

# COMPACIDADE DOS ESPAÇOS ARQUITETÔNICOS

## COMPACTNESS OF ARCHITECTURAL SPACES

---

Fernando Barth, Dr. (UFSC)

Luiz Henrique M. Vefago, Dr. (UFSC)

Cláudia Vasconcelos, Doutoranda (UFSC), Bolsista FAPEAM

### Palavras Chave

Compacidade; Funcionalidade; Arquitetura.

### Key Words

Compactness; Functionality; Architecture.

### RESUMO

O número de edifícios altos aumentou nos grandes centros urbanos, acentuando a densidade e o caráter urbano que configuram a maioria da população mundial, Nações Unidas (2015). Como um de seus resultados, pode-se observar um processo de verticalização das construções e uma redução significativa em áreas construídas per capita. Grande parte da população opta por uma unidade de habitação compacta, buscando uma boa localização com infraestrutura e serviços que podem aumentar a qualidade de vida. Esta verticalização pode aumentar a compacidade das unidades habitacionais e otimizar os custos, mas também pode reduzir a funcionalidade arquitetônica. Nesse contexto, o índice de compacidade é permite avaliar quanto o projeto de um espaço pode estar próximo do perímetro econômico determinado por suas paredes externas. Este trabalho procura mostrar que a compacidade deve ser analisada de forma tridimensional, uma vez que determina o desempenho do espaço interno, estabelecendo um método para determinar o índice de compacidade espacial. Os resultados mostram que espaços pequenos e compactos tendem a induzir conflitos de uso, requerendo um projeto detalhado que permita adaptar usos diferentes e simultâneos às novas necessidades e perfis dos usuários contemporâneos.

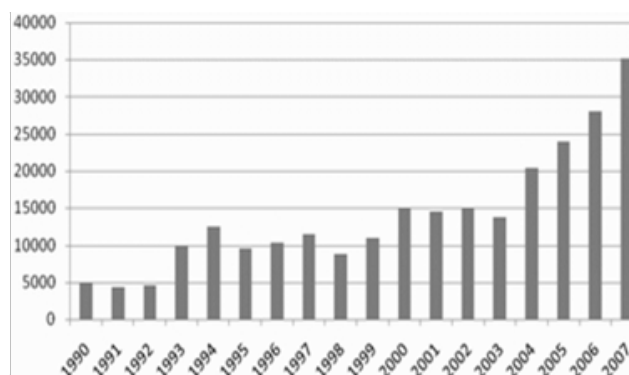
### ABSTRACT

*The number of high buildings has increased in large urban centers, accentuating the density and the urban character that configure the majority of the world population, United Nations (2015). As one of its results, it can be seen a verticalization process of buildings and a significant reduction in per capita constructed areas. Much of the population opts for a compact housing unit, seeking a good location with infrastructure and services that can increase the quality of life. This verticalization process can increase the compactness of the housing units and optimize costs, but also can reduce the architectural functionality. In this context, the compactness index is one of the most useful indicators to evaluate how much the design of a space may be close to the economical perimeter determined by its external walls. So, this work seeks to show that the compactness must be analyzed in a three-dimensional way, since it determines the performance of the internal space, establishing a method for determining the spatial compactness index. The results show that small and compact spaces tend to induce use conflicts, requiring a detailed design that allows simultaneous and different uses to be adapted to the new needs and profiles of contemporary users.*

## 1. INTRODUÇÃO

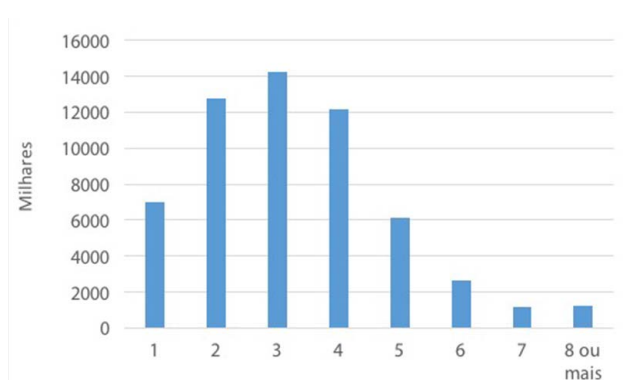
A maior parte da população brasileira (80%) e também do mundo (54%) vive em cidades, o que torna o estudo da densidade urbana de grande irrelevância (Nações Unidas, 2015). O processo de urbanização e de concentração de pessoas nas áreas centrais das cidades provocou um fenômeno de crescente densidade populacional. O número de edifícios aumentou acentuadamente nos grandes centros urbanos, ao passo que houve uma redução significativa nas áreas construídas per capita. Na Figura 1 se pode observar o crescimento exponencial das unidades habitacionais vendidas nos últimos anos na cidade de São Paulo, segundo a Secovi-SP (2016). Este processo de densificação é o resultado da construção de muitos edifícios altos em zonas valorizadas, que em contraposição tende a reduzir as áreas úteis dos apartamentos. De acordo com Pacheco (2008), a expansão do crédito imobiliário tem contribuído para o crescimento da produção e oferta de unidades habitacionais nos últimos anos. Estas unidades têm suas áreas reduzidas em relação aos padrões de apartamentos semelhantes produzidos nas décadas anteriores. Grande parte da população opta por este tipo de unidade habitacional, buscando uma boa localização na cidade com infraestrutura e serviços para melhorar sua qualidade de vida. No entanto, esses espaços são capazes de comprometer a funcionalidade arquitetônica e a satisfação do usuário. De acordo com Mariani (2014), unidades ultracompactas são oferecidas em grandes cidades brasileiras como resultado do rápido crescimento imobiliário. Na Figura 2 pode-se observar o forte crescimento das unidades habitacionais oferecidas na cidade de São Paulo e pode-se observar na Figura 2, apresentada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE (2010), que quase metade dos domicílios das áreas metropolitanas brasileiras apresenta apenas dois ou três residentes. O aumento dos preços dos terrenos urbanos centrais é principal fator que contribui para o aumento do número de apartamentos compactos. De acordo com a NRE-POLY (2014), o mercado imobiliário de São Paulo tem mostrado um número crescente de apartamentos com áreas privativas menores em locais com maior infraestrutura e também induzidos pela formação de famílias com menos filhos ou famílias com idosos que buscam modelos mais adequados para viver nas grandes cidades.

