

## **Forma Urbana: uma discussão sobre compactidade e desempenho.**

### *Urban form: a discussion on compactness, and performance.*

**Juliana L. Motta Maia, mestranda do PPGAU, Universidade Federal Fluminense.**

juliana.musarq@gmail.com

**Vinicius M. Netto, Dr, Universidade Federal Fluminense**

v1n1netto@yahoo.co.uk

#### **Resumo**

A análise do desempenho da forma, central nos debates urbanísticos e em sustentabilidade, demanda a definição de fatores capazes de representar propriedades espaciais com precisão e simplicidade. O artigo reúne e discute os principais indicadores disponíveis de análise da forma urbana e constrói uma crítica a sua habilidade de identificar e lidar com propriedades da forma. Em seguida, é proposto um novo indicador de compactidade, que considera a tridimensionalidade da forma, ausente em indicadores anteriores. Através de métodos estatísticos, o indicador sugerido é então testado e confrontado com indicadores utilizados em pesquisas empíricas na cidade do Rio de Janeiro. Finalmente, esses diferentes indicadores são avaliados quanto à sua capacidade descritiva, facilidade de avaliação e aplicabilidade. Os achados apontam graus de similaridade entre características bidimensionais e tridimensionais da forma urbana e corroboram fortemente a hipótese dos benefícios da forma contínua e compacta para efeito social e microeconômico local.

**Palavras-chave:** Morfologia Urbana; Compactidade 3D; Indicadores de desempenho.

#### **Abstract**

*The analysis of urban form performance, key on urban debates and sustainability, calls for a definition of factors capable of representing spatial properties in a simple and precise way. The paper brings together and discusses the main indexes available on urban form analysis and build up an argument on its capacity of indentifying and dealing with the form`s properties. Next, it is proposed a new compactness index, which considers the third dimension of the form, absent in prior indexes. Via statistical methods, the suggested index is tested and confronted with indexes utilized on empirical researches in Rio de Janeiro city. Finally, these different indexes are evaluated for its descriptive capacity, facility of evaluation and applicability. Findings point to grades of similarity between bidimensional and tridimensional characteristics of the urban form and corroborate to the assumption of the benefits of the continuous and compact form for social and microeconomic local effects.*

**Keywords:** Urban morphology; 3D Compactness; Performance Indexes

## 1. Introdução

Fundamental no alcance da sustentabilidade urbana, o debate sobre desempenho da forma está polarizado entre duas construções emblemáticas: a cidade compacta e a cidade dispersa. Indicadores de densidade, compacidade e ocupação vem sendo usados para defender ou rejeitar o argumento da cidade compacta. No entanto, o rigor dessas medidas em relação a sua capacidade de identificar e representar características e propriedades da forma urbana parece discutível. O artigo inicialmente argumenta que (1) os indicadores usados tendem a considerar a configuração espacial da forma de modo aparentemente superficial, sobretudo no que tange à sua tridimensionalidade. Para tanto, revisa criticamente indicadores de caracterização da forma, como a compacidade bidimensional e medidas de ocupação. Em seguida, (2) aponta a ausência da tridimensionalidade nos exames de características e desempenho da forma na literatura; e (3) explora a possibilidade de avaliação da forma, via medida de *compacidade tridimensional*, de modo a aplicá-la a duas formações arquetípicas, *dispersa* e *compacta*, em dois contextos distintos, um *ideal* e outro *real*. (4) Uma vez testada a viabilidade da medida, o artigo confronta indicadores de forma entre si, apontando a existência de graus de similaridade e diferenças entre eles, e discutindo seu grau de complexidade e aplicabilidade. (5) Finalmente, essas diferentes medidas de características espaciais são postas em uso na forma de ‘indicadores de desempenho da forma’ em relação ao comportamento de fatores sociais, como a presença de pedestres no espaço público ou à diversidade de atividades, no exame de casos empíricos em 24 áreas na cidade do Rio de Janeiro. O artigo busca verificar o quanto os fatores espaciais se comportam como indicadores de desempenho *social* da forma urbana.

## 2. O debate sobre desempenho da forma, suas propriedades e indicadores

Especialmente nas duas últimas décadas, podemos identificar um intenso debate a respeito do da sustentabilidade do ambiente construído, e no que se refere a seu impacto em dinâmicas ambientais, sociais e microeconômicas em diferentes escalas (VETTORATO, 2011). O dado comum a esses trabalhos é a preocupação com o *desempenho* de diferentes morfologias urbanas.

