



A QUALIDADE GEOMÉTRICA DA SOLUÇÃO DO ARRANJO FÍSICO DE UMA HABITAÇÃO E A SUA RELAÇÃO COM O CONSUMO ENERGÉTICO DA EDIFICAÇÃO.

Martins, D.d.N.; Oliveira, R.

Universidade Estadual de Maringá

Departamento de Engenharia Civil

87020-900 – Maringá/PR

E-mail: daniel@dec.uem.br ; ecv1rdo@ecv.ufsc.br

RESUMO: A qualidade da solução geométrica do arranjo físico de uma habitação está ligada a maneira como o espaço é enclausurado, o qual tem influência em aspectos estéticos, e na performance funcional, energética e econômica.

O confinamento dos ambientes representa um fator de suma importância tanto para o estabelecimento da qualidade da solução, quanto para a questão do consumo energético da edificação.

Neste contexto, é desenvolvido um índice para a determinação do confinamento da habitação, e proposto o índice: consumo energético/índice de confinamento, como um critério de avaliação e otimização de um projeto em função do consumo energético.

ABSTRACT: The quality of the geometric solution of the physical arrangement of a habitation is linked to the way as the space is confined, which has it influences in aesthetic aspects, and in the functional, energetic and economic performance.

The confinement of the environment represents a factor of highest importance so much for the establishment of the quality of the solution, as for the subject of the energy consumption of the construction.

In this context, an index is developed for the determination of the confinement of the habitation, and proposed the index: energetic consumption/confinement index, as an evaluation approach and optimization of a project in function of the energy consumption.

1 INTRODUÇÃO

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.

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, energética e econômica, assim como atributo da qualidade subjetiva do projeto.

Os atributos determinantes do arranjo físico de uma habitação são basicamente de natureza geométrica, exibida pelos planos horizontais e verticais, em conjunto com os elementos de conexões.

O confinamento dos ambientes está relacionado diretamente com a variável geométrica perímetro confinado, 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 e com ligação com o exterior, apresentam um determinado grau de confinamento, devido à falta ou deficiência de comunicação com o ambiente exterior do edifício.

A avaliação da configuração do espaço em edifícios, e a sua classificação segundo a forma arquetípica representam uma área de pesquisa e desenvolvimento que cresce em importância no contexto atual. O 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 ideia central desta proposição é a de avaliar e catalogar o edifício a partir de determinados valores geométricos do arranjo físicos, 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 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 estudo, 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.

2 ÍNDICE DE CONFINAMENTO

Uma análise geométrica de arranjos físicos de apartamentos e avaliação da qualidade geométrica da solução de projeto foi empreendida por Martins (1999) a partir de uma amostra de imóveis comercializados a partir de 1995 em diversas cidades e capitais brasileiras.

Dentre os diversos índices propostos no estudo acima citado, pode ser destacado o de definição da configuração, apresentado na equação (01):

$$ICI = \frac{PP}{2 \cdot (AU)^{1/2}} \quad (01)$$

com:

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

PP = perímetro, em metros;

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

A partir desta equação, é proposto no presente trabalho, o índice de confinamento do arranjo físico de uma habitação (apartamento), por meio da equação (02):

$$ICN = \frac{PCN}{2 \cdot (AU)^{1/2}} \quad (02)$$

com:

ICN = índice de confinamento;

PCN = somatória dos perímetros dos ambientes confinados, em metros;