Figura 1: número de moradias vendidas em São Paulo nos anos de 1990 a 2007.



Fonte: Secovi-SP (2007)

Figura 2: número de moradores por domicílio nas regiões metropolitanas brasileiras em 2010.



Fonte: IBGE (2010)

No setor de construção e comercialização, o uso do termo compacto é usado como sinônimo de casa com áreas reduzidas ou mínimas. Ressalta-se que a palavra deriva do termo latino *compactum*, que é a característica ou condição de densidade, condensado ou que ocupa pouco espaço. Na física é definida pela relação entre a superfície e o volume de um sólido. Em outras áreas do conhecimento este termo é usado em muitas variantes, entre as quais a mais comum é utilizada para denotar objetos pequenos, espaços reduzidos ou áreas confinadas. O termo também é usado para designar objetos densos e materiais sólidos. Na área de Mecânica dos Solos, a compactidade é representada por um índice que determina o grau de compactação de um material granular, não coeso, por exemplo as areias. Quando a compactidade do solo é cem por cento, isso significa que ele está sob compressão máxima e, portanto, com quantidade mínima de vazios.

## 2. INDICES DE COMPACIDADE

Na área da arquitetura, o termo "compacto" é usado geralmente para designar configurações cujos elementos

constituintes ou partes estão próximos ou firmemente unidos. Observa-se muitas vezes um certo mal-entendido quando usado para designar áreas ou espaços diminutos. Um espaço pode ser muito pequeno, quando se toma como referência o corpo humano adulto, mas não é necessariamente compacto. Por exemplo, duas configurações geométricas podem ser comparadas: uma retangular com as dimensões de 2x8 m e uma quadrada com 4x4 m. Ambos têm a mesma área (16 m<sup>2</sup>). Entretanto, a forma do retângulo não pode ser designada como compacta, pois apresenta desproporção dimensional e distância relativamente grande entre suas partes constituintes. A Figura 3 mostra figuras geométricas diferentes com áreas equivalentes.

Figura 3: Proporção e compacidade em figuras geométricas com áreas equivalentes.



Fonte: Autores (2017)

Nesse contexto, pode-se observar que o termo "compacto" é usado para designar um elemento de pequeno tamanho ou com dimensão reduzida, e não necessariamente para descrever a compacidade que é dada pela relação entre suas partes. O índice de compacidade (IC) foi criado para tornar este conceito mais objetivo na arquitetura: representar a relação entre o perímetro do elemento analisado e o perímetro de um círculo com a mesma área de projeção. Este índice pode servir como indicador do desempenho arquitetônico, muito útil para avaliar o quanto o projeto de um espaço pode estar próximo ao perímetro mais econômico, determinado por suas paredes externas.

Vários autores, como Pitágoras (570-485 AC), Platão (428-348 AC), Arquimedes (287-212 AC), Fibonacci (1175-1235 DC) e Kepler (1571- 1630 DC), analisaram as características e relações das formas geométricas. A geometria espacial abrange o estudo de figuras no espaço, universo de sólidos geométricos como prismas, paralelepípedos, pirâmides, cones, esferas entre outros, e serviu de referência e suporte teórico para as construções arquitetônicas. A relação entre a forma, volume e superfícies de elementos tridimensionais tem sido utilizada para avaliar os fatores que influenciam a composição, a construtividade, a iluminação natural, o desempenho acústico, a eficiência energética e outros fenômenos relacionados. Este estudo apresenta algumas relações que tratam de formas, volumes e superfícies da envoltória do edifício.

