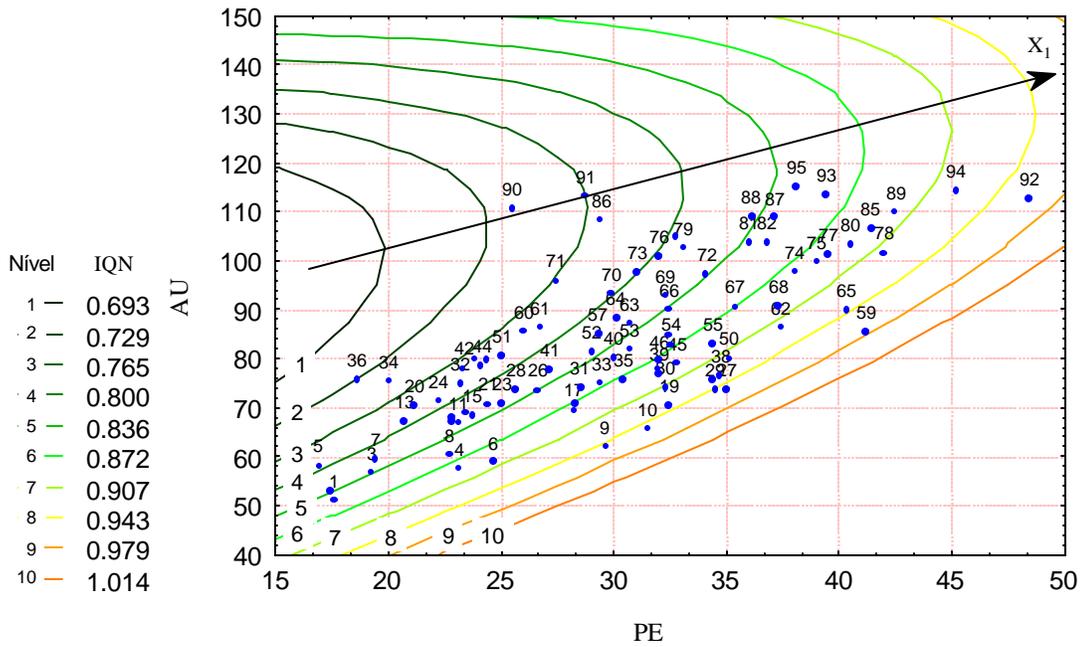
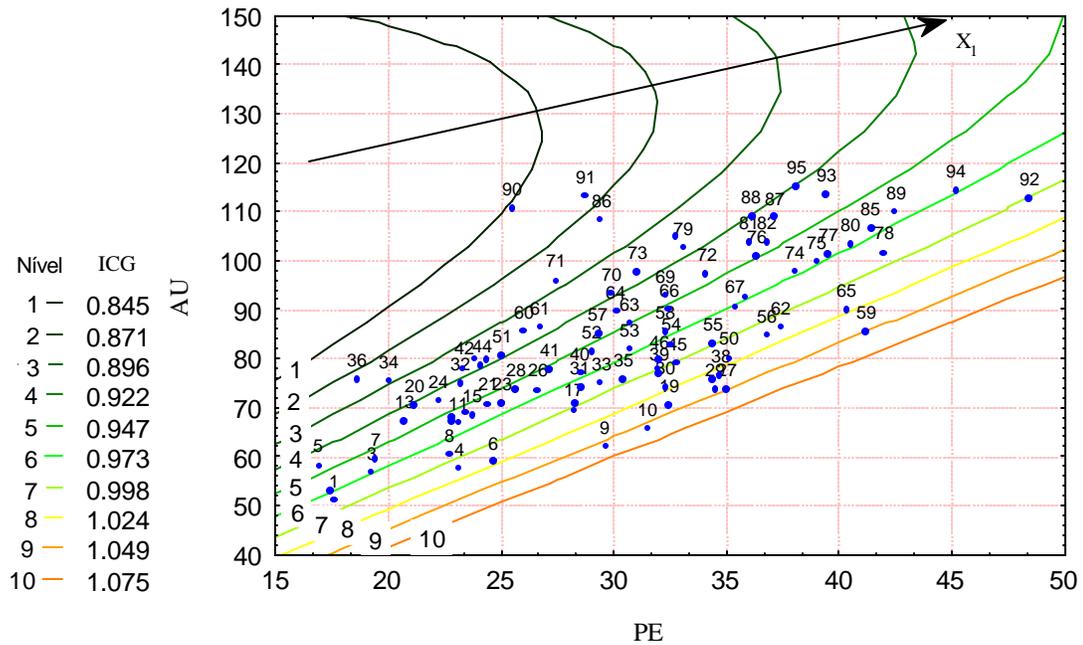


FIGURA (31) – Mapa dos índices de custo geométrico



A superfície de resposta do índice custo/qualidade, mostrada na figura (32) apresenta o formato de uma colina.

A análise desta superfície determina que a maximização da solução está posicionada na região da crista da colina (eixo X_1), com a otimização obtida no sentido de sua descida.

FIGURA (32) – Superfície de resposta do índice de custo/qualidade

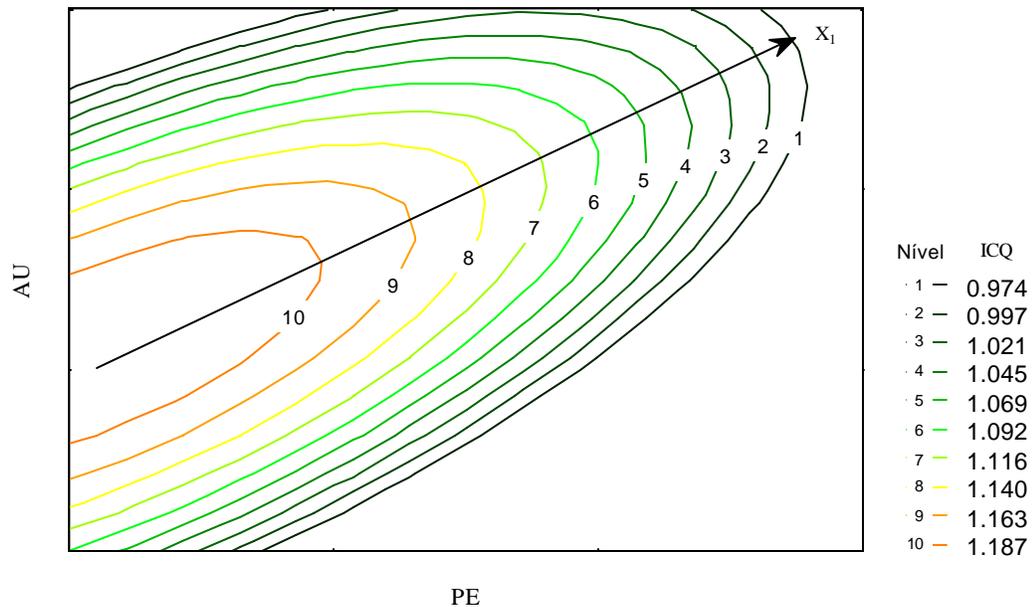
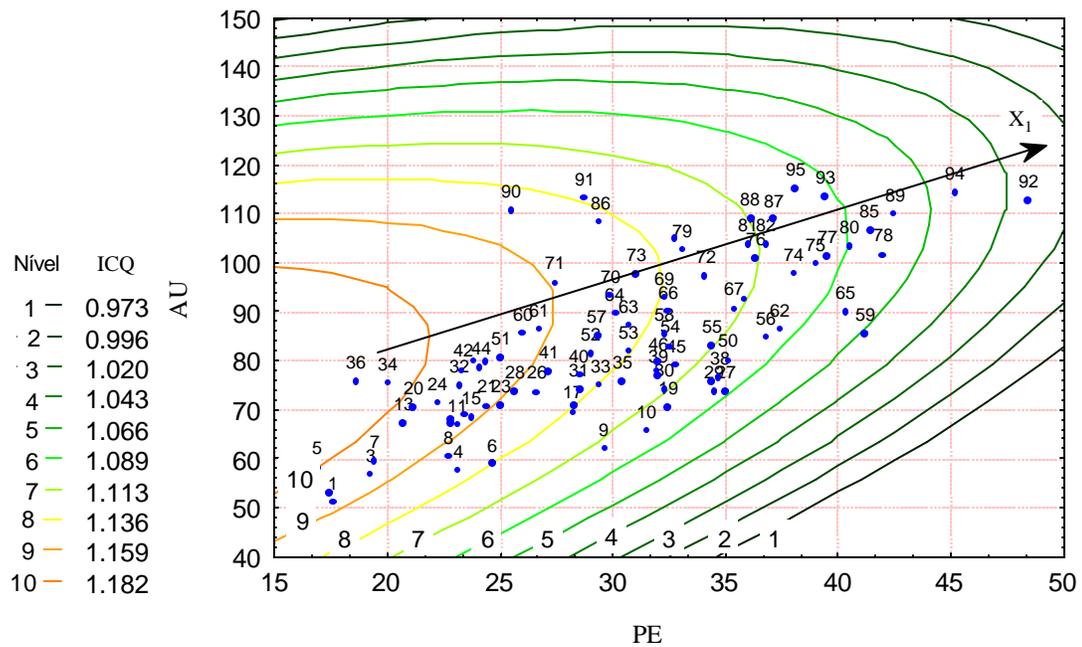


FIGURA (33) – Mapa dos índices de custo/qualidade



Legenda dos mapas de valores e superfície de valor:

AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados;

PE = parede externa da área privativa do apartamento, em metros;

PI = parede interna da área privativa do apartamento, em metros;

PT = parede total da área privativa do apartamento, em metros;

IQG = índice de qualidade geométrica da configuração espacial;

IQN = índice de qualidade nominal do arranjo físico;

ICG = índice de custo geométrico do arranjo físico;

ICQ = índice de custo/qualidade do arranjo físico.

5.8. Avaliação da configuração espacial de apartamentos de quatro dormitórios

O arranjo físico adotado como alvo da qualidade requerida e padrão do custo é reproduzido pelo projeto 35, conforme apresentado na figura (34) e tabela (24).

A coleção dos projetos avaliados e os valores das variáveis geométricas e qualificadoras dos arranjos físicos são mostrados na tabela (25).

A determinação dos índices representativos da configuração espacial é executada de modo similar ao procedimento utilizado para os apartamentos de um dormitório, conforme especificado nos itens 5.2.1 a 5.2.6. Os valores calculados são expressos na tabela (26) e o modelo de ajuste do índice de qualidade geométrica representado pela equação (70) é mostrado na figura (35).

$$AU = 280,2.IQG^3 + \varepsilon \quad (70)$$

$$R = 0,999$$

com:

AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados;

IQG = índice de qualidade geométrica da configuração espacial;

R = coeficiente de explicação;

ε = erro aleatório.

FIGURA (34) – Representação gráfica do projeto 35

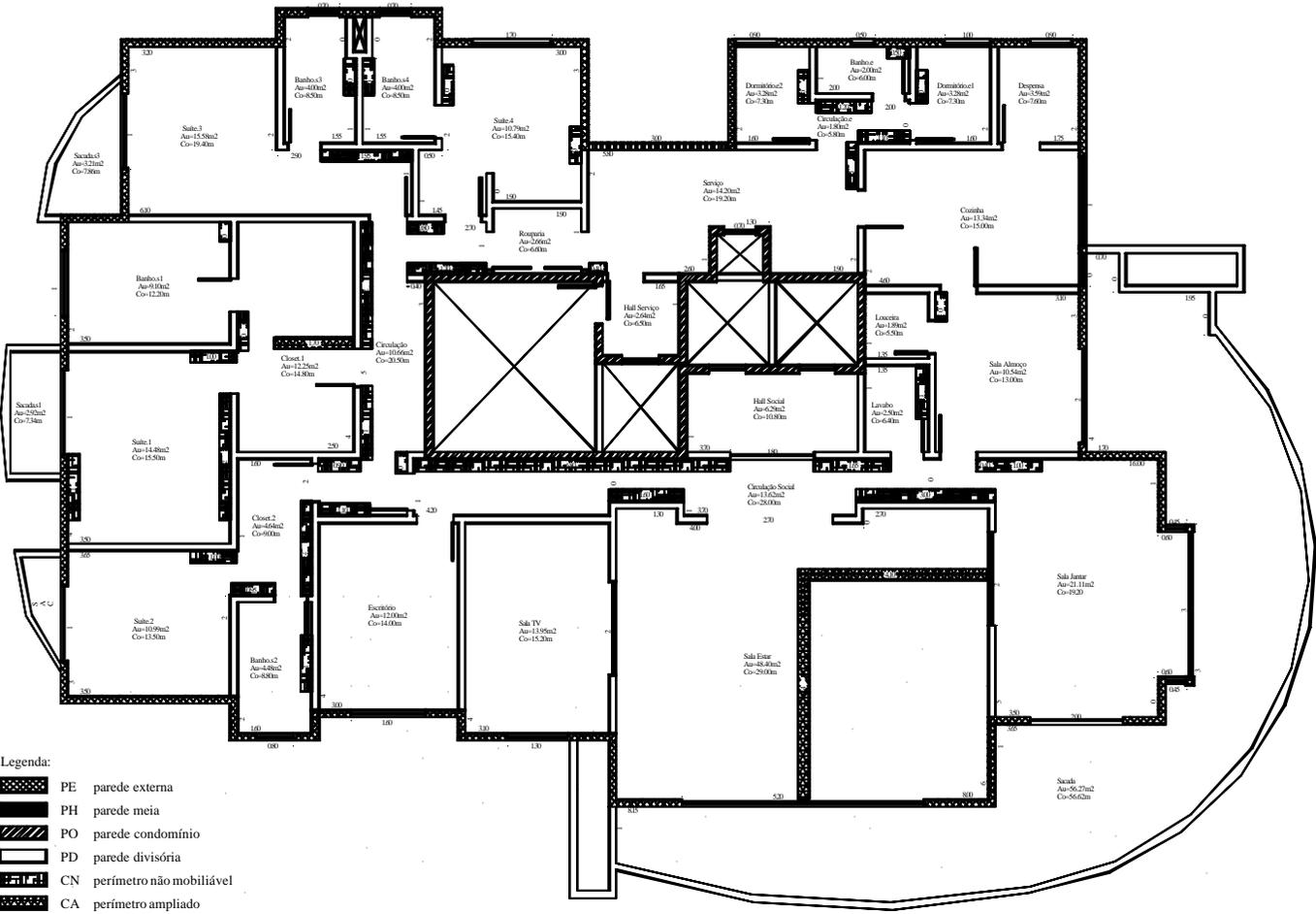


TABELA (24) – Caracterização geométrica e atributos de qualificação do projeto 35