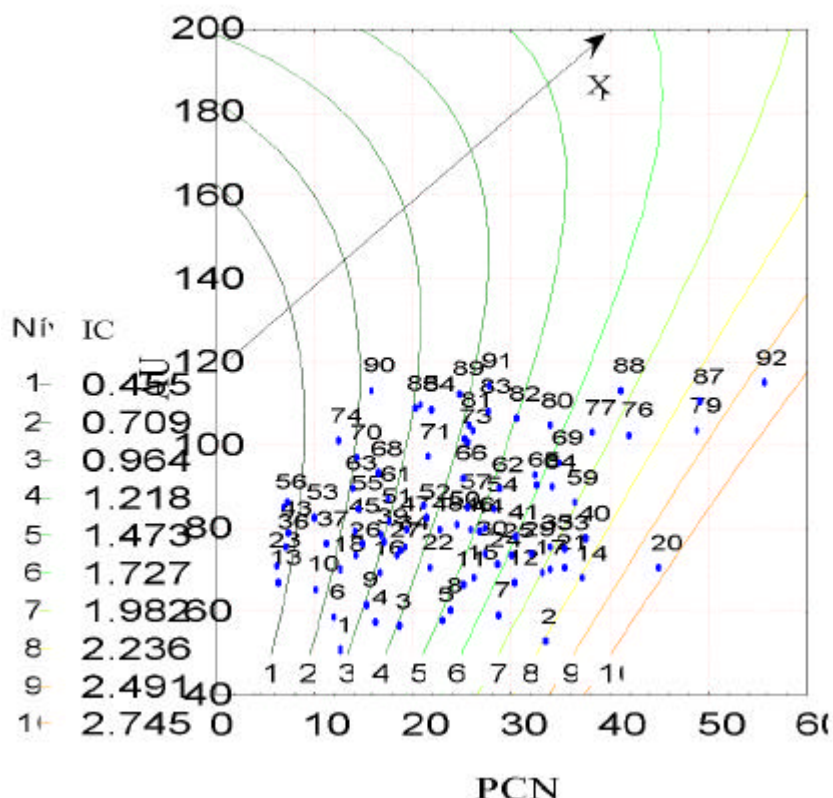
AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados.

Utilizando-se a amostra de apartamentos com configuração de 03 dormitórios analisados por Martins, e determinando os valores dos perímetros referentes aos ambientes confinados (sem uma ligação direta com o meio exterior, como por exemplo: cozinha, banheiro ou dormitório de empregada com a janela conectada com a área de serviço; banheiros com conexões a um poço de iluminação, ou halls e circulações sem

conexões com o exterior), é calculado a partir da equação (02) o índice de confinamento dos apartamentos, os quais são apresentados na tabela (01):

Processados os valores dos índices de confinamento, é obtido por meio da metodologia de superfície de resposta, o mapa de valores, apresentado na figura (01):

Fig. 1 – O mapa de valores do índice de confinamento de apartamentos de 3 dormitórios



A análise de uma superfície de resposta segundo Montgomery (1976) pode ser processada como o subir ou descer de uma montanha, onde o cume representa 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 determina a direção de aumento máximo na resposta.

3 CONCLUSÃO

O valor dos índices de confinamento dos apartamentos apresentados na figura (01) foram distribuídos em dez níveis, com os índices de confinamento mínimo plotados na região do nível um, e máximo na região do nível dez.

A análise da superfície de resposta mostra que a melhoria da solução é obtida com o deslocamento da resposta para a região de proximidade do eixo X1, e a otimização da solução posicionada ao longo deste eixo.

Com a metodologia proposta de obtenção do índice de confinamento e de

construção do respectivo mapa de valores é possível avaliar e classificar os apartamentos segundo um determinado nível de confinamento.

O índice de confinamento representa um importante fator de caracterização geométrica e qualificação do arranjo físico de uma habitação no que diz respeito ao seu confinamento, o qual pode ser relacionado com o consumo energético da edificação decorrente desta condição.

A partir das premissas acima apresentadas, propõe-se para o desenvolvimento de futuros trabalhos, o indicador: consumo energético/índice de confinamento, como um critério referente a: análise, avaliação, determinação de níveis de controle, e otimização da solução geométrica do arranjo físico de uma habitação, em função do consumo energético da edificação.