## 2.1. Fator de forma

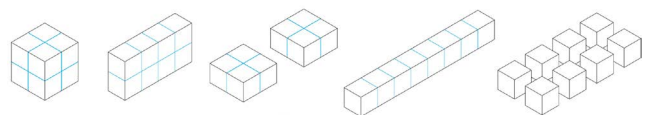
O fator de forma quantifica a relação entre a forma e o volume estabelecendo a razão entre a superfície da envoltória do edifício e seu volume. As características da superfície da envoltória de uma edificação determinam a troca de calor entre o ambiente interno e o externo, enquanto o volume do edifício está relacionado ao consumo de energia e à capacidade de seu armazenamento. O fator de forma estabelece a relação entre a superfície da envoltória e o volume e pode ser expresso pela Equação 01:

$$f = S/V \text{ (m}^{-1}\text{)} \quad (1)$$

onde: S é a superfície da envoltória e V é o volume do edifício.

A otimização da relação envoltória / volume facilita a proteção do edifício e pode reduzir a troca de energia entre o ambiente interno e externo. A relação ótima deste fator é vista na esfera, onde todos os elementos da envoltória têm a mesma proximidade ao ponto central. A esfera mostra a máxima compacidade, contribuindo assim para reduzir o consumo de material e energia necessários para a sua produção, o que pode ser um fator relevante para melhorar a sustentabilidade de uma edificação. Marciotto (2008) aponta que esta relação determina as condições de desempenho do edifício pois a envoltória protege o espaço interno contra as intempéries, os ruídos e a poluição. Por outro lado, o cubo é a forma que tem a melhor relação entre envoltória/volume em elementos paralelepípedos. Vásquez (2013) apresenta um estudo sobre essa relação, fragmentando o cubo em várias configurações.

Figura 4: Relação entre envoltória e volume em configurações modulares.



Fonte: Vásquez (2013)

Como se pode ver na Figura 4, as fragmentações do cubo aumentam consideravelmente a superfície do invólucro, aumentando também o consumo de energia e quantidade de material para a sua realização. Deste modo, a relação envoltória/volume deve ser considerada na fase inicial do projeto pois interfere diretamente na economia e desempenho ambiental dos edifícios. Esta relação é utilizada pela Norma Espanhola NBE-CT (1979) para determinar os valores-limite da transmitância térmica global do edifício para as diferentes zonas bioclimáticas. Fatores iguais ou maiores que 1 implicam grandes superfícies para um determinado volume, indicando que

os valores de transmissão térmica devam ser reduzidos. Por outro lado, essa norma mostra-se mais tolerante com relação aos coeficientes de transmissão térmica dos edifícios compactos, aqueles que apresentam fator de forma igual ou menor que 0:25. Assim, para edifícios com alto fator de forma é necessário uma maior eficiência do desempenho térmico da sua envoltória. A norma não restringe o uso de formas não compactas, mas requer um alto isolamento térmico para minimizar perdas de energia e ganhos para este tipo de edifício. Lin et al (2014) constataram que as edificações com baixo coeficiente de forma contribuem significativamente para a redução da carga térmica. A minimização das perdas de calor requer a minimização do coeficiente de forma do edifício, ainda que a redução das superfícies da envoltória do edifício possam também reduzir a exposição ao ambiente exterior, diminuindo a disponibilidade de luz e ventilação natural, o que pode por sua vez aumentar o consumo de energia para a iluminação artificial e a ventilação forçada.

## 2.2. Índice de compacidade de áreas planas

Uma vez estabelecido o círculo como a forma geométrica plana mais compacta pode-se estabelecer comparativamente um índice de compacidade (Ic) de uma figura plana:

$$Ic = (Pc / Pp) 100 \quad (2)$$

Onde:  $Pq$  é a área do círculo com perímetro equivalente e  $Pp$  é o perímetro do Projeto. Considerando a área do círculo igual à área de projeção:

$$Ap = Ac = \pi r^2 \quad (3)$$

$$R = (Ap/\pi)^{1/2} \quad (4)$$

Assim, o perímetro do círculo com área equivalente ( $Pc$ ) pode ser expresso por:

$$Pc = 2 (\pi Ac)^{1/2} \quad (5)$$

E o índice de compacidade pode ser expresso por:

$$IC = [2 (\pi Ap)^{1/2} / Pp] .100 \quad (6)$$

Pode-se notar que este índice expressa a relação entre as paredes do perímetro e a área interna correspondente. De acordo com a Norma Brasileira NBR 12721 da ABNT (2016), a área construída de um piso é dada pela soma de suas áreas cobertas e não cobertas que estão dentro do perímetro das paredes externas que devem ser medidas através do eixo das paredes do piso térreo. De acordo com Oliveira (1993), a medida da área de piso ( $Ap$ ) deve ser tomada no plano das paredes laterais externas, não incluindo varandas, terraços e janelas. O perímetro das paredes externas ( $Pp$ ) deve ser tomado pelo eixo das paredes, sem considerar as paredes e grades de varandas e terraços. Assim, o índice de compacidade pode ser levado em

conta na tomada de decisão da forma do edifício, tipos de envoltórias, estabelecendo estratégias de condicionamento ambiental e para a redução dos custos finais. De acordo com este autor, índices de compacidade de áreas abaixo de 60% são considerados ruins porque normalmente têm lotes de construção do envelope e baixa proximidade de seus elementos construtivos. Como se pode ver na Tabela 1, valores entre 60 e 75% são considerados bons. A figura quadrada, que apresenta  $IC = 88,6\%$ , pode ser considerada como um bom índice de compacidade de área. O valor máximo (100%) é equivalente a uma figura com forma circular.