Apartamento Projeto 35		Atributo Ambiente	Largura	Comprim.	Área útil (Au)	Perímetro contorno (Co)	Perímetro mobiliável (Cm)	Conexão por portas e vãos (Cp)	Conexão por janelas (Cj)	Perímetro ampliado (Ca)	Perim. não mobiliável (Cn)	Perímetro reduzido (Cr)	Perímetro qualificador interno (Ck)
Setor	Social	hall social	1,70	3,70	6,29	10,80	7,40	3,40	0,00	0,00	0,00	0,00	10,80
		circulação social			13,62	28,00	6,05	8,50	0,00	0,00	13,45	0,00	14,55
		sala de estar			48,40	29,00	17,10	11,90	0,00	9,00	0,00	0,00	38,00
		sala de almoço	3,10	3,40	10,54	13,00	7,30	5,10	0,00	0,00	0,60	0,00	12,40
		sala de jantar			21,11	19,20	9,30	8,00	0,90	0,00	1,00	0,00	18,20
		sala de TV	3,10	4,50	13,95	15,20	11,90	2,00	1,30	0,00	0,00	0,00	15,20
		escritório	3,00	4,00	12,00	14,00	10,80	1,60	1,60	0,00	0,00	0,00	14,00
		cozinha	1,35	1,40	1,89	5,50	4,10	1,40	0,00	0,00	0,00	0,00	5,50
		wc			2,50	6,40	3,85	1,40	0,00	0,00	1,15	0,00	5,25
		lavabo	1,35	1,85	2,50	6,40	3,85	1,40	0,00	0,00	1,15	0,00	5,25
		soma			130,30	141,10	77,80	43,30	3,80	9,00	16,20	0,00	133,90
	Íntimo	circulação			10,66	20,50	5,70	5,60	0,00	0,00	9,20	0,00	11,30
		suite 1			14,48	15,50	7,70	2,70	0,00	0,00	5,10	0,00	10,40
		suite 2			10,99	13,50	9,80	2,55	0,00	0,00	1,15	0,00	12,35
		suite 3			15,58	19,40	13,55	3,90	0,00	0,00	1,95	0,00	17,45
		suite 4			10,79	15,40	9,75	2,30	1,70	0,00	1,65	0,00	13,75
		closet suite 1	2,50	4,90	12,25	14,80	10,75	3,20	0,00	1,70	0,85	0,00	15,65
		closet suite 2	1,60	2,90	4,64	9,00	2,95	3,25	0,00	0,00	2,80	0,00	6,20
		banho suite 1	2,60	3,50	9,10	12,20	9,00	1,40	1,40	0,00	0,40	0,00	11,80
		banho suite 2	1,60	2,80	4,48	8,80	5,40	1,40	0,80	0,00	1,20	0,00	7,60
		banho suite 3			4,00	8,50	5,60	1,40	0,70	0,00	0,80	0,00	7,70
		banho suite 4			4,00	8,50	5,60	1,40	0,70	0,00	0,80	0,00	7,70
	soma			100,97	146,10	85,80	29,10	5,30	1,70	25,90	0,00	121,90	
	Serviços	hall de serviço	1,60	1,65	2,64	6,50	3,30	3,20	0,00	0,00	0,00	0,00	6,50
		cozinha	2,90	4,60	13,34	15,00	8,50	3,90	2,60	0,00	0,00	0,00	15,00
		serviço			14,20	19,20	13,90	3,90	0,00	0,00	1,40	0,00	17,80
		dispensa	1,75	2,05	3,59	7,60	5,30	1,40	0,90	0,00	0,00	0,00	7,60
circulação empregado		0,90	2,00	1,80	5,80	0,40	3,10	0,00	0,00	2,30	0,00	3,50	
armatório.e1		1,60	2,05	3,28	7,30	4,00	1,60	1,00	0,00	0,70	0,00	6,60	
armatório.e2		1,60	2,05	3,28	7,30	4,10	1,60	0,90	0,00	0,70	0,00	6,60	
banho.e		1,00	2,00	2,00	6,00	3,60	1,40	0,50	0,00	0,50	0,00	5,50	
soma				44,13	74,70	43,10	20,10	5,90	0,00	5,60	0,00	69,10	
Total				275,40	361,90	206,70	92,50	15,00	10,70	47,70	0,00	324,90	
Caracterização geométrica	Variável			Área (AU)	Perímetro (CO)	Perímetro mobiliável (CM)	Conexão por portas e vãos (CP)	Conexão por janelas (CJ)	Perímetro ampliado (CA)	Perim. não mobiliável (CN)	Perímetro reduzido (CR)	Perímetro qualificador interno (CK)	
	CE	Perímetro externo			87,90								
	CL	Perímetro delimitante				32,30							
	CC	Perímetro contorno (CC=CE+CL)					120,20						
	CK	Perímetro qualificador interno (CK=CM+CP+CJ+CA)						324,90					
	CQ	Perímetro qualificador total (CQ=CE+CK)							412,80				
	PE	Parede externa			87,30								
	PD	Parede divisória				125,80							
	PH	Parede meia					0,00						
	PO	Parede condomínio					31,70						
	PL	Parede delimitante (PL=PH+PO)						31,70					
	PI	Parede interna (PI=PD+PL)							157,50				
	PV	Parede interna incidente (PV=PD+PH/2+PO)								157,50			
	PT	Parede total (PT=PE+PD+PL)									244,80		
	PQ	Parede qualificadora total (PQ=CQ/2)										206,40	

TABELA (25) – Variáveis geométricas e qualificadoras do arranjo físico de apartamentos de quatro dormitórios

Projeto	AU	PE	PH	PO	PD	PI	PV	PT	PK	PQ
1	118.70	39.00	5.80	13.10	62.10	81.00	78.10	120.00	85.60	105.10
2	121.70	45.00	4.60	9.50	57.40	71.50	69.20	116.50	78.60	101.10
3	123.70	37.60	14.50	8.50	53.30	76.30	69.05	113.90	74.70	93.50
4	132.90	53.30	0.00	0.00	84.50	84.50	84.50	137.80	91.30	117.95
5	135.50	43.20	0.00	13.00	64.10	77.10	77.10	120.30	83.90	105.50
6	140.20	45.50	2.70	12.60	66.20	81.50	80.15	127.00	85.30	108.05
7	143.40	43.90	5.70	9.60	68.20	83.50	80.65	127.40	89.80	111.75
8	146.50	38.10	8.90	12.60	71.20	92.70	88.25	130.80	86.20	105.25
9	148.50	44.30	3.20	10.70	70.60	84.50	82.90	128.80	97.00	119.15
10	150.40	60.70	6.60	15.00	57.70	79.30	76.00	140.00	93.10	123.45
11	154.40	60.30	5.60	19.40	63.60	88.60	85.80	148.90	99.00	129.15
12	160.10	55.40	0.00	7.30	89.30	96.60	96.60	152.00	108.50	136.20
13	161.60	45.80	14.00	7.20	80.10	101.30	94.30	147.10	105.10	128.00
14	165.10	55.80	0.00	5.70	107.00	112.70	112.70	168.50	113.10	141.00
15	166.70	63.30	0.00	0.00	99.50	99.50	99.50	162.80	99.50	131.15
16	167.00	51.60	3.50	9.50	90.00	103.00	101.25	154.60	104.50	130.30
17	170.60	65.90	7.10	14.30	80.70	102.10	98.55	168.00	114.10	147.05
18	170.70	67.60	0.00	15.90	81.50	97.40	97.40	165.00	104.90	138.70
19	171.00	58.70	6.30	14.80	93.70	114.80	111.65	173.50	107.20	136.55
20	172.00	61.60	4.80	11.50	70.40	86.70	84.30	148.30	110.50	141.30
21	182.90	66.30	0.00	0.00	92.20	92.20	92.20	158.50	112.20	145.35
22	185.50	65.60	0.00	0.00	114.10	114.10	114.10	179.70	117.50	150.30
23	187.30	66.50	5.30	16.50	84.70	106.50	103.85	173.00	112.80	146.05
24	199.00	69.30	0.00	24.20	77.20	101.40	101.40	170.70	127.00	161.65
25	203.90	70.80	0.00	19.30	96.40	115.70	115.70	186.50	126.30	161.70
26	208.30	85.30	0.00	0.00	102.80	102.80	102.80	188.10	131.10	173.75
27	212.60	64.60	0.00	15.80	92.40	108.20	108.20	172.80	129.30	161.60
28	215.40	80.10	0.00	0.00	111.80	111.80	111.80	191.90	129.10	169.15
29	218.00	77.40	2.10	13.10	98.20	113.40	112.35	190.80	127.80	166.50
30	233.40	77.80	0.00	21.30	87.10	108.40	108.40	186.20	127.80	166.70
31	234.70	78.60	0.00	14.50	99.50	114.00	114.00	192.60	128.60	167.90
32	237.80	75.80	0.00	32.00	77.70	109.70	109.70	185.50	135.60	173.50
33	247.50	82.00	0.00	0.00	120.50	120.50	120.50	202.50	148.00	189.00
34	258.00	86.30	6.90	9.60	114.20	130.70	127.25	217.00	146.80	189.95
35	275.40	87.30	0.00	31.70	125.80	157.50	157.50	244.80	162.50	206.40

Legenda:

AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados;

PE = parede externa da área privativa do apartamento, em metros;

PH = parede divisória entre apartamentos, em metros;

PO = parede divisória entre o apartamento e o condomínio, em metros;

PD = parede divisória interna privativa do apartamento, em metros;

PI = parede interna da área privativa do apartamento, em metros;

PV = parede interna incidente do apartamento, em metros;

PT = parede total da área privativa do apartamento, em metros;

PK = parede qualificadora interna, em metros;

PQ = parede qualificadora total do apartamento, em metros.

TABELA (26) – Índices de qualificação, qualidade geométrica, custo geométrico e custo/qualidade da configuração espacial de apartamentos de quatro dormitórios

Projeto	AU	IEX	IQI	IQG	CLQG	AN	IQN	CLQN	ICG35	CLCG	ICQ	CLCQ
1	118.70	1.79	7.86	0.76	31	122.79	1.03	6	1.06	25	1.02	12
2	121.70	2.04	7.12	0.75	34	116.63	0.96	23	1.06	26	1.10	30
3	123.70	1.69	6.72	0.73	35	105.92	0.86	34	1.01	14	1.17	35
4	132.90	2.31	7.92	0.80	28	141.36	1.06	3	1.11	35	1.04	19
5	135.50	1.86	7.21	.76	32	122.49	.90	32	1.00	12	1.11	31
6	140.20	1.92	7.20	0.77	30	126.04	.90	33	1.01	16	1.12	33
7	143.40	1.83	7.50	0.78	29	131.29	.92	29	0.99	10	1.09	28
8	146.50	1.57	7.12	0.76	33	122.13	.83	35	0.97	3	1.16	34
9	148.50	1.82	7.96	0.80	27	142.03	.96	25	0.98	6	1.03	13
10	150.40	2.47	7.59	0.81	26	148.46	.99	17	1.07	30	1.08	27
11	154.40	2.43	7.97	0.83	24	157.03	1.02	8	1.07	32	1.06	21
12	160.10	2.19	8.57	0.85	20	167.77	1.05	5	1.04	23	0.99	4
13	161.60	1.80	8.27	0.83	25	154.79	0.96	24	0.99	8	1.03	17
14	165.10	2.17	8.80	0.86	17	175.08	1.06	4	1.07	28	1.01	9
15	166.70	2.45	7.71	0.83	22	159.36	0.96	26	1.07	31	1.12	32
16	167.00	2.00	8.09	0.83	23	158.05	0.95	27	1.01	15	1.07	22
17	170.60	2.52	8.74	0.87	14	184.46	1.08	2	1.08	34	1.00	7
18	170.70	2.59	8.03	0.85	19	170.88	1.00	13	1.08	33	1.08	25
19	171.00	2.24	8.20	0.85	21	167.48	0.98	18	1.07	29	1.09	29
20	172.00	2.35	8.43	0.86	18	174.92	1.02	9	1.01	17	1.00	5
21	182.90	2.45	8.30	0.87	16	180.60	0.99	16	1.02	19	1.03	16
22	185.50	2.41	8.63	0.88	13	188.36	1.02	10	1.05	24	1.04	18
23	187.30	2.43	8.24	0.87	15	181.44	0.97	20	1.04	22	1.07	23
24	199.00	2.46	9.00	0.91	10	205.84	1.03	7	1.01	13	0.97	1
25	203.90	2.48	8.84	0.91	11	205.52	1.01	11	1.03	20	1.02	10
26	208.30	2.96	9.08	0.94	4	225.37	1.08	1	1.06	27	0.98	3
27	212.60	2.22	8.87	0.91	12	204.81	0.96	22	0.96	2	1.00	6
28	215.40	2.73	8.80	0.92	6	216.92	1.01	12	1.03	21	1.03	14
29	218.00	2.62	8.66	0.92	8	212.41	0.97	19	1.02	18	1.04	20
30	233.40	2.55	8.37	0.92	9	212.12	0.91	31	0.97	4	1.07	24
31	234.70	2.57	8.39	0.92	7	213.97	0.91	30	0.98	7	1.08	26
32	237.80	2.46	8.79	0.93	5	222.76	0.94	28	0.96	1	1.02	11
33	247.50	2.61	9.41	0.97	3	247.71	1.00	14	0.98	5	0.98	2
34	258.00	2.69	9.14	0.97	2	248.65	0.96	21	0.99	9	1.03	15
35	275.40	2.63	9.79	1.00	1	275.30	1.00	15	1.00	11	1.00	8

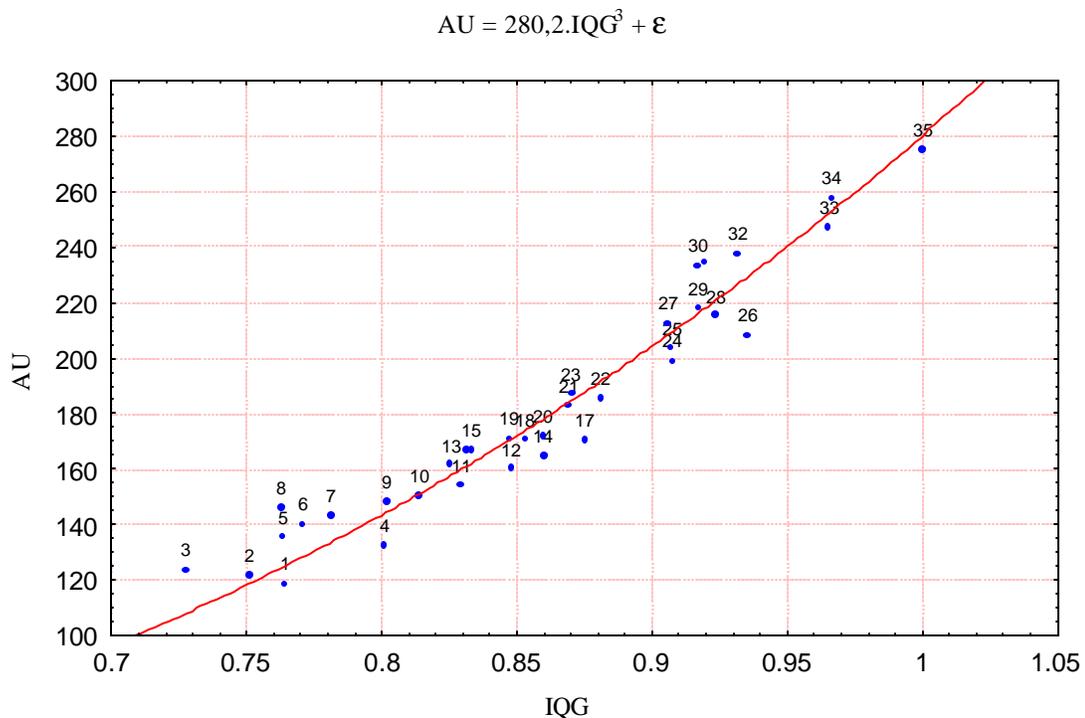
Legenda:

AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados;

IEX = índice de exteriorização;

IKI = índice de qualificação da configuração interna;
 IQG = índice de qualidade geométrica da configuração espacial;
 CLQG = classificação do projeto quanto ao índice de qualidade geométrica;
 AN = área nominal do arranjo físico, em metros quadrados;
 IQN = índice de qualidade nominal do arranjo físico;
 CLQN = classificação do projeto quanto ao índice de qualidade nominal;
 ICG35 = índice de custo geométrico em relação ao projeto 35;
 CLCG = classificação do projeto quanto ao índice de custo geométrico;
 ICQ = índice de custo/qualidade do arranjo físico;
 CLCQ = classificação do projeto quanto ao índice de custo/qualidade.