Tab. 1 – Variáveis geométricas e índice de confinamento de apartamentos de 3 dormitórios

Proj.	AU	ACO	PCO	ACI	PCI	ABS	PBS	ABD	PBD	AHA	PHA	ABE	PBE	AGU	PGU	ALA	PLA	ADE	PDE	ACN	PCN	ICN
1	51.0	4.3	8.7	1.0	4.0															5.3	12.7	.89
2	53.1	4.3	8.5	3.9	9.7	2.7	7.6	2.7	7.6											13.6	33.4	2.29
3	56.7			2.2	6.5			2.9	6.8	2.0	5.3									7.1	18.6	1.24
4	57.7			2.2	6.7			2.1	5.9	1.3	3.6									5.6	16.2	1.07
5	58.3	5.1	9.2	1.9	5.7			3.3	8.1											10.3	23.0	1.51
6	58.9			5.0	11.9															5.0	11.9	.78
7	59.5	6.1	9.9	2.9	7.6			3.3	7.6	1.3	3.6									13.6	28.7	1.86
8	60.4	6.2	10.1	3.0	8.1					2.3	5.6									11.5	23.8	1.53
9	62.0			3.2	7.6					1.0	3.1	1.3	4.6							5.5	15.3	.97
10	65.7			4.1	10.1															4.1	10.1	.62
11	66.9	6.9	10.5	2.8	7.6					3.4	7.0									13.1	25.1	1.53

12	67.2	6.3	10.1	2.4	6.7			3.2	7.8	2.4	5.7									14.3	30.3	1.85
13	67.3			2.0	6.3															2.0	6.3	.38
14	68.2	5.7	10.1	3.0	8.0			3.1	7.9			2.0	5.8	1.5	5.4					15.3	37.2	2.25
15	68.4	6.2	10.1	3.5	9.0					3.1	7.1									12.8	26.2	1.58
16	69.5	7.1	10.7	2.4	6.0															9.5	16.7	1.00
17	69.7	5.6	9.8	3.0	7.1	3.9	8.6	3.3	7.6											15.8	33.1	1.98
18	70.3			4.3	8.5					1.7	4.2									6.0	12.7	.76
19	70.4	8.8	12.4	3.3	8.5			3.2	7.2	2.4	5.7									17.7	33.8	2.01
20	70.7	6.2	10.3	3.0	8.5			2.8	7.2	2.3	5.8	1.7	5.4					3.6	7.7	19.6	44.9	2.67
21	70.8	6.5	10.4	3.5	9.2					1.3	3.5					1.4	4.8	3.2	7.4	15.9	35.3	2.10
22	70.8	9.4	13.5	3.0	8.2															12.4	21.7	1.29
23	71.4			2.1	6.2															2.1	6.2	.37
24	71.6	7.8	11.2	2.2	6.4			3.0	7.2	1.4	3.7									14.4	28.5	1.68
25	73.6	6.8	10.9	1.9	5.9			2.9	7.1	2.6	6.0									14.2	29.9	1.74
26	73.8			3.2	8.3							2.2	6.0							5.4	14.3	.83
27	73.8			2.3	6.6			3.0	6.9	2.0	4.9									7.3	18.4	1.07
28	73.8			3.1	8.2							2.1	5.9							5.2	14.1	.82
29	74.0	7.0	10.6	4.1	9.6					3.1	6.8	1.5	5.0							15.7	32.0	1.86
30	74.1	6.8	10.5	6.4	16.7															13.2	27.2	1.58
31	74.8	8.1	11.8	2.3	6.9			3.3	7.6	2.6	5.9									16.3	32.2	1.86

32	75.1			2.7	6.9					2.4	5.7	2.1	6.1							7.2	18.7	1.08
33	75.4	6.4	10.1	2.3	6.9			3.0	7.6	2.8	6.0	1.4	4.8							15.9	35.4	2.04
34	75.6			2.2	6.4			3.7	9.3	1.3	3.5									7.2	19.2	1.10
35	75.6	7.6	11.7	2.9	7.1			3.8	8.2	2.7	6.8									17.0	33.8	1.94
36	75.8			2.3	7.0															2.3	7.0	.40
37	76.5			2.0	5.9							1.6	5.2							3.6	11.1	.63
38	76.8			2.5	7.1			3.8	7.8											6.3	14.9	.85
39	77.1			3.5	9.6			3.1	7.5											6.6	17.1	.97
40	77.8	8.8	12.9	3.2	8.4			2.8	7.4									4.8	8.8	19.6	37.5	2.13
41	78.1	9.6	13.1	4.0	9.9			3.1	7.4											16.7	30.4	1.72
42	78.5			2.4	6.7					1.8	4.5	1.9	5.6							6.1	16.8	.95
43	79.0			2.5	7.3															2.5	7.3	.41
44	79.6	8.7	12.5	2.9	8.4					2.4	5.8									14.0	26.7	1.50
45	79.6			3.0	7.9	2.5	6.3													5.5	14.2	.80
46	80.0	9.5	12.6	2.5	6.9					2.7	6.3									14.7	25.8	1.44
47	80.1			2.7	7.2					2.0	5.9	2.4	6.3							7.1	19.4	1.08
48	80.1			3.3	9.1					1.2	3.4	1.6	5.2			1.6	5.0			7.7	22.7	1.27