Quadro 1: Avaliação do índice de compacidade (CI).

Baixo	Bom	Elevado
<60%	60% a 75%	>75%

Fonte: Oliveria (1993)

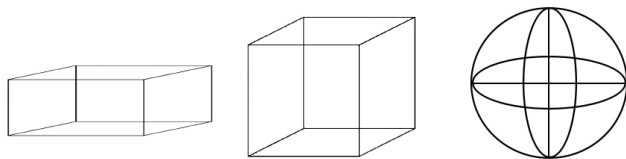
Outro conceito relevante para a questão é a complexidade da envoltória do edifício, pois ela deve propiciar o isolamento térmico e acústico do edifício e também proteger de modo eficiente o espaço interno das intempéries, tais como ações combinadas de chuva, neve e vento. Segundo Vásquez (2013), esta múltipla funcionalidade da envoltória agrega complexidade tecnológica na sua realização, estabelecendo interfaces entre o ambiente interno e externo. Isso acontece em três áreas que determinam as condições de projeto: o exterior, o ambiente interno e as superfícies da envoltória. O modo de interação entre estes três níveis determina as condições de utilização e o conforto interno, produzindo características específicas na performance do edifício. Existem algumas limitações nas avaliações de desempenho se forem consideradas apenas as áreas de projeção do espaço. Esta simplificação, comumente utilizada no processo de design, simplifica as relações espaciais tridimensionais ao nível da planta baixa. Por analogia, os conceitos utilizados para determinar a compacidade de superfícies planas podem ser adotados para determinar a compacidade dos espaços tridimensionais alcançados.

## 2.3. Índice de compacidade espacial

Como visto anteriormente, supõe-se que é possível estender o conceito de compacidade no plano horizontal à compacidade do espaço arquitetônico tridimensional. Nos espaços internos do edifício, elementos sobrepostos como beliches, plataformas de trabalho, mezaninos, entre outros dispositivos são frequentemente utilizados

para aumentar a funcionalidade. Portanto, não é difícil entender que os espaços internos apresentem maior ou menor compacidade de acordo com sua forma tridimensional, porém sua determinação não é tão simples. Para determinar o índice de compacidade de áreas, o círculo é usado como referência para a forma mais compacta, enquanto que para determinar os índices de compactação espacial, a esfera pode ser utilizada para forma mais compacta, servindo como referência para a relação do volume equivalente. Na Figura 05, pode-se ver a relação entre volume e diferentes formas de envelope.

Figura 5: Formas e envoltórias com volumes equivalentes.



Fonte: Autores (2017)

O índice de compacidade espacial pode ser definido pela relação entre a superfície da esfera de igual volume e a superfície da envoltória do edifício, que é formada por suas paredes e lajes externas. Este índice pode ser obtido por:

$$I_{ce} = (S_{esfera} / S_{env}) \cdot 100 \quad (7)$$

Onde  $S_{esfera}$  é igual à superfície da esfera com volume equivalente e  $S_{env}$  é a soma das áreas que compõem a envoltória do edifício. Arquimedes (287- 212 AC) mostrou que a superfície da esfera é equivalente à superfície do cilindro que circunscreve a esfera. Ele também descobriu que o volume da esfera é igual a 1/3 do volume do cilindro que circunscreve, resultando:

$$S_{esfera} = 4\pi r^2 \quad \text{e} \quad V_{esfera} = (4\pi r^3)/3 \quad (8)$$

Considerando o volume da esfera igual ao volume do edifício projetado ( $V_p$ ):

$$R = (3V_p / 4\pi)^{1/3} \quad (9)$$

Assim, o Índice de Compacidade espacial pode ser expresso por:

$$I_{ce} = [4\pi (3V_p / 4\pi)^{2/3} / S_{env}] \cdot 100 \quad (10)$$

onde  $V_p$  é o volume dos espaços internos e  $S_{env}$  corresponde à soma das áreas que compõem a envoltória do edifício.

De acordo com esta formulação, o índice de compacidade espacial de um cubo é igual a 80,6%, sendo que o valor máximo deste índice corresponde a uma esfera completa (100%). A princípio, pode-se adotar os mesmos critérios de avaliação dos índices de compacidade utilizados por Oliveira (1993) para as áreas no plano horizontal. Assim, o quadrado que tem o círculo como

referência apresenta  $I_{ce} = 88,6\%$  e o cubo que tem a esfera como referência para a determinação da compacidade tem  $I_{ce} = 80,6\%$ .