FIGURA (35) – Modelo do índice de qualidade geométrica de apartamentos de quatro dormitórios



Legenda:

AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados;
 IQG = índice de qualidade geométrica da configuração espacial;

R = coeficiente de explicação;

ε = erro aleatório.

A estatística descritiva dos valores mínimo, máximo, médio e desvio padrão das variáveis geométricas, qualificadoras e índices computados para a amostra de apartamentos de quatro dormitórios são apresentados na tabela (27).

Tabela (27) – Estatística descritiva das variáveis geométricas, qualificadoras e índices computados para a amostra de apartamentos de quatro dormitórios

Variável	Médio	Mínimo	Máximo	Desvio padrão
AU	180.58	118.70	275.40	41.02
PE	62.01	37.60	87.30	14.84
PH	3.07	0.00	14.50	3.98
PO	11.66	0.00	32.00	8.30
PD	85.88	53.30	125.80	19.11
PI	100.61	71.50	157.50	17.59
PV	99.08	69.05	157.50	18.32
PT	162.62	113.90	244.80	30.50
PK	111.27	74.70	162.50	21.13
PQ	142.28	93.50	206.40	28.09
IEX	2.29	1.57	2.96	.34
IQI	8.27	6.72	9.79	.71
IQG	.86	.73	1.00	.07
AN	176.88	105.92	275.30	41.91
IQN	.98	.83	1.08	.06
ICG35	1.02	.96	1.11	.04
ICQ	1.05	.97	1.17	.05

5.9. Mapas de valores da configuração espacial de apartamentos de quatro dormitórios

Definidos em função dos valores descritos nas tabelas (25) e (26) de modo similar a determinação dos mapas de valores propostos para as configurações espaciais de apartamentos de um dormitório. Os mapas de valores reproduzidos são apresentados nas figuras (36 a 39 e 41).

FIGURA (36) – Mapa das isoáreas

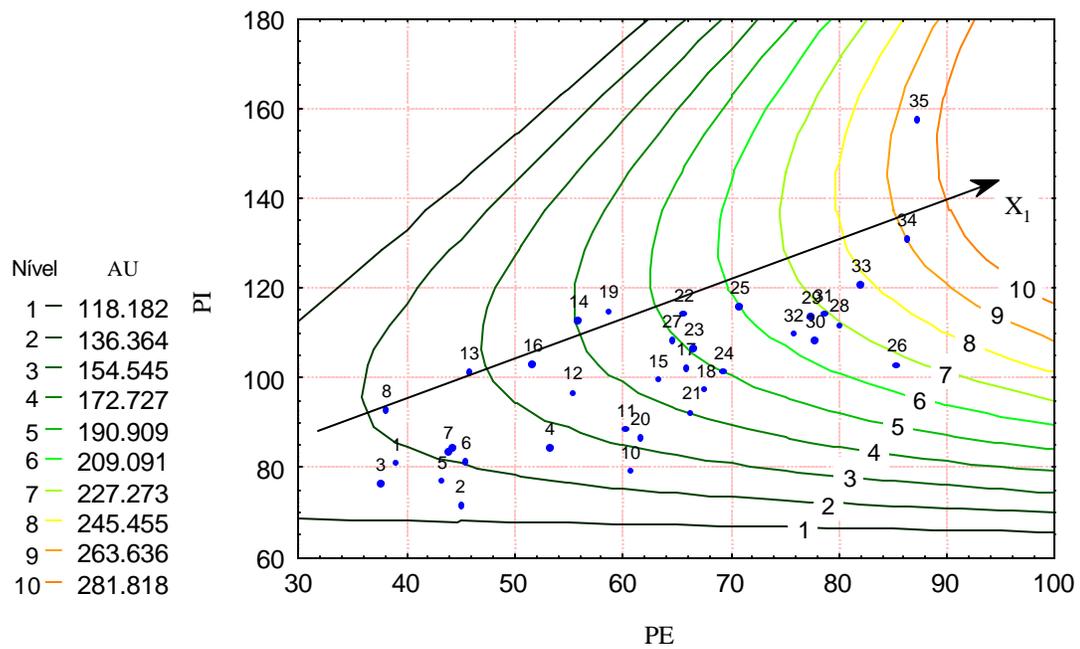


FIGURA (37) – Mapa dos índices de isoqualidade geométrica

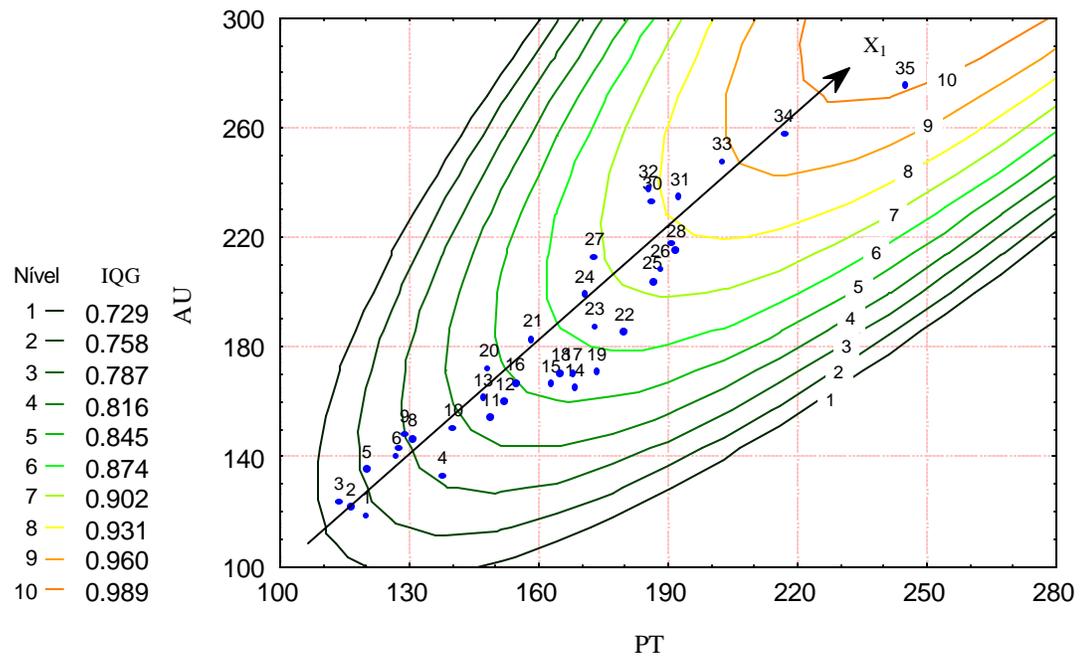


FIGURA (38) – Mapa dos índices de isoqualidade nominal

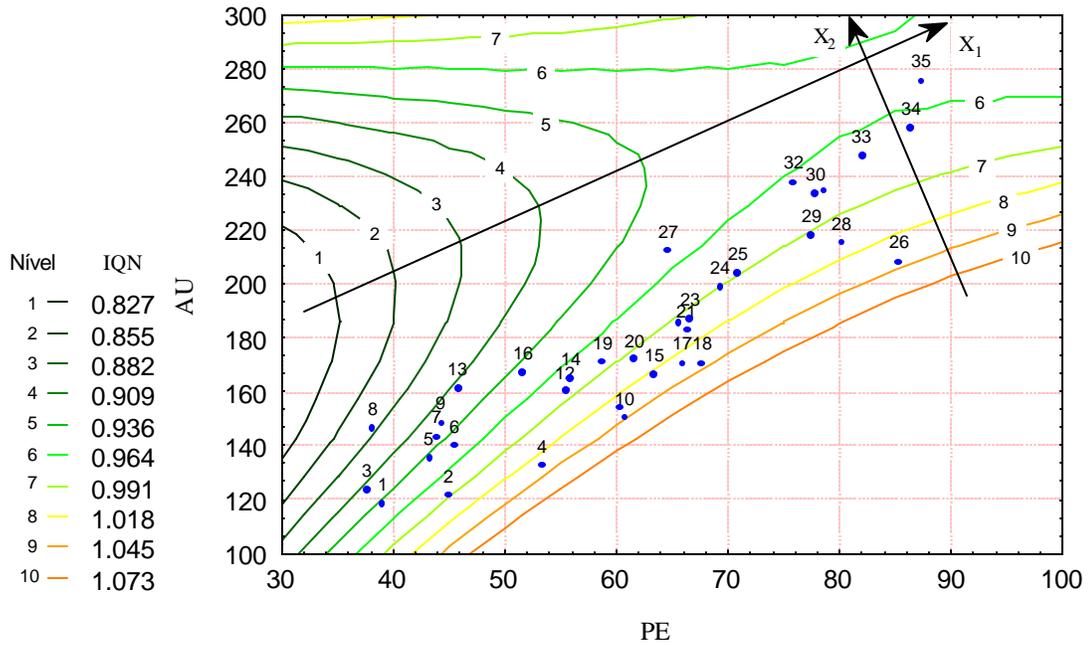
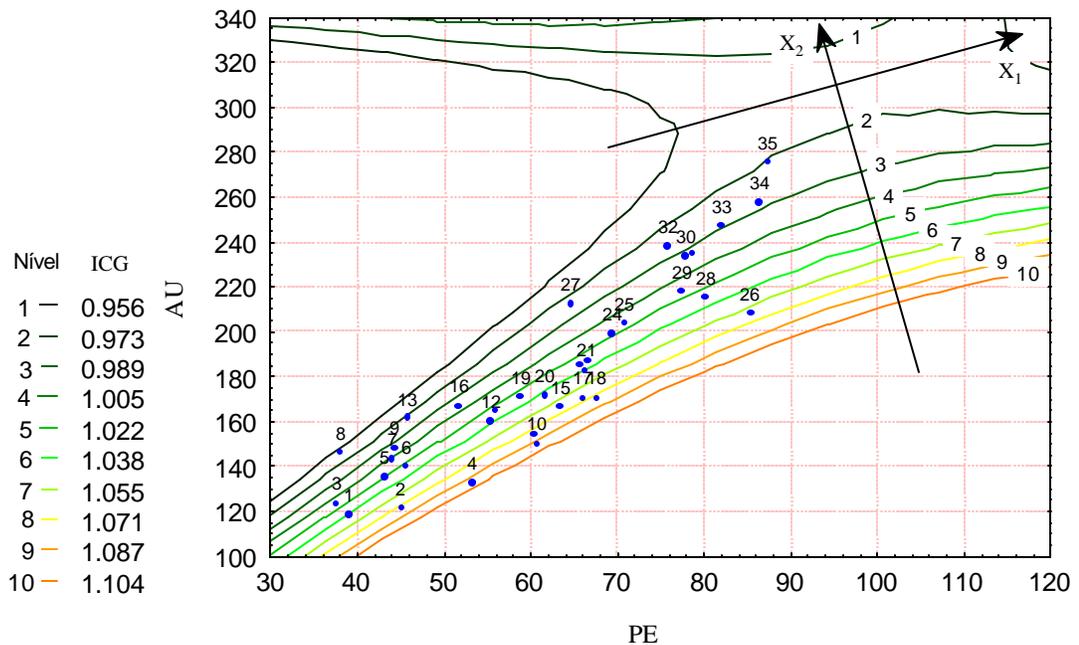


FIGURA (39) – Mapa dos índices de custo geométrico



A superfície de resposta do índice custo/qualidade é representada pela figura de uma sela, conforme mostrado na figura (40).

A maximização da solução está posicionada nas regiões da crista de descida do eixo X_1 e da calha do eixo X_2 , com a otimização obtida no sentido de sua descida.

FIGURA (40) – Superfície de resposta do índice de custo/qualidade

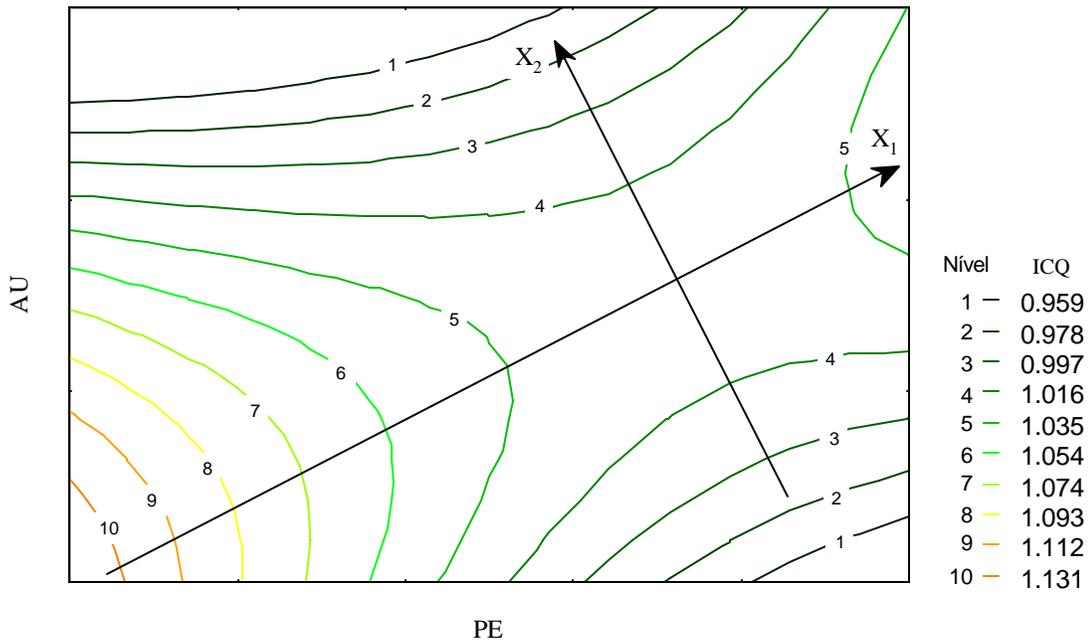
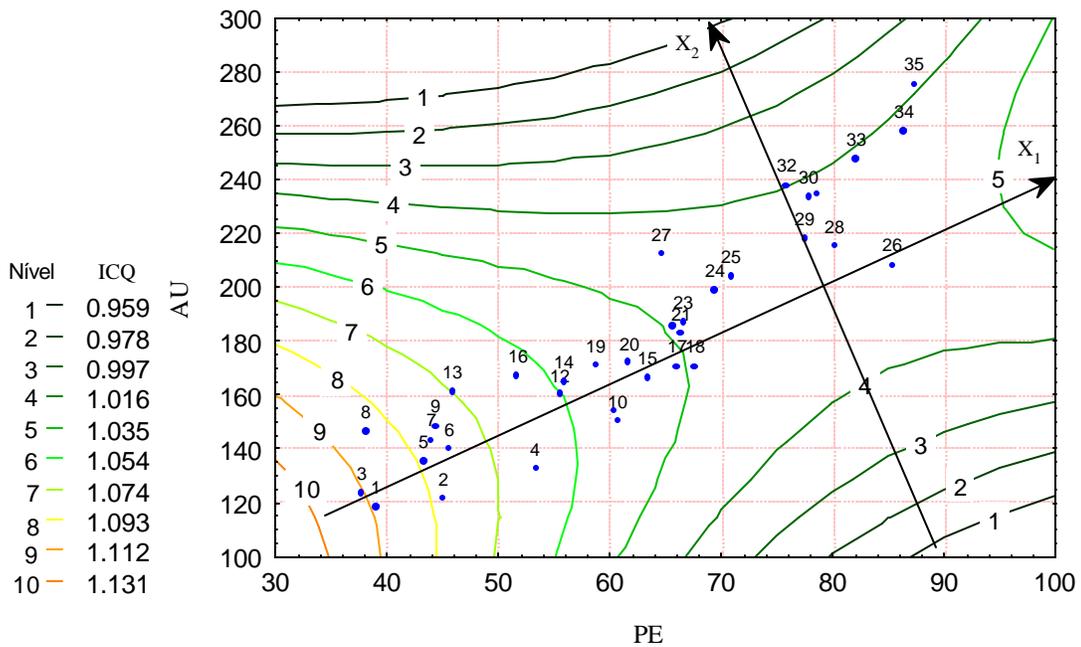


FIGURA (41) – Mapa dos índices de custo/qualidade



Legenda dos mapas de valores e superfície de resposta:

AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados;

PE = parede externa da área privativa do apartamento, em metros;

PI = parede interna da área privativa do apartamento, em metros;

PT = parede total da área privativa do apartamento, em metros;

IQG = índice de qualidade geométrica da configuração espacial;

IQN = índice de qualidade nominal do arranjo físico;

ICG = índice de custo geométrico do arranjo físico;

ICQ = índice de custo/qualidade do arranjo físico.