Tab. 1 – Variáveis geométricas e índice de confinamento de apartamentos de 3 dormitórios...

Proj.	AU	ACO	PCO	ACI	PCI	ABS	PBS	ABD	PBD	AHA	PHA	ABE	PBE	AGU	PGU	ALA	PLA	ADE	PDE	ACN	PCN	ICN
49	80.5	9.8	13.8	3.2	7.2					2.6	6.2									15.6	27.2	1.52
50	81.3	8.0	11.3	3.1	8.1					2.2	5.0									13.3	24.4	1.35
51	81.9	7.5	11.2	2.3	6.4															9.8	17.6	.97
52	82.9			2.5	7.0					4.1	9.1	1.7	5.3							8.3	21.4	1.18
53	83.0			4.0	10.0															4.0	10.0	.55
54	84.7	8.5	11.8	3.7	9.4			3.0	7.0											15.2	28.2	1.53
55	85.0			3.9	10.0					1.7	4.5									5.6	14.5	.79
56	85.4			2.4	6.8															2.4	6.8	.37
57	85.4			2.0	5.9							2.2	6.2			1.8	5.3	4.0	8.1	10.0	25.5	1.38
58	85.7	8.1	11.6	2.1	6.9					.8	2.6									11.0	21.1	1.14
59	86.4	11.9	13.8	4.9	11.7			3.1	7.1	1.4	3.8									21.3	36.4	1.96
60	86.5			2.6	7.2															2.6	7.2	.39
61	87.3			5.2	12.3							1.6	5.2							6.8	17.5	.94
62	89.6	8.4	12.2	3.4	8.2													4.4	8.4	16.2	28.8	1.52
63	89.8			3.5	8.7							1.7	5.2							5.2	13.9	.73
64	90.1			8.1	21.4			3.2	7.2			1.9	5.5							13.2	34.1	1.80
65	90.6	8.5	11.9	3.1	8.7	2.9	7.3							1.2	4.5					15.7	32.4	1.70
66	92.4			2.5	6.5							2.2	6.0	2.2	6.0			2.7	6.6	9.6	25.1	1.31

67	92.9	11.6	14.3	4.9	11.7					2.7	6.3									19.2	32.3	1.68
68	93.3			2.4	6.7					1.5	3.9	2.2	5.9							6.1	16.5	.85
69	95.9	9.6	12.5	4.2	10.5					2.2	5.4	2.4	6.4							18.4	34.8	1.78
70	97.3			3.7	9.4							1.6	5.0							5.3	14.4	.73
71	97.5			5.1	12.1					1.1	3.2	2.4	6.2							8.6	21.5	1.09
72	97.8			7.0	14.5							2.6	7.0							9.6	21.5	1.09
73	101.1			5.7	12.8							2.4	6.3			2.1	6.4			10.2	25.5	1.27
74	101.3			3.0	7.2											1.7	5.2			4.7	12.4	.62
75	101.6			4.0	9.5							2.9	6.9					4.6	8.8	11.5	25.2	1.25
76	102.7	11.8	14.1	5.8	13.4							2.2	6.1					4.3	8.3	24.1	41.9	2.07
77	103.3			4.6	13.8					1.7	5.2	2.2	5.9			2.2	5.9	3.3	7.4	14.0	38.2	1.88
78	103.7			2.7	6.8							2.2	6.2	2.2	6.2			2.9	6.9	10.0	26.1	1.28
79	103.8			8.8	21.2					2.1	4.8	1.6	5.2	1.5	5.0	1.7	5.4	3.2	7.2	18.9	48.8	2.39
80	104.9			2.8	6.8					5.3	12.7	2.4	6.2					4.0	8.1	14.5	33.8	1.65
81	105.0			5.4	11.5											1.8	5.3	4.8	8.8	12.0	25.6	1.25
82	106.5			2.5	6.3					2.2	5.6	2.0	6.0			1.5	5.2	3.4	7.4	11.6	30.5	1.48
83	108.4			3.2	8.8					1.5	5.0	2.1	5.9					3.9	7.9	10.7	27.6	1.33
84	108.8			5.0	12.0					1.5	4.0	2.1	5.8							8.6	21.8	1.04
85	109.0			3.7	8.5							2.1	5.8			2.3	5.9			8.1	20.2	.97
86	110.0			2.7	7.4					3.0	5.7							3.4	7.7	9.1	20.8	.99