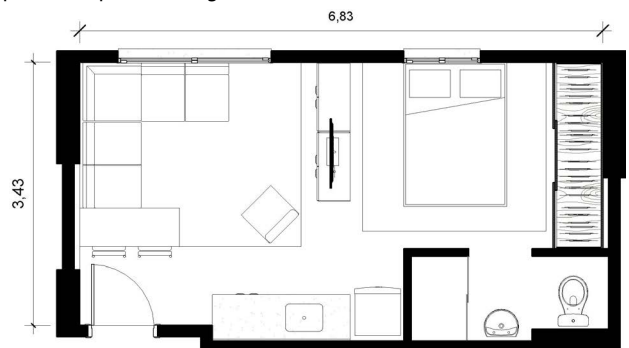
### 3. COMPACIDADE NA ARQUITETURA

Na fase de projeto, geralmente se busca a integração de espaços arquitetônicos, ainda que realizada de modo intuitivo no sentido de adequá-los ao uso específico. Longos corredores e pequenos espaços, em que uma dimensão predomina sobre a outra, impedem com frequência o uso adequado, produzindo espaços que dificultam a inserção de móveis e equipamentos. A questão que se coloca é se a compacidade pode facilitar o uso de espaços e também proporcionar uma melhor iluminação natural, visto que torna as paredes e janelas mais próximos. De modo semelhante, espera-se que os espaços ditos compactos possam tornar mais eficiente o condicionamento do ar, ao reduzindo as amplitudes de temperatura do ambiente interno.

#### 3.1. Determinação dos Índices de compacidade

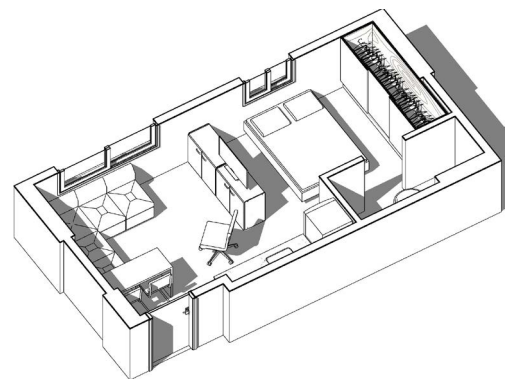
Para facilitar a compreensão dos conceitos e do método de determinação da compacidade utiliza-se como exemplo o apartamento compacto, mostrado nas Figuras 6 e 7.

Figura 6: planta baixa do apartamento compacto projetado pela empresa BKO para uma região central da cidade de São Paulo.



Fonte: adaptado de Mariani (2014)

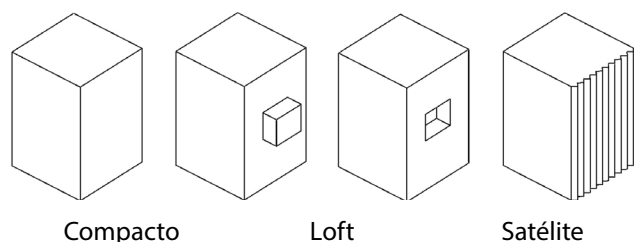
Figura 7: perspectiva do referido apartamento compacto.



Fonte: Autores (2017)

A área térrea do apartamento mostrado na Figura 06 é igual a  $23,43 \text{ m}^2$  ( $3,43 \times 6,83 \text{ m}$ ) e seu volume, mostrado na Figura 07, é igual a  $63,25 \text{ m}^3$  ( $3,43 \times 6,83 \times 2,7 \text{ m}$ ). A superfície da envoltória é de  $102,25 \text{ m}^2$ , o coeficiente de forma  $S_{env}/V = 1,61$  e o índice de compacidade espacial  $IC_e = 75,4\%$ . Se o apartamento tiver seu pé-direito ampliado, transformando-se em um loft com altura igual a  $5,10 \text{ m}$ , pode-se um mezanino em metade da área construída, como mostrado na Figura 08. Nesta configuração, a área de piso é  $35,13 \text{ m}^2$ , o volume é equivalente a  $119,47 \text{ m}^3$  e a superfície da envoltória é  $153,49 \text{ m}^2$ . Como resultado o Índice de compacidade da planta baixa  $I_c = S_{env}/V = 1,28$  e o índice de compacidade espacial  $IC_e = 77,4\%$ .

Figura 8: apartamento compacto ( $h = 2,7 \text{ m}$ ), apartamento loft ( $h = 5,1 \text{ m}$ ) e apartamento satélite ( $r = 5,05 \text{ m}$ ).