Não foram computados nos projetos avaliados na amostra total os ambientes externos (sacadas e terraços) por apresentarem uma espaciosidade muito diferenciada bem como um dimensionamento atrelado a questões de legislação específica (coeficiente máximo de aproveitamento), para cada localidade.

A análise do índice custo/qualidade indica a tendência de que um maior valor do índice de qualidade nominal induz a otimização da solução do projeto, representado por um menor valor do índice custo/qualidade.

As superfícies de valores aqui apresentadas reproduzem algumas das possibilidades de comportamento de uma variável dependente (resposta) em relação à variáveis independentes (observadas) delimitadoras de mecanismos de composição e qualificação de atributos determinantes da solução geométrica do arranjo físico de uma habitação.

Representam poderosas ferramentas de auxílio ao projetista na fase de análise, avaliação e otimização da configuração espacial de projetos de apartamentos.

6. A CASA DA QUALIDADE GEOMÉTRICA DA CONFIGURAÇÃO ESPACIAL DE UMA HABITAÇÃO

6.1. Introdução

A metodologia desenvolvida de determinação dos índices de qualidade geométrica e nominal e custo/qualidade da configuração espacial de um apartamento é definida em função da quantificação das perdas nominais expressas no produto habitação, decorrentes do grau de constituição das variáveis geométricas e atributos de qualificação do arranjo físico avaliado em relação a um determinado alvo estabelecido, o qual representa a qualidade requerida.

O modelo possibilita a análise e avaliação numérica de modo comparativo entre os diversos produtos representados pelos arranjos físicos. Os índices de qualificação definem o sentido da melhoria, ou seja, da qualidade e permitem estabelecer a sistemática de funcionamento do modelo.

No transcurso do trabalho foram contatados diversos arquitetos, engenheiros e construtores, aos quais foi apresentado o modelo, de maneira explicativa e por meio de exemplos, e solicitado um parecer a respeito de sua validade.

As respostas vieram sob a afirmação de que, na inexistência atual de índices de qualidade ou controle, bem como de um modelo de avaliação geométrica, esta proposta delimita um caminho na consecução de avaliar a qualidade geométrica da configuração espacial de um apartamento. Salientaram que somente com a aplicação sistemática do

modelo poderiam emitir um parecer a este respeito. Houve unanimidade quanto à importância e dificuldade na escolha do projeto ou valores alvo (representativos da qualidade requerida) principalmente no que se refere ao estabelecimento desta qualidade e verificação se esta condição exibe o mesmo juízo de valores por parte do cliente.

Uma metodologia que pode ser utilizada para solucionar esta questão é apresentada pelo QFD (desdobramento da função qualidade).

6.2. A casa da qualidade geométrica

A qualidade quando definida pela voz do cliente (receptor do resultado de um processo) identifica para Mallon & Mulligan (1993) os requerimentos que o produto deve possuir para ser considerado aceitável, assim como os atributos que o cliente necessita e deseja para o melhoramento do produto. Podem ocorrer sérios problemas em relação à utilização do produto quando não são alinhados adequadamente aos requerimentos do projeto com as necessidades do cliente. No contexto da indústria da construção a qualidade é freqüentemente uma condição abstrata a qual é influenciada por um grande número de fatores que tem sido sempre muito difíceis de medir ou quantificar. Uma ferramenta funcional que tem auxiliado o pessoal técnico (arquitetos e engenheiros) a compreender de maneira clara e precisa os requerimentos do cliente é representada pelo QFD (desdobramento da função qualidade). Os autores avaliam que mediante a análise das relações existentes entre as variáveis funcionais de um produto, é possível quantificar a qualidade e estabelecer prioridades para os requisitos. O QFD quando utilizado na fase inicial do projeto induz ao estabelecimento de um maior nível de precisão nas decisões e permite focar os pressupostos de projetos que definem a qualidade e respondem às necessidades e desejos do cliente, ou seja, especifica a qualidade requerida.

O desdobramento da função qualidade (QFD), representa para Brocka & Brocka (1995) uma ferramenta matricial de planejamento com capacidade de integrar os atributos dos clientes em características de projetos, os quais por sua vez se transformam em requisitos de produção.

Hauser & Clausing (1988) analisam o processo de conversão da voz do cliente até a produção em termos de quatro matrizes:

1. casa da qualidade;
2. desenvolvimento das partes;
3. planejamento do processo;
4. planejamento da produção.

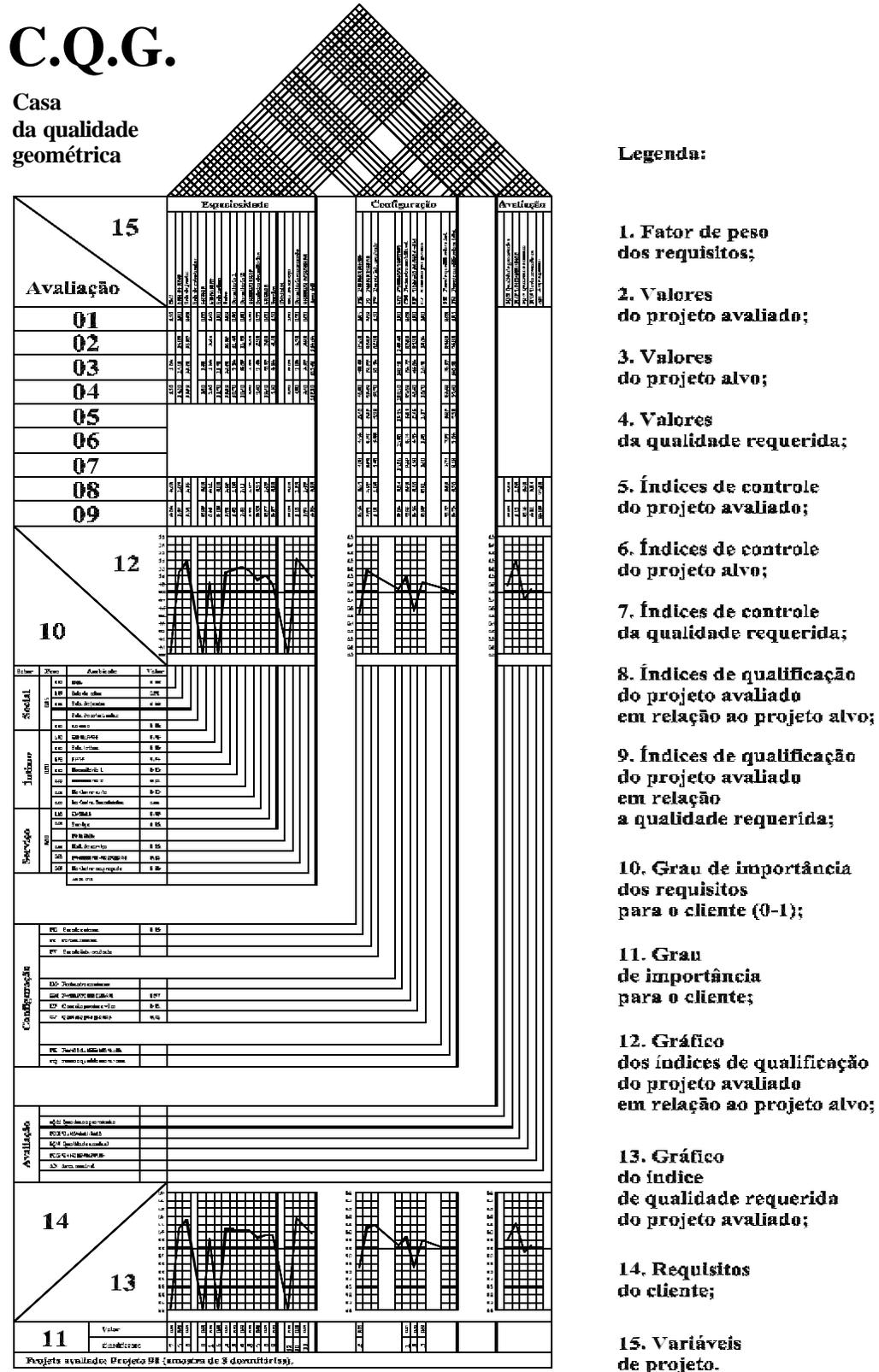
A primeira matriz denominada de casa da qualidade identifica e transforma os atributos que o cliente necessita e deseja em requisitos técnicos do produto.

A matriz aqui proposta, mostrada na figura (42), denominada de casa da qualidade geométrica é montada sobre a estrutura da casa da qualidade desenvolvida por Hauser & Clausing e adaptada para a avaliação da qualidade geométrica do arranjo físico de uma habitação.

A casa da qualidade geométrica apresenta algumas diferenças básicas em relação à casa da qualidade determinada pelo QFD, no que se refere a:

1. propor um fator de peso dos requisitos que juntamente com os valores alvo, permitem a determinação da qualidade requerida;
2. estabelecer índices de controle de variáveis geométricas e atributos de qualificação do produto;
3. delimitar a avaliação dos requisitos geométricos da configuração espacial por meio de uma função qualidade, desenvolvida especialmente para o produto habitação;
4. definir índices específicos de avaliação da qualidade e do custo da solução geométrica do arranjo físico de uma habitação;
5. especificar os atributos com problemas (qualidade), posicionados próximos ou abaixo da zona de baixa performance.

FIGURA (42) – Casa da qualidade geométrica



6.3. Montagem da casa da qualidade geométrica

A casa da qualidade geométrica apresentada na figura (42) é estruturada pelo seguinte encadeamento:

6.3.1. Determinação do fator de peso dos requisitos

O fator de peso dos requisitos do projeto é definido pela equação (71) utilizando-se a escala de avaliação do requisito exibido na figura (43), e demarcado para as variáveis de espaciosidade e configuração do projeto.

$$W_r = \frac{1}{E_q} \quad (71)$$

com:

W_r = fator de peso referente a cada requisito do produto;

E_q = avaliação do requisito em relação à qualidade requerida, por meio da escala de avaliação.

FIGURA (43) – Escala de avaliação do requisito

Qualidade extremamente baixa \bar{U}										Qualidade requerida B										Qualidade extremamente alta P									
0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0									

A proposta de determinação do fator de peso descreve o mecanismo reproduzido pelo exemplo descrito por um atributo exibindo a cozinha de um projeto com área igual a 9,4 metros quadrados.

A percepção pelo cliente é de que o tamanho da cozinha é aquém de suas expectativas, desejos ou necessidades (qualidade requerida), com um valor definido por ele, relativamente à escala de avaliação, igual a 0,9.

Implicando, portanto no valor do fator de peso indutor da qualidade requerida, delimitado pela equação (71):

$$W_r = \frac{1}{E_q} = \frac{1}{0.9} = 1.11$$

A determinação de W_r , segundo a equação (71) é válida para os casos em que o sentido da qualidade é o mesmo que o do aumento do atributo (maior área implica em uma melhoria do ambiente), em caso contrário (circulação por exemplo), o valor de W_r é definido pela equação (72):

$$W_r = E_q \tag{72}$$

com:

W_r = fator de peso referente a cada requisito do produto;

E_q = avaliação do requisito em relação à qualidade requerida, por meio da escala de avaliação.

6.3.2. Delimitação das variáveis geométricas e qualificadoras

As variáveis de espaciosidade e configuração (PP), expressos pelo projeto avaliado são compilados do arranjo físico, conforme sistemática apresentada na tabela (12).

6.3.3. Estabelecimento de valores alvo

Os valores alvo são estabelecidos pelas variáveis da espaciosidade e configuração do projeto alvo.

6.3.4. Especificação da qualidade requerida

A qualidade requerida (valores alvo para o cliente) deve, segundo Gopalakrishnan e outros (1992) e Teas (1993), ser determinada por um peso para cada requisito, de modo a indicar a conformidade dos requerimentos expressos pelo produto, com as necessidades e desejos do cliente, condição estabelecida pela multiplicação de cada requisito de espaciosidade e configuração do arranjo físico avaliado por um fator de peso definido pelo cliente, conforme expresso na equação (73):

$$QR = \sum_{i=1}^n W_r.R_i \quad (73)$$

com:

QR = qualidade requerida;

W_r = fator de peso referente a cada requisito do produto;

R_i = requisito do produto (variáveis da espaciosidade e configuração do projeto avaliado).

No exemplo apresentado no item 6.3.1, relativo à espaciosidade de uma cozinha, o valor que demarca a qualidade requerida definida pela equação (73) é igual a:

$$QR = W_r.R_i = 1,11 \times 9,4 = 10,4 \text{ m}^2$$

6.3.5. Delimitação dos índices de controle do projeto avaliado

Os índices de controle do projeto avaliado descritos pelos índices de configuração possibilitam uma avaliação comparativa dos valores apresentados, em relação aos valores alvo. São determinados para as variáveis geométricas e qualificadoras da configuração do projeto avaliado por meio da equação (18).

$$ICI = \frac{PP}{(AU)^{1/2}} \quad (18)$$

com:

ICI = índice de configuração de uma variável ou arranjo físico;

AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados;

PP = (CO, CM, CP, CJ, PE, PI, PV, PK ou PQ) = parede ou perímetro (variável geométrica ou qualificadora do projeto avaliado), em metros;

CO = somatória do perímetro total dos ambientes do arranjo físico, em metros;

CM = perímetro mobiliável, em metros;

CP = conexão por portas e vãos, representa a somatória da largura de portas e vãos, e abertura de portas, em metros;

CJ = conexão por janelas, representa a somatória da largura das janelas, em metros;

PE = parede externa da área privativa do apartamento, em metros;

PI = parede interna da área privativa do apartamento, em metros;

PV = parede interna incidente do apartamento, em metros;

PK = parede qualificadora interna, em metros;

PQ = parede qualificadora total do apartamento, em metros.

6.3.6. Estabelecimento dos índices de controle do projeto alvo

Os índices de controle do projeto alvo são calculados de maneira similar aos índices de controle do projeto avaliado e expressos pela equação (74).

$$ICI_{aa} = \frac{PP_{aa}}{(AA)^{1/2}} \quad (74)$$

com:

ICI_{aa} = índice de configuração da variável geométrica ou qualificadora do projeto alvo;

PPaa = (COaa, CMaa, CPaa, CJaa, PEaa, PIaa, PVaa, PKaa ou PQaa) =
parede ou perímetro (variável geométrica ou qualificadora do projeto
alvo), em metros;

AA = área útil do projeto alvo, em metros quadrados.