87	110.6	9.5	14.6	3.9	9.7			2.9	7.2			2.9	7.2					6.7	10.4	25.9	49.1	2.33
88	113.3			5.2	11.8			3.7	7.7	3.3	8.5	2.6	7.0			2.3	6.1			17.1	41.1	1.93
89	112.6			2.9	7.1					2.0	4.7					1.7	5.3	3.6	7.7	10.2	24.8	1.17
90	113.4			2.8	7.6													4.3	8.2	7.1	15.8	.74
91	114.4			3.6	8.6					3.6	7.4	2.2	6.0			2.0	5.7			11.4	27.7	1.29
92	115.2			6.2	16.2			3.3	7.3	8.7	19.3	2.3	6.2			2.3	6.6			22.8	55.6	2.59
Média	83.3	7.8	11.5	3.4	8.8	3.0	7.5	3.1	7.5	2.4	5.7	2.1	5.9	1.7	5.4	1.9	5.6	4.0	8.0	10.9	24.2	1.33
Percentagem dos ambientes confinados		41		100		4		29		51		41		5		15		21				

Legenda da figura (01):

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

ACO = área da cozinha, em metros quadrados;

PCO = perímetro da cozinha, em metros;

ACI = área da circulação, em metros quadrados;

PCI = perímetro da circulação, em metros;

ABS = área do banheiro da suíte, em metros quadrados;

PBS = perímetro do banheiro da suíte, em metros;

ABD = área do banheiro dos dormitórios, em metros quadrados;

PBD = perímetro do banheiro dos dormitórios, em metros;

AHA = área do hall, em metros quadrados;

PHA = perímetro do hall, em metros;

ABE = área do banheiro de empregada, em metros quadrados;

PBE = perímetro do banheiro de empregada, em metros;

AGU = área da despensa, em metros quadrados;

PGU = perímetro da despensa, em metros;

ALA = área do lavabo, em metros quadrados;

PLA = perímetro do lavabo, em metros;

ADE = área do dormitório de empregada, em metros quadrados;

PDE = perímetro do dormitório de empregada, em metros;

ACN = área dos ambientes confinados, em metros quadrados;

PCN = somatória dos perímetros dos ambientes confinados, em metros;

ICN = índice de confinamento.

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Krier, Rob (1988). *Architectural composition*. London: Academy Editions. 382 p.

Malnar, Joy Monice; Vodvarka, Frank (1992). *The interior dimension. A theoretical approach to enclosed space*. New York: Van Nostrand Reinhold. 329p.

Manning, Peter (1991). Environmental aesthetic design. *Building and Environment*, v.26, n.4, p.331-340.

Martins, D.d.N. (1999). *Metodologia para determinar e avaliar a qualidade e o custo da solução geométrica do projeto arquitetônico de apartamentos*. Florianópolis: UFSC, 1999, 200p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina.

Montgomery, Douglas (1976). *Design and analysis of experiments*. New York: John Wiley & Sons, 418p.

Steadman, J.P (1994). Built forms and buildings types: some speculations. *Environment and Planning B: Planning and Design*, v.21, p. s7-30.

_____(1998). Sketch for an archetypal building. *Environment and Planning B: Planning and Design*, Anniversary Issue, p.92-105.