Fonte: Autores (2017)

Pode-se ver no Quadro 2 que o coeficiente de forma ( $C_f$ ) do modelo Compacto é de  $1,61$  passando para  $1,28$  no modelo Loft. Isto corresponde a uma redução de  $27,7\%$ . De outra parte, pode-se observar nestes dois modelos, que o índice de compacidade espacial aumenta de  $75,4$  para  $77,4$ . Isto corresponde a um aumento de compacidade de  $2,65\%$ . Deve-se lembrar que se o apartamento fosse um cubo, o índice de compacidade seria igual a  $80,6$ . O apartamento com o mesmo volume em forma de esfera tem  $6,05 \text{ m}$  de diâmetro, a superfície de sua envoltória é  $116,84 \text{ m}^2$  e o seu volume é  $119,47 \text{ m}^3$ . Neste último modelo o coeficiente de forma ( $C_f$ ) é igual a  $0,98$  e o índice de compacidade espacial é máximo ( $100\%$ ). Por fim, a partir destas determinações, pode-se concluir que os índices que definem a compacidade dos modelos exemplificados não varia linearmente, pois fundamentam-se em diferentes métodos de cálculo.

Quadro 2: características geométricas dos três modelos de apartamento

Características	Compacto	Loft	Satélite
Área construída	$23,43 \text{ m}^2$	$35,1 \text{ m}^2$	$35,13 \text{ m}^2$
Volume	$63,42 \text{ m}^3$	$119,4 \text{ m}^3$	$119,47 \text{ m}^3$
Envoltória	$102,25 \text{ m}^2$	$153,5 \text{ m}^2$	$116,84 \text{ m}^2$
Coeficiente de Forma	$1,61$	$1,28$	$0,98$
Índice compacidade espacial	$75,4\%$	$77,4\%$	$100\%$

Fonte: Autores (2017)

### 3.2. A eficiência energética em espaços compactos

De acordo com Depecker et al. (2001), edifícios com baixo fator de forma mostram-se mais adequados em climas mais severos, pois reduzem consideravelmente as superfícies de trocas de energia. Esses autores utilizaram o coeficiente de forma ( $C_f$ ) para caracterizar a forma de um edifício e estabelecer a relação com as superfícies das envoltórias na simulação computacional de catorze prédios com diferentes configurações sob dois tipos de clima: severo e leve. Os resultados mostram que em clima ameno o coeficiente de forma não é tão representativo no consumo de energia. De outra parte, observa-se substancial aumento de consumo de energia quando o coeficiente de forma é baixo em clima com condições severas.

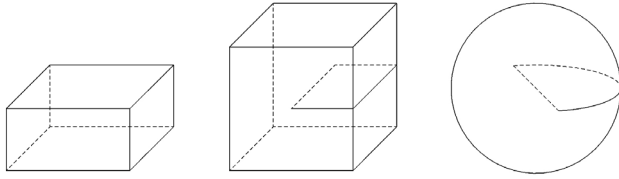
Vale lembrar que os espaços compactos podem facilitar a iluminação natural do ambiente interior, reduzindo o consumo de energia para iluminação artificial. Do mesmo modo, espaços mais compactos possibilitam uma melhor distribuição do fluxo de ar condicionado. Espaços em que uma dimensão predomina sobre os outros podem influenciar negativamente no fluxo de ar, uma vez que diminui a velocidade do ar, dificultando o acesso às áreas mais distantes.

### 3.3. A compacidade das fachadas e coberturas dos edifícios

A composição do invólucro pode ter elementos adicionais, reentrâncias, máscaras e aberturas que modificam a relação superfície/volume. Estas variações podem ocorrer na cobertura dos edifícios e / ou nas suas paredes, como pode ser visto nas Figuras 09 e 10. Podem ainda ser introduzidos na construção das fachadas recortes ou adendos, que são utilizados para produzir volumes, tais como bay-windows, balcões envidraçados e varandas.

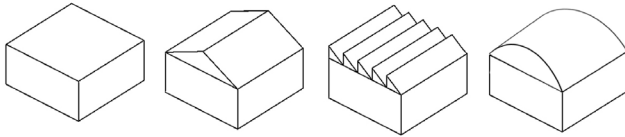


Figura 9: adições e subtrações nas fachadas.



Fonte: Autores (2017)

Figura 10: adições e subtrações nos telhados.



Fonte: Autores (2017)

Outro aspecto a ser considerado é que a espessura da envoltória dos edifícios tem sido reduzida ao longo dos últimos anos, em função do melhor desempenho técnico dos materiais e sistemas construtivos empregados. Sem a função estrutural as paredes podem ter diferentes camadas de modo a atender requisitos e especificações normativas. Estas camadas são tecnicamente dimensionadas para se tornarem mais eficientes, resultando em camadas mais finas que podem aumentar as áreas uteis e o volume útil do edifício. Ao se considerar o volume útil para determinação do coeficiente de forma, fachadas com menor espessura aumentam a compacidade do edifício. Segundo Barth e Vefago (2016), as fachadas compactas com múltiplas camadas, tendem a ser mais leves, o que pode reduzir as quantidades de materiais e facilitar a construção do edifício. As fachadas pré-fabricadas podem ter diversas camadas que podem ser previamente inseridas na fábrica e ainda receber camadas internas complementares *in situ* de acordo com as exigências e características do edifício.