6.3.7. Definição dos índices de controle da qualidade requerida

Os índices da qualidade requerida são determinados de modo análogo
ao estabelecido para os índices de controle do projeto avaliado e demarcados
pela equação (75).

$$ICIar = \frac{PPar}{(AR)^{1/2}} \quad (75)$$

com:

ICIar = índice de configuração da variável geométrica ou qualificadora
do projeto ou valores da qualidade requerida;

PPar = (COar, CMar, CPar, CJar, PEar, PIar, PVar, PKar ou PQar) =
parede ou perímetro (variável geométrica ou qualificadora do
projeto ou valores representativos da qualidade requerida), em
metros;

AR = área representativa da qualidade requerida do arranjo físico, em
metros quadrados;

6.3.8. Determinação dos índices de qualificação do projeto avaliado em relação ao alvo

Os índices do projeto avaliado em relação ao projeto alvo são
expressos pelos seguintes índices de qualificação:

1. espaciosidade;
2. configuração;
3. avaliação.

6.3.8.1. Índices de qualidade espacial dos ambientes, estabelecidos pelas equações (27) e (76 a 78):

$$AU = AA.(IQS)^3 \quad (27)$$

e:

$$AU = Au \quad (76)$$

$$AA = Aa \quad (77)$$

implica em:

$$IQE = \left(\frac{Au}{Aa} \right)^{1/3} \quad (78)$$

com:

AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados;

AA = área útil do projeto alvo, em metros quadrados;

IQS = índice de qualidade espacial;

Au = área útil do ambiente, em metros quadrados;

Aa = área útil do ambiente alvo, em metros quadrados;

IQE = índice de qualidade espacial dos ambientes.

6.3.8.2. Índices de qualidade das variáveis da configuração definidos pelas variáveis (PP) apresentadas no item 6.3.5, e valores estabelecidos pela equação (79):

$$IQP = \frac{ICI}{IClaa} \quad (79)$$

com:

IQP = índice de qualidade de uma variável ou atributo da configuração do arranjo físico;

ICI = índice de configuração de uma variável ou arranjo físico;
ICI_{aa} = índice de configuração da variável geométrica ou qualificadora do projeto alvo;

6.3.8.3. Avaliação do projeto representada pelos índices:

1. qualidade geométrica;
2. qualidade nominal;
3. custo geométrico;
4. custo/qualidade.

6.3.8.3.1. Índice de qualidade geométrica determinado pelas equações (35 a 37):

$$IKA = IE + IKC \quad (35)$$

$$IKA_{aa} = IE_{aa} + IKC_{aa} \quad (36)$$

$$IQG = \frac{IKA}{IKA_{aa}} \quad (37)$$

6.3.8.3.2. Área nominal do arranjo físico demarcada pela equação (40):

$$AN = AA \cdot (IQG)^3 + \varepsilon \quad (40)$$

E o índice de qualidade nominal estabelecido pela equação (41):

$$IQN = \frac{AN}{AU} \quad (41)$$

6.3.8.3.3. Índice de custo geométrico definido conforme metodologia exposta no item 4.5 do capítulo 4

6.3.8.3.4. Índice de custo/qualidade determinado pela equação (63):

$$ICQ = \frac{ICG}{IQN} \quad (63)$$

6.3.9. Determinação dos índices de qualificação do projeto avaliado em relação à qualidade requerida

Os índices de qualificação do projeto avaliado em relação à qualidade requerida são estabelecidos de maneira análoga ao item 6.3.8 deste capítulo, com o alvo expresso pelos valores da qualidade requerida.

6.3.9.1. Índices de qualidade espacial dos ambientes computados pelas equações (27), (76), (80) e (81):

$$AU = AA.(IQS)^3 \quad (27)$$

$$AU = Au \quad (76)$$

e:

$$AA = Ar \quad (80)$$

implica que:

$$IQE_{ar} = \left(\frac{Au}{Ar} \right)^{1/3} \quad (81)$$

com:

AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados;

AA = área útil do projeto alvo, em metros quadrados;

IQS = índice de qualidade espacial;

Ar = área alvo da qualidade requerida dos ambientes, em metros quadrados;

Au = área útil do ambiente, em metros quadrados;

IQEar = índice de qualidade espacial do ambiente em relação a qualidade requerida;

O índice de qualidade espacial do projeto em relação à qualidade requerida é demarcado pelas equações (27), (82) e (83):

$$AU = AA.(IQS)^3 \quad (27)$$

$$AA = AR \quad (82)$$

$$IQSar = \left(\frac{AU}{AR} \right)^{1/3} \quad (83)$$

com:

AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados;

AA = área útil do projeto alvo, em metros quadrados;

IQS = índice de qualidade espacial;

IQSar = índice de qualidade espacial do arranjo físico ou valor representativo da qualidade requerida;

AR = área representativa da qualidade requerida do arranjo físico, em metros quadrados;

6.3.9.2. Índice de qualificação da configuração delimitados similarmente a sistemática apresentada no item 6.3.8.2 deste capítulo e descrito pela equação (84):

$$IQPar = \frac{ICI}{ICIar} \quad (84)$$

com:

IQPar = índice de qualidade de uma variável ou atributo da configuração do projeto avaliado, em relação à qualidade requerida;

ICI = índice de configuração de uma variável ou arranjo físico;

ICIar = índice de configuração da variável geométrica ou qualificadora do projeto ou valores da qualidade requerida.

6.3.9.3. Avaliação do projeto em relação à qualidade requerida, computados similarmente à sistemática desenvolvida no item 6.3.8.3, e reproduzida pelos índices:

1. qualidade geométrica;
2. qualidade nominal;
3. custo geométrico;
4. custo/qualidade.

6.3.9.4. Índice de qualidade geométrica do arranjo físico, em relação à qualidade requerida, expresso pelas equações (35), (85) e (86):

$$IKA = IE + IKC \quad (35)$$

e:

$$IKAar = IEar + IKCar \quad (85)$$

implica em:

$$IQGar = \frac{IKA}{IKAar} \quad (86)$$

com:

IKA = índice de qualificação do arranjo físico;

$IKAar$ = índice de qualificação do projeto ou valores da qualidade requerida;

$IQGar$ = índice de qualidade geométrica do arranjo físico em relação à qualidade requerida;

IE = índice de espaciosidade do arranjo físico;

$IEar$ = índice de espaciosidade do projeto ou valores da qualidade requerida;

IKC = índice de qualificação da configuração;

$IKCar$ = índice de qualificação da configuração do projeto ou valores da qualidade requerida.

6.3.9.5. Índice de qualidade nominal

A área nominal do arranjo físico é estabelecida pela equação (40), (82), (87) e (88):

$$AN = AA.(IQG)^3 + \varepsilon \quad (40)$$

$$AA = AR \quad (82)$$

e:

$$IQG = IQGar \quad (87)$$

implica em:

$$AV = (AU - LO) = AR.(IQGar)^3 + \varepsilon \quad (88)$$

com:

AN = área nominal do arranjo físico, em metros quadrados;

AA = área útil do projeto alvo, em metros quadrados;

IQG = índice de qualidade geométrica da configuração espacial;

AR = área representativa da qualidade requerida do arranjo físico, em metros quadrados;

IQGar = índice de qualidade geométrica requerida;

AV = área nominal do arranjo físico em relação à qualidade requerida;

AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados;

LO = perdas em relação à qualidade requerida, em metros quadrados;

ε = erro.

O índice de qualidade nominal é estabelecido pela equação (89):

$$IQNar = \frac{AV}{AU} \quad (89)$$

com:

IQNar = índice de qualidade nominal do arranjo físico em relação à qualidade requerida;

AV = área nominal do projeto avaliado em relação à qualidade requerida;

AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados;

6.3.9.6. Índice de custo definido no item 6.3.8.3.3 deste capítulo.

6.3.9.7. Índice de custo/qualidade requerida demarcado pela equação (90):

$$ICQ_{ar} = \frac{ICG}{IQN_{ar}} \quad (90)$$

com:

ICQ_{ar} = índice de custo geométrico da qualidade requerida do arranjo físico;

ICG = índice de custo geométrico do arranjo físico;

IQN_{ar} = índice de qualidade nominal do projeto avaliado em relação à qualidade requerida.

6.3.10. Estabelecimento de grau de importância dos requisitos do produto para o cliente

Um outro fator abordado por Gopalakrishnan e outros, é referente ao grau de importância dos requisitos do produto para o cliente, reproduzido nesta proposta pelo intervalo de pontuação de zero a um e expresso pela equação (91):

$$G_i = E_v \quad (91)$$

com:

G_i = grau de importância relativa dos atributos para o cliente;

E_v = valor relativo dos atributos para o cliente, definido pela escala de importância (0 a 1).

Em relação à variável geométrica área dos ambientes, existem dois fatores determinantes do grau de importância:

1. o setor da localização do ambiente (social, íntimo ou serviço) com o grau de importância descrito pela equação (92):

$$G_s = E_s \quad (92)$$

com:

G_s = grau de importância relativa do setor para o cliente;

E_s = valor relativo do setor para o cliente, definido pela escala de importância (0 a 1).

2. o grau de importância relativa do ambiente para o cliente, reproduzido pela equação (93):

$$G_a = E_a \quad (93)$$

com:

G_a = grau de importância relativa do ambiente para o cliente;

E_a = valor relativo do ambiente para o cliente, definido pela escala de importância (0 a 1).

O grau de importância relativa para o cliente, do ambiente em relação à configuração espacial do apartamento, é estabelecida pela média aritmética entre o valor relativo do setor e do ambiente, conforme mostrado pela equação (94):

$$G_e = \frac{E_s + E_a}{2} \quad (94)$$

com:

G_e = grau de importância relativa para o cliente do ambiente em relação ao arranjo físico do apartamento;

E_s = valor relativo do setor para o cliente, definido pela escala de importância (0 a 1);

E_a = valor relativo do ambiente para o cliente, definido pela escala de importância (0 a 1).

6.3.11. Classificação do grau de importância dos requisitos do produto para o cliente

O conhecimento do grau de importância dos requisitos determinantes da configuração espacial de uma habitação para o cliente, permite ao projetista precisar uma estratégia de prioridades no atendimento ou adequação do produto aos desejos e necessidades do cliente, segundo:

6.3.11.1. O valor delimitado pelo cliente para as áreas dos ambientes que compõe o arranjo físico e atributos geométricos ou qualificadores da configuração, segundo as equações (91) e (94), respectivamente:

$$G_i = E_v \quad (91)$$

$$G_e = \frac{E_s + E_a}{2} \quad (94)$$

6.3.11.2. Classificação estabelecida pelos valores descritos em (6.3.11.1), em ordem crescente.

6.3.12. Gráfico dos índices de qualificação do projeto avaliado

Os valores plotados no gráfico dos índices de qualificação do projeto avaliado em relação ao projeto alvo descrevem os índices determinados no

item (6.3.8) deste capítulo. A região inferior à linha demarcada pelo valor 0,79 representa para Teas (1993), a zona de baixa performance reproduzida pelo fator crítico de 50 pontos, computados em uma escala de 100 pontos. Transpondo esta consideração para o arranjo físico de uma habitação, significa que se a espaciosidade de 100 metros quadrados representa um índice de qualidade igual a um, deseja-se saber qual o valor do índice de qualidade espacial para o valor considerado crítico, ou seja, 50 metros quadrados. O valor crítico do índice de espaciosidade é definido pela equação (27):

$$AU = AA.(IQS)^3 \quad (27)$$

$$50 = 100.(IQS)^3$$

$$IQS = \left(\frac{50}{100} \right)^{1/3}$$

$$IQS = 0,79$$

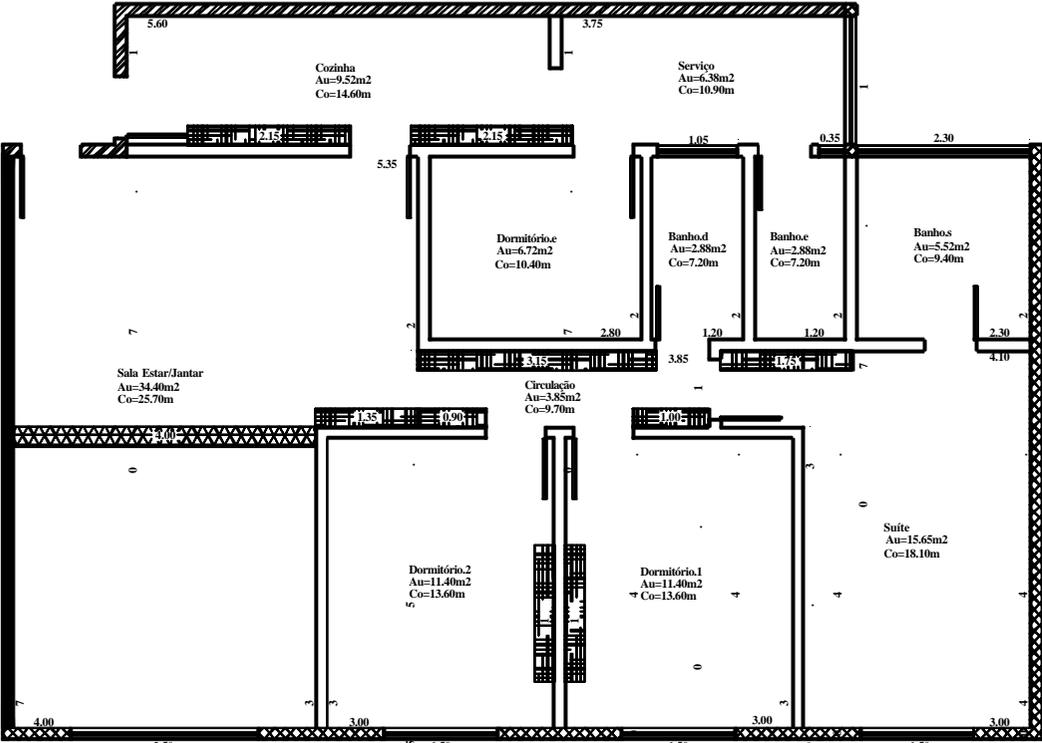
Este valor é válido para as variáveis e atributos relacionados à espaciosidade e configuração.

6.3.13. Gráfico dos índices de qualidade requerida

O gráfico dos índices de qualidade requerida e custo do projeto avaliado é reproduzido pelos índices estabelecidos no item 6.3.9 deste capítulo.

Exemplo da montagem da casa da qualidade geométrica da configuração espacial de um apartamento é estabelecido pelo projeto 90 da amostra representativa de apartamentos de três dormitórios (tabela 21), exibido na figura (44), e o alvo adotado descrito pelo projeto 92 desta amostra. Os valores das variáveis geométricas e qualificadoras são demarcados conforme ordenamento apresentado na tabela (28).

FIGURA (44) – Representação gráfica do projeto 90



Legenda:

- PE parede externa
- PH parede meia
- PO parede condomínio
- PD parede divisória
- CN perímetro não mobiliável
- CA perímetro ampliado

TABELA (28) – Caracterização geométrica e atributos de qualificação do arranjo físico referente ao projeto 90

Apartamento Projeto 090		Atributo Ambiente	Largura	Comprim.	Área útil (Au)	Perímetro contorno (Co)	Perímetro mobiliável (Cm)	Conexão por portas e vãos (Cp)	Conexão por janelas (Cj)	Perímetro ampliado (Ca)	Perím. não mobiliável (Cn)	Perímetro reduzido (Cr)	Perímetro qualificador interno (Ck)	
Setor	Social	hall												
		sala de estar/jantar			34,40	25,70	17,65	4,20	2,50	4,00	1,35	0,00	28,35	
		wc/lavabo												
		soma			34,40	25,70	17,65	4,20	2,50	4,00	1,35	0,00	28,35	
	Íntimo	circulação	1,00	3,85	3,85	9,70	0,55	4,10	0,00	0,00	5,05	0,00	4,65	
		suite			15,65	18,10	12,15	2,30	1,50	0,00	1,75	0,40	15,95	
		dorm.1	3,00	3,80	11,40	13,60	8,70	1,60	1,50	0,00	1,80	0,00	11,80	
		dorm.2	3,00	3,80	11,40	13,60	8,70	1,60	1,50	0,00	1,80	0,00	11,80	
		banho.s	2,30	2,40	5,52	9,40	5,70	1,40	2,30	0,00	0,00	0,00	9,40	
		banho.d	1,20	2,40	2,88	7,20	4,75	1,40	1,05	0,00	0,00	0,00	7,20	
	soma			50,70	71,60	40,55	12,40	7,85	0,00	10,40	0,40	60,80		
	Serviços	cozinha	1,70	5,60	9,52	14,60	6,90	3,40	0,00	0,00	4,30	0,00	10,30	
		serviço	1,70	3,75	6,38	10,90	6,70	2,50	1,70	0,00	0,00	0,00	10,90	
		dorm.e	2,80	2,40	6,72	10,40	8,80	1,60	0,00	0,00	0,00	0,00	10,40	
		banho.e	1,20	2,40	2,88	7,20	5,45	1,40	0,35	0,00	0,00	0,00	7,20	
	soma			25,50	43,10	27,85	8,90	2,05	0,00	4,30	0,00	38,80		
	Total					110,60	140,40	86,05	25,50	12,40	4,00	16,05	0,40	127,95
	Variável					Área (AU)	Perímetro (CO)	Perímetro mobiliável (CM)	Conexão por portas e vãos (CP)	Conexão por janelas (CJ)	Perímetro ampliado (CA)	Perím. não mobiliável (CN)	Perímetro reduzido (CR)	Perímetro qualificador interno (CK)
	CE					Perímetro externo	25,65							
CL					Perímetro delimitante		21,45							
CC					Perímetro contorno (CC=CE+CL)			47,10						
CK					Perímetro qualificador interno (CK=CM+CP+CJ+CA)				127,95					
CQ					Perímetro qualificador total (CQ=CE+CK)					153,60				
PE					Parede externa	25,50								
PD					Parede divisória		45,80							
PH					Parede meia			7,80						
PO					Parede condomínio			13,20						
PL					Parede delimitante (PL=PH+PO)				21,00					
PI					Parede interna (PI=PD+PL)					66,80				
PV					Parede interna incidente (PV=PD+PH/2+PO)						62,90			
PT					Parede total (PT=PE+PD+PL)							92,30		
PQ					Parede qualificadora total (PQ=CQ/2)								76,80	

6.4. Exemplo de montagem de uma casa da qualidade geométrica

A metodologia utilizada para a montagem da casa da qualidade é apresentada no item 6.3 deste capítulo. A matriz de avaliação do projeto 90 em relação ao projeto 92 (tabela 21), adotado como alvo, é demarcada pela figura (45). Os fatores de peso dos requisitos e o grau de importância dos requisitos para o cliente foram adotados, para fins de exemplificação. A análise do projeto 90, exibida pela casa da qualidade geométrica estabelece:

1. o projeto avaliado apresenta a variável de espaciosidade do arranjo físico com um valor similar a do projeto alvo adotado (descrito na tabela 21), exibe contudo índices de qualificação muito abaixo dos índices expressos pelo projeto alvo, mostrados na tabela (22). A interpretação para esta questão é estabelecida pela casa da qualidade geométrica, com a explicitação de:
 - 1.1. inexistência dos ambientes hall, lavabo, sala íntima e hall de serviço;
 - 1.2. exteriorização representada pelo índice de qualificação das paredes externas abaixo do valor crítico (0,79), significando um alto nível de confinamento dos ambientes;
 - 1.3. índice de conexão por portas e vãos muito abaixo do valor estabelecido para o projeto alvo e qualidade requerida.

Como resultado da falta de ambientes e conseqüentemente de conexões por portas e vãos, aliado à deficiência na quantidade de paredes externas, sucede que o índice de qualificação da parede qualificadora total, se encontra abaixo do valor crítico, determinando um elevado nível de perdas, captadas pelo valor da área nominal e índice de qualidade nominal.

2. o índice custo/qualidade indica um baixo nível de otimização do projeto, exibido pelo seu alto valor. Constatação confirmada pelos valores apresentados na tabela (22) em relação à classificação do projeto na amostra, segundo este índice.

A casa da qualidade geométrica reproduz portanto uma ferramenta com capacidade de estabelecer a qualidade requerida pelo cliente para as variáveis e atributos da qualidade geométrica do arranjo físico de uma habitação, e por meio destas:

- 2.1. avaliar a configuração espacial;
- 2.2. determinar divergências entre as exigências do cliente e as características do produto;
- 2.3. promover as alterações necessárias para a consecução de um produto que reproduza a qualidade requerida pelo cliente.

A casa da qualidade geométrica desempenha dois papéis básicos no processo de determinação da qualidade requerida pelo cliente:

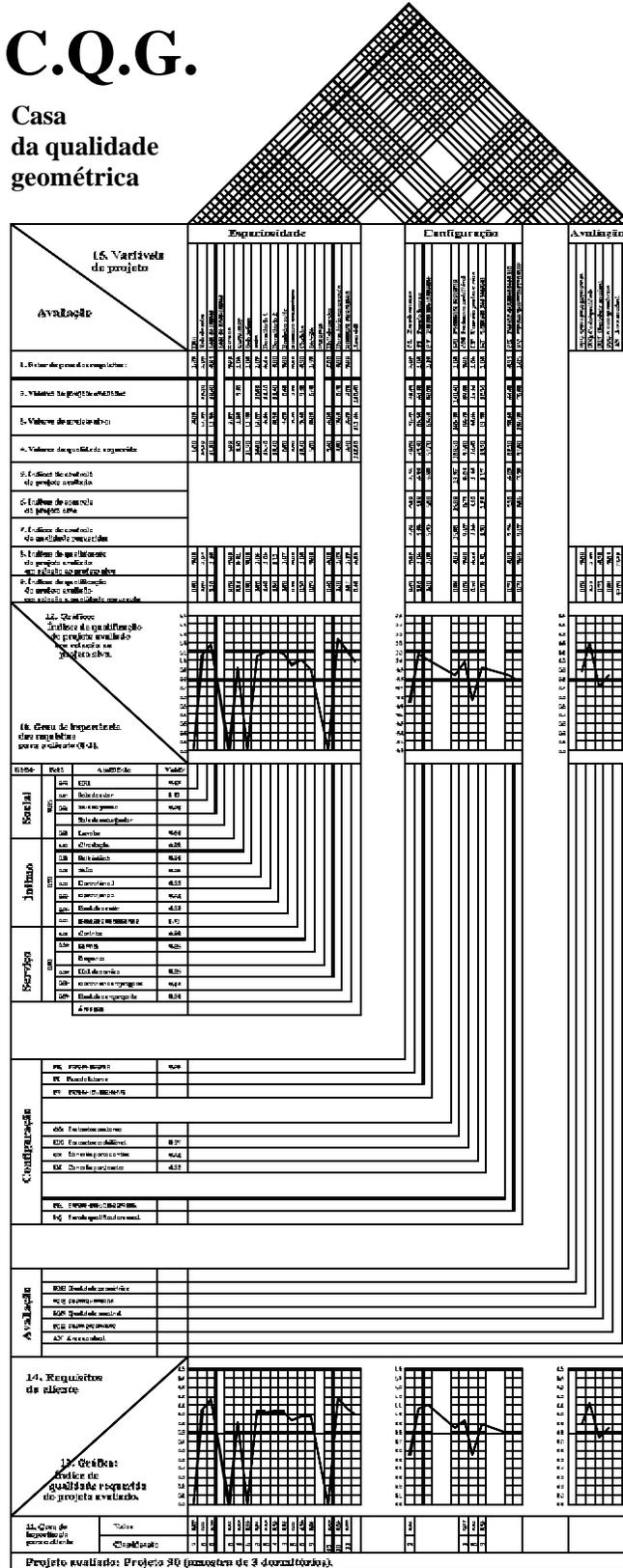
1. demarcar o programa de necessidades do cliente, o qual é posteriormente convertido nas variáveis de projeto delimitadoras da solução geométrica do arranjo físico (condição não contemplada neste trabalho, pois parte-se da premissa de existência anterior deste programa);
2. a partir de uma solução desenvolvida pelo projetista, ou de outra solução existente (por exemplo: um projeto que descreve de modo aproximado as condições, número de ambientes e dimensionamento, representativos das necessidades e desejos do cliente), permite ao projetista precisar e quantificar as variáveis de projeto definidoras da qualidade requerida pelo cliente

Desempenha portanto uma importante contribuição na solução de conflitos entre as exigências do cliente e as variáveis de projeto, funcionando assim como um indutor da qualidade de projeto.

FIGURA (45) – Casa da qualidade geométrica

C.Q.G.

Casa da qualidade geométrica



7. CONCLUSÃO E SUGESTÕES

7.1. Conclusão

O modelo representa um primeiro passo no sentido de gerar variáveis e índices qualificadores e de controle da solução geométrica do arranjo físico de uma habitação.

Os valores determinados pela metodologia proposta apresentam uma convergência com a realidade física, ou seja, um baixo valor do índice de qualidade geométrica computado pelo modelo, em relação ao projeto alvo (qualidade requerida), equivale a condicionantes geométricas determinantes de perdas na utilização do produto habitação (confinamento, paredes não mobiliáveis, falta de ambientes, conexões insuficientes, entre outros).

A metodologia reproduz segundo os princípios de gerenciamento e planejamento para a qualidade, postulados por Deming (1990), um mecanismo de aperfeiçoamento do sistema de produção de uma habitação (melhoria e inovação) e conseqüentemente de melhoria da qualidade.

A aplicabilidade da metodologia está relacionada à análise e otimização de arranjos físicos de projetos de apartamentos, sob o ponto de vista de sua composição geométrica.

A operacionalização do modelo é processada diretamente pelo projetista de arquitetura, com a utilização do modelo e ferramentas propostas, e, aplicada a arranjos físicos de apartamentos com configuração de um a quatro dormitórios.

O público alvo é constituído preferencialmente pelos projetistas de arquitetura, com o enfoque na análise, avaliação e otimização de soluções de projeto, indiretamente pelo cliente, como uma possibilidade de atender aos seus desejos e necessidades, e ao empreendedor no que diz respeito à avaliação estratégica do produto a ser oferecido ao mercado.

A metodologia de determinação de índices de qualidade geométrica e nominal, de custo e custo/qualidade da configuração espacial de uma habitação, em conjunto com as ferramentas reproduzidas pelos mapas de valores e a casa da qualidade geométrica, representam um avanço no campo tecnológico e científico, e principalmente no conhecimento dos mecanismos de qualificação geométrica do produto habitação. Delineam a abertura de uma fronteira onde inexistem atualmente metodologia ou ferramentas capazes de avaliar o arranjo físico de um apartamento sob o enfoque da qualidade de sua configuração espacial.

Os principais pontos que merecem destaque na proposta apresentada neste trabalho dizem respeito a:

1. determinação de modelos matemáticos de definição dos índices de qualidade, custo e custo/qualidade;
2. demarcação de índices de controle das variáveis geométricas e de qualificação da configuração espacial, estabelecendo níveis de aceitação das condições expostas pelo projeto;
3. quantificação do nível de perdas induzidas no produto habitação, devido a deficiências de variáveis geométricas ou qualificadoras da configuração espacial (poucas paredes externas implicando em um alto nível de confinamento dos ambientes, por exemplo);
4. definição do custo da solução geométrica da configuração espacial por meio de um índice de custo reproduzido por constantes do custo e pelas variáveis geométricas área útil, parede externa e interna incidente;
5. delimitação de um algoritmo de avaliação do custo/benefício da solução de projeto, descrito pelo índice custo/qualidade;
6. especificação de um objetivo para a qualidade, reproduzido pelo valor alvo, sinalizando a direção da melhoria (qualidade), com a definição de um valor a ser comparado, alcançado ou superado;
7. demarcação de uma escala de avaliação do requisito, a qual possibilita estabelecer a qualidade requerida;

8. delimitação de uma zona crítica de conformidade das variáveis, demarcada pelo valor crítico igual a 0,79, relativo à escala dos índices de qualificação;
9. descreve a qualidade requerida pelo cliente, determinando uma sistemática de integração dos desejos e necessidades do cliente em requisitos técnicos de projeto, os quais serão convertidos em características do produto.
10. capacidade de analisar as alternativas de solução geométrica do arranjo físico graficamente, por meio dos mapas de valores;
11. avaliação gráfica do projeto pelos índices de qualificação das variáveis geométricas e atributos de qualificação, por meio da casa da qualidade geométrica;

A metodologia estabelecida em conjunto com as ferramentas propostas definem um sistema de análise, avaliação e otimização geométrica do arranjo físico de uma habitação, que precisam a qualidade requerida.

Os mapas de valores representam para o projetista uma ferramenta de grande alcance na fase preliminar de definição da configuração espacial de um apartamento ou de avaliação de um projeto, por possibilitarem a análise de alternativas de solução, representadas pelas variáveis resposta (dependentes) em função da composição obtida pelas variáveis observadas (independentes).

A casa da qualidade geométrica representa um forte elo de ligação entre os principais envolvidos na cadeia produtiva de uma habitação (projetista, empreendedor e cliente), particularmente sob a ótica do cliente. Reproduz para o projetista uma potente e primordial ferramenta de conversão dos desejos, necessidades e expectativas do cliente em requisitos do produto, os quais são determinantes da qualidade requerida.

Outras áreas promissoras para a aplicação da metodologia proposta referem-se a:

1. indexação e classificação de configurações espaciais de habitações;

2. análise de soluções de arranjo físicos de habitações geradas via computador;
3. sistema de indicadores da qualidade de projeto;
4. informação de estratégia empresarial para a tomada de decisões.

Em relação a estas aplicações a presente proposta representa uma poderosa ferramenta para a consecução dos objetivos.

7.2. Sugestões

A qualidade geométrica do arranjo físico representa uma das componentes da qualidade de projeto, e, conseqüentemente do produto habitação. A ampliação das características avaliadas, em relação a: distribuição espacial, conforto (térmico, acústico, lumínico e visual), e flexibilidade, implica em um melhor conhecimento e atendimento às necessidades e desejos do cliente, e induz no produto um maior nível de qualidade habitacional. Estabelecendo, portanto, um assunto a ser aprofundado.

Outras sugestões são no sentido de:

1. desenvolver novas variáveis qualificadoras do arranjo físico;
2. explorar novos indicadores da qualidade geométrica a partir das variáveis qualificadoras desenvolvidas;
3. aprofundar as técnicas da análise com a utilização de estatística multivariada e superfícies de resposta, entre outras;
4. relacionar o índice de qualidade a índices geométricos do projeto (índices de forma e exteriorização), como forma de correlacionar a qualidade a padrões geométricos de solução do projeto.
5. confrontar o índice de custo a índices geométricos do projeto (índice de forma e exteriorização), com o intuito de verificar a interferência destes índices no custo da solução.