### 3.4. A compacidade e a funcionalidade dos espaços

Os espaços compactos, aqueles que apresentam dimensões reduzidas com relação às dimensões usuais, mostram-se particularmente mais suscetíveis a mudança na configurações de uso e de *lay-out*. Espaços compactos exigem otimização e compatibilização de usos, no sentido de harmonizar os espaços necessários para a operação e manipulação de equipamentos e móveis. Quanto menor o espaço, maior é a relevância da compacidade espacial, podendo-se utilizar móveis e equipamentos multifuncionais para atender as diferentes necessidades dos usuários. Assim, o índice de compacidade pode servir como um indicador de como priorizar e otimizar o uso de um edifício. Neste âmbito, a compacidade espacial também

pode contribuir para adequar os espaços aos tipos de usos. Edifícios com áreas reduzidas e espaços minúsculos muitas vezes apresentam problemas de funcionalidade devido ao uso de mobiliário tradicional e equipamentos domésticos que exigem espaços adequados para seu uso e manuseio. Espaços pequenos e compactos, como mostrado na Figura 11, tendem a induzir funções sobrepostas, o que pode agravar conflitos de uso. Quanto maior a compacidade da edificação, maior é a necessidade de otimizar os espaços internos e compatibilizar seus usos.

Figura 11: protótipo da Casa Multifuncional "Living in the city" da Companhia Tailandesa Apostrophe.



Fonte: GizMag

### 3.5. A compacidade de moveis e equipamentos

É comum em pequenos espaços que os conflitos ocorram no uso de móveis e equipamentos devido à variedade de tipos, às variações de suas dimensões e aos espaços necessários para a operação. Além de buscar a compacidade deste equipamento é necessário atender ao uso simultâneo e / ou sequencial, de modo a garantir a segurança e a satisfação dos usuários, evitando conflitos e incompatibilidades. De acordo com Ron Barth (2013), quanto menor o espaço, melhor deve ser a sua qualidade arquitetônica, pois as falhas e inadequações dimensionais são facilmente detectadas, reduzindo tolerâncias e dificultado o uso preciso de seus equipamentos e mobiliários. Deste modo, o projeto dos espaços pequenos se deve atentar os aspectos funcionais e às especificidades dos usuários, como pode ser visto na Figura 12. Nesses espaços compactos, móveis multifuncionais com grande flexibilidade de uso podem ser ajustados de tal modo que a maioria dos móveis convencionais não o permitem.

Figura 12: habitação com espaços multifuncionais projetados por Ron Barth (2013).



Fonte: Life Edited

### 3.6. A compacidade e os custos de construção

Em uma primeira avaliação, é comum adotar as áreas construídas para determinar o custo de um edifício, esquecendo que os custos não são apenas proporcionais às áreas dos pisos, mas também dependem das quantidades de paredes, materiais e revestimentos usados internamente e na envoltória do edifício. Assim, a compacidade e a disposição dos elementos de construção influenciam diretamente os custos de construção. Mascaro (1995) destaca a influência da compartimentação no custo de materiais e mão-de-obra na construção do edifício. É comum pensar que a redução de áreas de piso térreo de uma casa ou um edifício reduz os seus custos na mesma proporção. O autor assinala que os custos são diferentes para as superfícies horizontais e verticais, bem como para os equipamentos e instalações. Pensar que a redução nas áreas de um edifício leva a uma proporcional redução nos custos totais de construção é um erro grosseiro, ainda frequente no setor de edificações. No caso de um hospital, o autor através de um cálculo simplificado, levou a uma redução de 8,3% nos custos para uma redução de 10% na área do piso. Isto é devido a uma não linearidade na redução das áreas do pavimento térreo com os respectivos volumes e materiais para a realização do edifício. Da mesma maneira, paredes, divisórias, tetos, revestimentos e instalações têm custos que não podem ser reduzidos na mesma proporção como é feito na área construída. A compacidade, como visto anteriormente, também pode ser usada como um indicador do desempenho do edifício e dos custos com materiais e instalações para torna-lo energeticamente mais eficiente.

## 4. CONCLUSÃO

O entendimento da relação entre compacidade e multifuncionalidade dos espaços permite estabelecer princípios

projetuais que conduzam a propostas adaptativas a novas formas de viver em espaços de dimensões reduzidas. Assim, pode-se concluir que uma redução significativa no tamanho dos espaços requer atenção especial no que diz respeito ao projeto arquitetônico e a flexibilidade construtiva para atender às necessidades dos usuários. Este trabalho destaca a necessidade de adequar as novas formas de comportamento e multifuncionalidade que produz esses sofisticados ambientes com móveis flexíveis e dispositivos polivalentes. A compacidade na arquitetura é vista frequentemente como algo que é produzido em duas dimensões, onde as formas geométricas e o ambiente construído são analisados em planta baixa. No entanto, é relevante analisar a qualidade dos espaços e a compacidade espacial, pois os equipamentos e móveis são tridimensionais e, pois, necessitam de espaço adequado para seu uso e manuseio. Neste trabalho buscou-se caracterizar as diferenças entre espaços pequenos e compactos. Observou-se que a funcionalidade de áreas reduzidas pode ser melhorada com compacidade espacial, pois eles facilitam a distribuição de móveis e equipamentos. Quanto menor o espaço, mais relevante torna-se a compacidade espacial e a multifuncionalidade de seus elementos. Deste modo, modelos e estratégias de design podem garantir a plena funcionalidade e boa qualidade dos elementos arquitetônicos. Como se pode constatar, a redução das áreas construídas não implica uma redução significativa nos custos de construção, pois não há relação linear da área construída com outros elementos arquitetônicos, tais como paredes, lajes, telhados, equipamentos e instalações. Vale destacar que os componentes que formam as partes horizontal e vertical têm custos unitários diferentes, aumentam a complexidade na composição de custos e tornam a redução da área construída pouco eficaz na redução do custo total do edifício. Portanto, para reduzir as áreas construídas e aumentar a compacidade dos espaços, são necessárias estratégias de design adequadas às novas formas de vida e à complexidade de novos móveis e equipamentos. Os resultados mostram que espaços pequenos e compactos tendem a apresentar funções sobrepostas, o que pode exacerbar os conflitos de uso, especialmente em espaços multifuncionais.