6. determinar as tipologias representantes dos níveis de qualidade e custo;
7. estabelecer uma sistemática para a geração de um banco de dados de projetos.

Para a aplicação da metodologia e ferramentas propostas, na prática, é necessário se conhecer as constantes de custo em função de suas variáveis determinantes, tais como: sistema construtivo, angulosidade, sistema divisório, padrão de acabamento, índice de compacidade e altura do edifício, entre outras. A explicitação desta condição permite ao projetista a demarcação do índice de custo da solução do projeto de modo rápido e preciso a partir de um número mínimo de variáveis geométricas disponíveis em qualquer fase do projeto e determina outra área a ser pesquisada.

Estas sugestões representam algumas das potencialidades de utilização e melhoramento da metodologia e ferramentas desenvolvidas nesta área emergente, e com grande tendência de ampliação no futuro.

8. BIBLIOGRAFIA

8.1. Referências bibliográficas

AICCONP - ASSOCIAÇÃO DOS INDUSTRIAIS DA CONSTRUÇÃO E OBRAS PÚBLICAS DO NORTE. Acções para a elaboração de um método para apreciação da qualidade de projectos de edificios de habitação. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO, 1., 1986. **Anais...** Lisboa : LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1986. p. 2/217 - 2/222.

AKIN, Ömar. Architects reasoning with structures and functions. **Environment and Planning B, Planning and Design**. V.20, p. 273-294, 1993.

AKIN, Ömar; DAVE, B.; PITHAVADIAN, S. Heuristic generation of layouts (HeGel) : based on a paradigm for problem structuring. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 19, p. 33-59, 1992.

AKIN, Ömar; SEN, R. Navigation within a structured search space in layout problems. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 23, p. 421-442, 1996.

ALMEIDA, Henrique Silveira de; TOLEDO, José Carlos de. Método Taguchi: qualidade voltada para o projeto do produto e do processo. **Revista de Administração**, São Paulo, v. 24, n. 4, p.62-68, 1989.

AMOR, R. e outros. Integration design tools for total building evaluation. **Building and Environment**, v. 28, n. 4, p. 475-482, 1993.

- ARCHER, Bruce L. La estructura del proceso del diseño. In : BROADBENT, G. et al. (Eds.) **Metodologia del diseño arquitectonico**. Barcelona : Editorial Gustavo Gili, 1971. p.153-221.
- ARGE, Kirsten. Architectural quality. **Building Research and Information**, v. 23, n.4, p.234-236, 1995.
- BACCARINI, David. The concept of project complexity a review. **International Journal of Project Management**, v. 14, n. 4,p. 201-204, 1996.
- BALACHANDRAN, M.; GERO, J.S. Dimensioning of architectural floor plan under conflicting objectives. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 14, p. 29-37, 1987.
- BARRIE, D. S.; PAULSON, B. C. **Professional construction management**. 2nd ed. New York : McGraw Hill, 1984. 524 p.
- BATTY, M. From Environment and Planning B to Planning and Design: traditions, transitions, translations, transformations. **Environment and Planning B : Planning and Design** , Anniversary Issue, p. 1-9, 1998.
- BEZELGA, Artur Adriano Alves. **Edifícios de habitação. Caracterização e estimação técnico-económica**. Lisboa : Universidade Técnica de Lisboa. Imprensa Nacional : Casa da Moeda, 1984. 998p.
- BEZELGA, Artur e outros. Promoção da qualidade num concurso concepção-construção de habitação social - critérios de avaliação das propostas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO,1.,1986. **Anais...** Lisboa : LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1986. p. 2/135-2/179.
- BOX, George E. P. e outros. **Statistics for experiments. An introduction to design, data analysis and model building**. New York: John Wiley & Sons, 1978. 653 p.

BRANDON, Peter S. Cost versus quality : a zero sum game? **Construction Management and Economics**, v. 2, p. 111-126, 1984.

BROCKA, B.; BROCKA, M.S. **Gerenciamento da qualidade**. São Paulo: Makron Books do Brasil, 1995. 427p.

BROWN, F.E.; STEADMAN, J.P. (1) The morphology of British housing: an empirical basis for policy and research. Part 1: Functional and dimensional characteristics. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v.18, p. 277-299, 1991.

_____. (2). The morphology of British housing : an empirical basis for policy and research. Part 2: Topological characteristics. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 18, p. 385-415, 1991.

CABRITA, A.M. Reis. Definição da qualidade da habitação de forma acessível a seu adquirente. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE A QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO, 2., 1990. **Anais...** Lisboa : LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1990. p. A 145-156.

_____. **O homem e a casa. Definição individual e social da qualidade da habitação**. Lisboa : Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1995. 181 p.

CHAN, C.S. Exploring individual style in design. **Environment and Planning B: Planning and Design** , v.19, p.503-523, 1992.

CHIOU, S.C.; KRISHNAMURTI, R. Unraveling feng shui. **Environment and Planning B : Planning and Design**, v.24, p. 549-572, 1997.

COELHO, António Júlio Marques Baptista. **Análise e avaliação da qualidade arquitectónica residencial**. v. II. **Rumos e factores de análise da qualidade arquitectónica residencial** . Porto : Universidade do Porto,1994. 526p Tese (Doutorado) - Universidade do Porto,1994.

CONSIGLIERI, Victor. **A morfologia da arquitectura.** Lisboa : Stampa ,1995. 2v.

COSTA, Jorge Moreira da. **Métodos de avaliação da qualidade de projectos de edifícios de habitação.** Porto : Universidade do Porto. Faculdade de Engenharia, 1995. 338p. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Porto, 1995.

COSTA, Manuel J.R. Couceiro. **A geometria no ensino da Arquitectura.** Lisboa : Universidade Técnica de Lisboa. Faculdade de Arquitectura, 1993. 182p. Tese (Doutorado) – Universidade Técnica de Lisboa, 1993.

CRAZE, Richard. **Feng Shui. A arte milenar chinesa da organização do espaço.** Rio de Janeiro : Editora Campus, 1998. 117p.

DEILMANN, Hárold; KIRSCHENMANN, Jorg. C.; PFEIFFER, Herbert. **El Hábitat.** Barcelona : Editorial Gustavo Gili, 1973. 176p.

DEMING, W Eduards. **Qualidade: a revolução da administração.** Rio de Janeiro: Marques Saraiva, 1990. 367 p.

DEMIRKAN, Halime; PULTAR, Mustafa; ÖZGÜÇ, Bülent. A knowledge - based space planning system. **Architectural Science Review** , v.35, p.3-7, 1992.

DREGER, Garvin T. Design - build procurement : strategies for success. In: ORGANIZATION AND MANAGEMENT OF CONSTRUCTION, INTERNATIONAL SYMPOSIUM, 7.,1993. CIB W 65,Trinidad,W.I.,sept.1993. **Anais...** Trinidad,1993. p 749–756.

EKAMBI-SCHMIDT, Jézabelle. **La percepción del habitat.** Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 1974. 166 p.

- ELDIN, Neil N. Management of engineering design phase. **Journal of Construction Engineering and Management**, v.117, n.1, p. 163-175,1991.
- ENCOL. **Arquitetura empresarial**. Brasília : Dipro - Diretoria de Produto, 1990. 61p.
- ENCONTRO NACIONAL SOBRE QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO, 1.,1986. **Anais...** Lisboa : LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1986.
- ENCONTRO NACIONAL SOBRE QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO, 2.,1990. **Anais...** Lisboa : LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1990.
- FEIGENBAUM, A.V. **Control total de la calidad**. Mexico : Editorial Continental, 1967. 730p.
- _____. **Controle da qualidade total**. São Paulo : McGraw Hill, 1994. 281p.
- FENVES, S.J. e outros. Integrated software environment for building design and construction. **Computer-Aided Design**, v.22, n.1, p.27-36, 1990.
- FLEMMING, U. Living with walls. **Environment and Planning B : Planning and Design**, Anniversary Issue, p. 76-85, 1998.
- FLORESTA, Cleide. Zen toma conta da arquitetura. **Folha de São Paulo**, São Paulo, cad 6, p.11, 26 out. 1997.
- FORD, S. e outros. The object oriented modelling of building design concepts. **Building and Environment**, v. 29, n. 4, p. 411-419, 1994.
- GALE, Bradley T; BUZZELL, Robert D. Market perceived quality. Key strategic concept. **Planning Review**, v.48, p. 6-15, 1989.

- GEOFFREY, H. Baker. **Análisis de la forma**. Barcelona : Editorial Gustavo Gili, 1991. 238p.
- GERO, J.S.; D'CRUZ, N.; RADFORD, A.D. Energy in context: a multicriteria model for building design. **Building and Environment**, v. 18, n. 3, p. 99-107, 1983.
- GITLOW, Howard S. **Planejando a qualidade, a produtividade e a competitividade**. Rio de Janeiro: Qualitymark. Ed., 1993. 190p.
- GLAVAN, John R.; TUCKER, Richard L. Forecasting design - Related problems, a case study. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 117, p. 47-65, 1991.
- GOMES, Antonio José Amaral. A qualidade na construção na ótica do utilizador. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO, 2.,1990. **Anais...** Lisboa : LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1990. p. B.31-42.
- GOPALAKRISHNAN, K. N. e outros. Implementing internal quality improvement with the house of quality. **Quality Progress**, sept.1992, p.57-60.
- GUERRA, G. Un método geométrico del diseño sistemático en la arquitectura. In: BROADBENT, G... et al. (Eds). **Metodologia del diseño arquitectónico**. Barcelona : Editorial Gustavo Gili, 1971. p. 87-105.
- HAUSER, J.R.; CLAUSING, D. The house of quality. **Harvard Business Review**, p. 63-73, May/june 1988.
- HEATH, Tom. **Method in architecture**. Chichester : John Wiley & Sons, 1984. p. 121-181.

_____. Secretec harmonies: modelling the interface of architectural science and design. **Architectural Science Review**, v. 34, p. 43-48, 1991.

_____. An heuristic architectural planning. **Architectural Science Review**, v. 35, p. 115-123, 1992.

HEIMSTRA, Norman W.; McFARLING, Leslie H. **Psicologia ambiental**. São Paulo : Edusp, 1978. 218p.

HEINECK, Luiz Fernando Mählmann ; OLIVEIRA, Mírian. Lei de formação para as dimensões de dormitórios, salas, cozinhas e banheiros em edificações habitacionais. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DA PRODUÇÃO, João Pessoa. UFPb. 14º, 1994. p.848-852.

HILLIER, B. A note on the intuiting of form: three issues in the theory of design. **Environment and Planning B : Planning and Design**, Anniversary Issue, p. 37-40, 1998.

IVANQUI, Ivan Ludgero. **Um modelo para a solução do problema de arranjo físico de instalações interligadas por corredores**. Florianópolis : UFSC, 1997. 131 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) . Universidade Federal de Santa Catarina, 1997.

JENNIGS, I.C.; KENLEY, R. Integrating complexity. In:LANGFORD, D.A., RETIK,A. (Eds.). **The Organization and Management of Construction: shaping theory and practice**. London : E&FN Span, 1996. v.2, p. 339-351.

JO, Jun H; GERO, John S. A genetic search approach to space layout planning. **Architectural Science Review**, v. 38, p. 37-46, 1995.

KACKAR, Raghu N. Taguchi's quality philosophy: analysis and commentary. **Quality Progress**, p. 21-29, dec. 1986.

KAPUR, Kailash C.; CHO, Byung-Rae. Economic design of the specification region for multiple quality characteristics. **I I E Transactions**, v. 28, p. 237-248, 1996.

KIRKPATRICK, E.G. **Quality control for managers and engineers**. New York: John Wiley, 1970. 422p.

KRIER, Rob. **Architectural composition**. London : Academy Editions, 1988. 382 p.

LANGFORD, David ; MALE, Steven. **Strategic management in construction**. Aldershot : Gower, 1991. 156p.

LANTRIP, D B. Defining habitable: a performance - based approach. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 24, p. 647-668, 1997.

LE CORBUSIER. **Por uma arquitetura**. São Paulo : Perspectiva, 1977. 205p.

LIGGETT, Robin S. The quadratic assignment problem: an analysis of applications and solution strategies. **Environment and Planning B**, v. 7, p. 141-162, 1980.

MACHADO, P.; BOAVIDA, E. ; PEREIRA, A. Contributos da sociologia para o estabelecimento de critérios de qualidade da habitação. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO, 1., 1986. **Anais...**Lisboa : LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1986. p. 2/1.3-2/1.16.

MALEN, Donald E. Decision making in preliminary product design: combining economic and quality considerations. **The Engineering Economist**, v.41, n.2, 1996.

MALLON, J.C ; MULLIGAN, D.E. Quality function deployment - A system for meeting customers needs. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 119, n.3, p. 516-531, 1993.

MALNAR, Joy Monice; VODVARKA, Frank. **The interior dimension. A theoretical approach to enclosed space**. New York : Van Nostrand Reinhold, 1992. 329p.

MANNING, Peter. Environmental evaluation. **Building and Environment**, v.22, n. 3, p. 201-206, 1987.

_____. Environmental aesthetic design. **Building and Environment**, v. 26, n.4, p. 331-340, 1991.

MARCH, Lionel; STEADMAN, Philip. **The geometry of environment**. Londres: Riba Publications, 1971. 360p.

MARKUS, Thomas A. El dimensionado y la valoración del proceso de ejecución de un edificio como método de diseño. In : BROADBENT, G...et al (Eds.) **Metodologia del diseño arquitectonico**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 1971. p. 235-256.

_____. A. Buildings as classifying devices. **Environment and Planning B**, v. 14, p. 467-484, 1987.

MARTINS, Daniel Neves. A qualidade de projetos e os 6 B's. **Jornal Via de Acesso**, Associação dos Engenheiros e Arquitetos de Maringá - AEAM, Maringá, p. 6. fev. 1995.

MARTINS, Petrônio G. ; LAUGENI, Fernando P. **Administração da produção**. São Paulo : Saraiva, 1998. 443 p.

MASCARÓ, Juan Luis. **O custo das decisões arquitetônicas**. São Paulo: Nobel, 1985.100 p.

MITCHELL, W. J.; STEADMAN, J.P.; LIGGETT, R. S. Synthesis and optimization of small rectangular floor plans. **Environment and Planning B**, v.3, p. 37-70, 1976.

MONTGOMERY, Douglas C. **Design and analysis of experiments**. New York: John Wiley & Sons, 1976. 418 p.

NUTT, Bev. The strategic design of buildings. **Long Range Planning**, v. 21, n.4, p. 130-140, 1988.

OLIVEIRA, Mírian. **Avaliação de indicadores para tomada de decisão na concepção de projetos de obras de edificação da indústria da construção civil**. Porto Alegre : UFRGS , 1996. 102 p. Anteprojeto Tese (Doutorado) - Escola de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1996.

OLIVEIRA, Mírian; LANTELME, Elvira; FORMOSO, Carlos T. **Sistema de indicadores de qualidade e produtividade para a construção civil**. Porto Alegre : SEBRAE, 1993. 100p. (Série SEBRAE / Const. Civil).

OSELAND, N. A.; RAW, G.J. Room size and adequacy of space in small homes. **Building and Environment**, v.26, n.4, p.341-347 , 1991.

PALADINI, Edson Pacheco. **Qualidade total na prática**. São Paulo: Atlas, 1994. 214p.

PANERO, Julius; ZELNIK, Martin. **Las dimensiones humanas en los espacios interiores**. Mexico : Editorial Gustavo Gili, 1996. 320 p.