## AGRADECIMENTOS

Os autores desejam agradecer o apoio financeiro disponibilizado pela CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e pela FAPEAM (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas) para o desenvolvimento desta fase da pesquisa, com o apoio do Governo do Estado do Amazonas.



## REFERÊNCIAS

- ABECIP - **Associação brasileira das entidades de crédito imobiliário e poupança**. Disponível em: <<https://www.agenciadocredito.com.br/conheca-mais-o-sbpe-sistema-brasileiro-de-poupanca-e-emprestimo>>.
- ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 12721. **Norma Técnica de elaboração de custos da construção civil**. Rio de Janeiro. 2016.
- ALMEIDA, M. **O desejo de desmaterialização da arquitetura: a plasticidade como processo**. Revista de pesquisa em arquitetura e urbanismo. Programa Pós-graduação Instituto de Arquitetura e Urbanismo, n.14, 2011.
- BARTH, R. **Resource Furniture**. Disponível em: <<http://www.lifeedited.com/we-talk-to-ron-barth-of-resource-furniture/>>. Acesso em 18 dez. 2013.
- BARTH, R. <https://www.youtube.com/watch?v=dA-a6bOWB8qY>. Em 18.12.2014.
- BARTH, F. e VEFAGO, L.M. **Tecnologia de Fachadas Pré-fabricadas**. Florianópolis, Editora da UFSC. 2016.
- DEPECKER, P.; Menezo, C.; Virgone, J.; Lepers, S. **Design of buildings shape and energetic consumption**. Building and Environment, Elsevier, v. 36, 2001, 627-635.
- IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Sinopse do Censo Demográfico 2010.
- KISNARIN, R. **Functionality and adaptability of low cost apartment space design a case of surabaya indonesia**. Netherlands. 2015.
- KISNARIN, R. et all. **Importance of lifespan inclusion in low cost apartment design in developing countries. International Symposium of Developing Economies**. CIB 107. P. 428-436. Penang. Malasia. 2009.
- LIN, M.; Pan, Y.; Long, weiding, Chen; Weizhen. **Influence of Building Shape Coefficient on Energy Consumption of Office Buildings in Hot-Summer-and-Cold-Winter Area of China**. School of Mechanical Engineering, Tongji University, Shanghai. 2014.
- MARCIOTTO, M. **Impact of city verticalization on surface urban energy budget- A modeling study**. The International Conference Urban Climate. Yokohama. 2009.
- MARIANI, A. **Mercado de imóveis ultracompactos. Revista construção**. Mercado Negócios de Incorporação. N 153. Editora PINI. São Paulo. 2014.
- MASCARO, J.L. **O custo das decisões arquitetônicas no projeto de hospitais**. Série Saúde & Tecnologia Brasília, Ministério da Saúde. 1995.
- NBE-CT. **Condiciones Térmicas de los Edificios**. Norma Básica de la Edificación. Madrid, 1979.
- NRE-POLI. **Perspectivas para o Setor do Real Estate Brasileiro 2014**. Comitê de Mercado. Núcleo Real State. Escola Politecnica da Universidade de S.Paulo. 2014.
- OLIVEIRA, M; Lantelme, E; Formoso, C. **Sistema de Indicadores de Qualidade e Produtividade da Construção Civil**. Manual de Utilização. Sinduscon, P. Alegre, 1993.
- PACHECO, E. **Análise da participação da iniciativa privada na potencial solução do déficit habitacional**. Universidade Federal do Ceara. Fortaleza. 2008.
- SECOVI-SP. **Pesquisa do Mercado Imobiliário. Departamento de Economia e Estatística**. Sindicato da Habitação SP. Sao Paulo. 2016.
- UNITED NATIONS. **Revision of World Population Prospects. Final Report**. The Department of Economic and Social Affairs. New York. 2015.
- VASQUEZ, C. **El diseño del sistema de cerramiento. Cuadernillo de la técnica**. ARQ. Número 82. Dezembro de 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-69962012000300017> Em: 01.09.2016.