PEREIRA, Luz Valente; GAGO, M. Amélia Correa. **O uso do espaço na habitação**. 2. ed. Lisboa: LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1983. 87 p.

PORTAS, Nuno. **Função e exigências de áreas da habitação**. Lisboa : MOP; LNEC - Laboratorio Nacional de Engenharia Civil. Informação Técnica Edifícios 4, 1969. 86p.

ROSS, Phillip, J. The role of Taguchi methods and design of experiments in QFD. **Quality Progress**, p. 41-47, june 1988.

RYD, Harriet. My home is my castle: Psychological perspectives on sick buildings. **Building and Environment**, v.26, n.2, p. 87-93, 1991.

SEED. **A Software environment to support early phases in building design**. Carnegie: Carnegie Mellon University; Adelaide, Australia: University of Adelaide, c 1996-97. (URL [http:// seed.edrc.cmu.edu](http://seed.edrc.cmu.edu))

SILVA, Elvan. **Geometria funcional dos espaços da habitação**. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 1982. 134p.

_____. **Uma introdução ao projeto arquitetônico**. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 1984. 122 p.

SIMON, Austin e outros. Manipulating the flow of design information to improve the programming of building design. **Construction Management and Economics**, n. 12, p. 444-455 , 1994.

SOCZKA, Luiz. O contributo da psicologia ambiental para o problema da qualidade da construção. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO,1., 1986. **Anais...**Lisboa: LNEC- Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1986. p. 2/1.17-2/1.26.

SOUSA, Maria J.C.N.C. **Aplicação do método SEL a projectos de edifícios da habitação elaborados em Portugal**. Porto : Universidade do Porto. Faculdade de Engenharia, 1994.192p. Dissertação - (Mestrado) – Universidade do Porto,1994.

SOUZA, Roberto e outros. **Sistema de gestão da qualidade para empresas construtoras**. São Paulo : Centro de Tecnologia de Edificações, 1994. 247p.

STEADMAN, J.P. Built forms and buildings types: some speculations. **Environment and Planning B : Planning and Design**, v.21, p. s7-30, 1994.

_____. Sketch for an archetypal building. **Environment and Planning B: Planning and Design**, Anniversary Issue, p.92-105, 1998.

STEVE, Joseph. Design systems and paradigms. **Design Studies** , v. 17, p. 227-239, 1996.

TAGUCHI, Genich. **Engenharia da qualidade em sistemas de produção**. São Paulo : McGraw-Hill, 1990a. 192 p.

TAGUCHI, Genich; CLAUSING, Don. Robust quality. **Harvard Business Review**, p. 65-75, jan/feb. 1990b.

TEAS, R. Kenneth. Expectations, performance, and consumers' perception of quality. **Journal of Marketing**, v.57, p.18-34, oct.1993.

WALKER, Denis. **O Cliente em primeiro lugar**. São Paulo : Makron Books do Brasil, 1991. 186 p.

WHITELEY, Richard. Foco no Cliente. **HSM Management**, n.4, p. 62-68, set/out. 1997.

WILLEY, Hayden. Integrating architectural science understanding into the architectural design process. **Architectural Science Review**, v.37, p.109-114, 1991.

WOODBURY, Robert F. Searching for designs: paradigm and practice. **Building and Environment**, v. 26, n .1, p. 61-73, 1991.

YUN, Lin. Mestre chinês conta a origem. **Folha de São Paulo**, São Paulo, cad.6 , p.11, 26 out. 1997. Entrevista concedida a Lia Regina Abbud.

8.2. Bibliografia consultada

ALP, Ahmet Vefik. An experimental study of aesthetic response geometric configuration of architectural space. **Leonardo**, v.26,n.2, p.149-157, 1993.

APPLETON, João. Qualidade da promoção, planejamento, concepção e projeto. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO. 1., 1986. **Anais...** Lisboa : LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1986. p. 19-37.

ATKIN, Brian . Stereotypes and themes in building designs: insights for model builders. **Construction Management and Economics**, v.11, p.119-130. 1993.

- AUGENBROE, Godfried. Integrating building performance. Evolution in the early design stages. **Building and Environment**, v. 27, n. 2, p. 149-161, 1992.
- BALACHANDRAN, M.; GERO, J.S. A Comparison of three methods for generating the Pareto optimal set. **Engineering Optimization**, v. 7, p.319-336, 1984.
- _____. The maniferier set estimation method for three objectives. **Engineering Optimization**, v. 9, p. 77-88, 1985.
- BALARINE, Oscar Fernando Osorio. Contribuições multidisciplinares ao planeamento das incorporações imobiliárias. **Caderno de Engenharia**, n. CE50/95, UFRS , 1995.
- BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO. Sinapi. **Manual de Utilização**. Rio de Janeiro, 1976. v. 1, n. 1. 73 p.
- BARKER, Thomas B. Quality engineering by design. Taguchi's Philosophy. **Quality Progress**, p. 32-42, Dec. 1986.
- BEZELGA, Artur Adriano Alves. **Economia no projecto de edificios**. Lisboa: LNEC-Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1981. 415p.
- BEZELGA, Artur. Adriano. Alves; MACEDO, J.P. Contribuição para uma sistematização e breve descrição dos métodos de apreciação da qualidade ou da qualidade/economia de projectos. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO, 1., 1986. **Anais...** Lisboa: LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1986. p. 2/1.81-2/1.104.
- BIRRELL, George S. Construction cost estimating in the design process. **Journal of the Construction Division**, v. 106, n. 4, p. 551-566, 1980.

BJÖRK, B.C. Basic structure of a proposed building product model. **Computer Aided Design**, v. 21, n.2, p. 71-78, 1989.

_____. A Unifield approach for modelling construction information. **Building and Environment**, v. 27, n.2, p. 173-194, 1992.

BORGES, J. Ferry. **Qualidade na construção**. Lisboa : LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1988. (Curso n° 167). 152 p.

BROWN, F.E.; STEADMAN, J.P. A computerised database of contemporary house plans. **Environment and Planning B**, v.13, p. 405-416, 1986.

_____. The analysis and interpretation of small house plans: some contemporary examples. **Environment and Planning B**, v. 14, p. 407-438, 1987.

CABRITA, A.M. Reis. **Racionalização do processo de projecto** - Análise de soluções não tradicionais de encomenda de projecto e obra. Lisboa : LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1977. 8.v. (Seminário n° 215).

CHAKRABARTY, B.K. A Model for optimal design of dwelling - Layout system. **Building and Environment**, v. 23, n. 1, p. 67-77, 1988.

_____. Models for optimal design of housing development systems. **Environment and Planning B**, v. 17, p. 331-340, 1990.

CHOUDHURY, I.; WOODS, Paul. Effects of cultural differences on the use of private outside space in single-family detached dwellings. **Housing Science**, v.10, n. 2, p. 125-134, 1995.

CLARKE, J.A. Assessing building performance by simulation. **Building and Environment**, v. 28, n. 4, p. 419-427, 1993.

- CORNICK, Tim. **Quality management for building design**. Oxford: Butterworth-Heineman, 1991. 218 p.
- D'CRUZ, Neville A. A Multicriteria model for building performance and design. **Building and Environment**, v. 23, n. 3, p. 167-179, 1987.
- EASTMAN, Charles M.A. The evolution of architectural CADD. **Building Environment**, v. 26, p. 17-24, 1991.
- _____. Modeling of buildings: evolution and concepts. **Automation in Construction**, v.1, p. 99-109, 1992.
- EDER, E.W. Engineering design-art, science and relationships. **Design Studies**, v. 16, p. 117-127, 1995.
- ENNIS JR.; Charles W.; GYESZLY, Stevan W. Sources of variance engineering in problem formulation. **Design Methods and Theories**, v. 25, n. 4, p. 1493-1507, 1991.
- FLEMMING, U. Wall representation of rectangular dissections: additional results. **Environment and Planning B**, v. 7, p. 247-251, 1980.
- FREEMAN, J.M. Estimating quality costs. **Journal of Operational Research Society**, v. 45, p. 675-686, 1995.
- FRIEDMAN, Yona. **Hacia una arquitectura científica**. Madrid: Alianza Editorial, 1973. 198 p.
- GIBSON, G.E.; BELL, L.C. Integrated database systems. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 118, n. 1, p. 50-59, 1992.

GIDADO, K.I. Project complexity: the focal point of construction production planning. **Construction Management and Economics**, v. 14, p. 213-225, 1996.

GINI, Corrado. **Curso de Estadística**. Barcelona : Labor, 1953. 555 p.

GRANT, Donald P. Space planning methods. Part one: A review of reviews from the Nineteen-seventies. **Design Methods and Theories**, v. 17, n. 1, p. 4-36, 1983.

_____. A general morphology of systematic space planning approaches. **Design Methods and Theories**, v. 17, n. 2, p. 57-97, 1983.

HANSON, J. Planning and Design, Deconstructing architects houses. **Environment and Planning B, Planning and Design**, v. 21, p. 675-754, 1994.

HENKE, S.L. Systematic generation of architectural compositions. **Environment and Planning B**, v. 17, p. 149-165, 1990.

_____. Enumeration and evaluation of systematically generated architectural compositions. **Environment and Planning B**, v. 17, p. 303-329, 1990.

HILLIER, B.; HANSON, J.; GRAHAM, H. Ideas are in things: an application of the space syntax method to discovering house genotypes. **Environment and Planning B**, v. 14, p. 363-385, 1987.

HO, Y.S. The planning process: mappings between state and decision spaces. **Environment and Planning B**, v.9, p. 153-162, 1982.

_____. The planning process: fundamental issues. **Environment and Planning B**, v.9, p. 387-395, 1982.

HÖFFLING, Roberto. **Manual do comprador de habitação**. São Paulo : Pini, 1993. 27p.

KNIGHT, T.W. Languages of designs: from know to new. **Environment and Planning B**, v. 8, p. 213-238, 1981.

_____. Transformations of languages of design. Part I, II, III. **Environment and Planning B**, v. 10, p. 125-177, 1983.

KOSKELA, Lauri. **Application of the new production philosophy to construction**. Stanford : Stanford University. Department of Civil Engineering, 1992. (Technical Report ; 72). 75 p.

KRISHNAMURTI, R. The arithmetic of shapes. **Environment and Planning B**, v. 7, p. 463-484, 1980.

LABROUSSE, Christian. **Estadística. Ejercicios Resueltos..** Madrid: Paraninfo, 1968. T.1. 387 p.

LANGLEY, Franklin Curtis. The intelligent architect's guide to theorizing: a common sense view of architectural theories. **Design Methods: Theories, Research. Education and Practice**, v. 26, n. 2, p. 1614-1620, 1992.

LEDBETTER, W.B. Quality performance on successful project. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 120, n. 1, p. 34-47, 1994.

LEOPOLD, Ellen; BISHOP, Donald. Design philosophy and practice in speculative house building. Part 1. **Construction Management and Economics**, v. 1, p. 119-144, 1983.

_____. Design philosophy and practice in speculative house building. Part 2. **Construction Management and Economics**, v. 1, p. 233-268, 1983.

LEVITT, R.E.; KARTON, N.A.; KUNZ, J.C. Artificial intelligence techniques for generating construction project plans. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 114, n. 3, p. 329-341 , 1988.

LLOYD, P.; SCOTT, P. Difference in similarity: interpreting the architectural design process. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 22, p. 383-406, 1995.

LONGO, Peter M. Development of in house project evaluation checklist. **Journal of Management in Engineering**, v. 7, n. 2, p. 153-166, 1995.

LUTTON, Linley. HYPEREX - A generic expert system to assist architects in the design of routine building types. **Building and Environment**, v. 30, n.2, p.165-180, 1995.

MANNING, Peter. Environmental design as a routine. **Building and Environment**, v. 30, n. 2, p. 181-196, 1995.

MARCH, L. Design in a universe of chance. **Environment and Planning B**, v. 10, p. 471-484, 1983.

MARCH, L.; STINY, G. Spatial systems in architecture and design: some history and logic. **Environment and Planning B**, v. 12, p. 31-53 , 1985.

MARTINS, Daniel Neves. QFD - A montagem de uma casa da qualidade aplicada ao projeto de apartamentos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS, 8., 1995, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis : Icape, 1995. p. 422-429.

MATTAR, S. e outros. A decision model for the design of building enclosures. **Building and Environment**, v. 13, p. 201-216 , 1978.

MELHADO, Silvio Burrattino. **Qualidade do projeto na construção de edifícios**: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção. São Paulo: USP/Escola Politécnica, 1994. 294 p. Tese (Doutorado).

MIMOSO, João Manuel; VIEGAS, João Carlos. A qualidade de componentes e de equipamentos de edifícios na perspectiva do utente. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO 2., 1990. **Anais...**Lisboa: LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1990. p. 1369-1375.

MUNNS, A.K.; BJEIRMI, B.F. The role of project management in achieving project success. **International Journal of Project and Management**, v. 14, n.2, p. 81-87,1996.

NEUFERT, Ernst. **A arte de projetar em arquitetura**. São Paulo: Gustavo Gili do Brasil, 1976, 432 p.

NICHOLSON, Paul M. **Architectural management**. London: E & FN Span, 1992. 387p.

OLIVEIRA, Roberto. **A methodology for housing design**. Waterloo: University of Waterloo, 1994. 292 p. Thesis (Doctor).

PARFITT, M.K.; SANVIDO, V.E. Checklist of critical success factors for building projects. **Journal of Management in Engineering**, v. 9, n.3. p.243-249, 1993.

PARFITT, M. K. e outros. Computer integrated design drawings and construction project plans. **Journal of Construction Engineering and Management**. v. 119, n. 4, p. 729-742, 1993.

- PAULSON B.C. Designing to reduce construction costs. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 102, n. 4, p. 587-592, 1976.
- PLIMPTON, C. L.; HASSAN, F. A. Social space: a determinant of house architecture. **Environment and Planning B**. v. 14, p. 439-449, 1987.
- POHL, J.; CHAPMAN, A. An expert design generator. **Architecture Science Review**, v. 31, p. 75-86, 1988.
- PURCELL, A.T. The relationship between buildings and behaviour. **Building and Environment**, v. 22, n. 3, p. 215-232, 1987.
- SADALLA, E.K.; OXLEY, D. The perception on room size: the rectanqlarity illusion. **Environment and Behaviour**, v. 16, n. 3, p. 394-405, 1985.
- SANVIDO, Victor E . Linking levels of abstraction of a building design. **Building and Environment**, v. 27, n. 2, p. 195-208, 1992.
- _____. Critical success factors for construction projects. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 118, n. 1, p. 94-111, 1992.
- SANVIDO, Victor E.; NORTON, Kevin J. Integrated design process model. **Journal of Management in Engineering**, v. 10, n. 5, p. 55-62, 1994.
- SEYMOUR, David ; PHENGLOW, Sui. The quality debate. **Construction Management and Economics**, v. 8, p. 13-29, 1990.
- SINDUSCON-PR. **Diretrizes gerais para compatibilização de projetos**. Curitiba, 1994. 48 p.
- STINY, G. What is design? **Environment and Planning B**, v. 17, p 97-103, 1990.

TANG, Stephen J.Y. Tantuage and architecture. **Design Methods and Theories**, v. 16, n. 2, p. 101-142,1982.

TOLEDO, José Carlos de. **Qualidade industrial, conceitos, sistemas e estratégias**. São Paulo : Atlas, 1987. 182 p.

VANEGAS, J.A. **A model for design construction integration during the initial phases of design for building construction projects**. Stanford, California : Stanford University,1988. 249 p. Thesis (Doctor).