Desde a década de 1970, com a crescente força do discurso ambiental, foram propostos modelos de morfologia e cidade tidos como mais apropriados, sobretudo em termos ambientais. Entre as principais propostas estão os modelos do Novo Urbanismo, o Desenvolvimento Orientado pelo Trânsito (*Transit Oriented Development – TOD*) e da ‘cidade compacta’. Apesar de cada modelo valorizar aspectos em particular, a maioria dá suporte às configurações espaciais densas e compactas, atreladas a sistemas de transporte público eficientes. Entre os benefícios atribuídos ao desenvolvimento compacto, estariam a otimização do uso das infraestruturas urbanas, o aumento da eficiência energética, a melhoria do uso das águas e a redução da poluição; o aumento das oportunidades de interação social e da sensação de segurança pública, bem como a democratização do espaço público urbano. Em relação à qualidade ambiental, as principais vantagens estariam na redução dos efeitos do aquecimento global, pela diminuição da dependência de carros privados, e na preservação dos campos verdes e das terras agricultáveis (JENKS et al., 1996). Apesar dessas aparentes vantagens, possíveis problemas são ponderados: a segregação social provocada pelos altos custos de moradia, gerados pela concorrência por

solo; a redução das áreas verdes urbanas; a possibilidade da população preferir o transporte particular, mesmo com um transporte coletivo eficiente; e o possível aumento da concentração dos gases poluentes no meio urbano.

Ainda que o desenvolvimento compacto seja o mais exaltado como modelo de sustentabilidade, alguns autores (ECHENIQUE et al., 2012; WILLIAMS et al., 2000) apontam que as evidências empíricas à esse respeito ainda são limitadas e muitos dos benefícios ainda não estariam corroborados. Entretanto, a forma urbana dispersa também é objeto de críticas: à produção espacial com alto consumo de tempo e energia; ao estímulo ao uso do transporte individual e, conseqüentemente das emissões atmosféricas; ao consumo excessivo de solo, que leva à baixa eficiência no uso do mesmo; ao aumento dos custos de infraestrutura de serviços e da ineficiência em seu fornecimento; à perda do sentido de comunidade; aos custos para a atividade econômica; e à segregação socioeconômica. Hasse e Lathrop (2003) ainda afirmam que esse tipo de ocupação tende a gerar redes de infraestrutura descontínuas, desorganizadas e ineficientes.

O debate em torno do desempenho da forma urbana e seus arquétipos incluem abordagens quantitativas aos padrões de ocupação do solo. Entre os pioneiros está Alonso (1964) e o modelo do gradiente de distribuição de valores, usos do solo e densidades a partir de um único centro. O estudo clássico de Newman e Kenworthy (1989) também utiliza a *densidade*, associada a outros indicadores urbanos, para avaliar o desempenho da forma urbana em relação ao consumo de combustível, reunindo as primeiras evidências empíricas a favor da cidade compacta. Este indicador é utilizado, mesmo no presente, em pesquisas como a de Sorensen (2009), que relaciona densidade aos congestionamentos nas vias expressas em Los Angeles, e Chakrabarti (2013) que relaciona densidade urbana, sistema de transporte e infraestrutura. Ambos encontram resultados que corroboram o modelo compacto. Hoje, a literatura oferece um leque extenso de indicadores de características da forma urbana e de certos aspectos de seu desempenho (quadro 1).

TRABALHO	VARIÁVEIS QUE ANALISA
Galster et al (2001)	Densidade; Centralidade; Proximidade; Nuclearidade; Continuidade; Concentração; Aglomeração; e mistura de usos.
Tsai (2005)	Tamanho metropolitano, Densidade, Grau de distribuição e Grau de agrupamento.
Huang, Lu e Sellers (2007)	Densidade; Compacidade; Complexidade; Centralidade; e Porosidade.
Ojima (2007)	Densidade; Fragmentação; Linearidade; Integração/Centralidade
Torrens (2008)	42 variáveis associadas ao Desenvolvimento Urbano; Densidade; Características Sociais; Dinâmicas dos espaços; Fragmentação; Descentralização; e acessibilidade.
Berghauer Pont e Haupt (2009)	Índice de Aproveitamento, Taxa de Ocupação e Número de Pavimentos, Índice de Espaços Abertos Densidade da Rede Largura (média) das ruas (b) e das quadras.
Frenkel e Ashkenazi (2008)	Configuração (densidade; irregularidade da forma; fragmentação); Composição (usos)
Ribeiro (2009)	Indicador de dispersão; integração; densidade viárias; ociosidade per capita
Salvação (2012)	Índice de percentagem de ocupação urbana; número de manchas por km <sup>2</sup> ; Indicador de centralidade média; compacidade média; dimensão fractal média; proximidade média.
Paim e Faria (2014)	Indicador de compacidade; Medida de compacidade urbana; Indicador de continuidade.

**Quadro 1 – Fatores da forma urbana em abordagens recentes. Fonte: Elaborado pelos autores.**

Um dos indicadores mais utilizados é o de dispersão, de Bertaud e Malpezzi (2003). O indicador de dispersão  $\rho$  é apresentado como a razão entre a distância média por pessoa do Centro de Comércio e Serviços (CCS) e a distância média do centro de gravidade de uma

cidade cilíndrica, cuja base seria igual à área construída, e cuja altura seria a densidade populacional média (equação 1):

$$\rho = \frac{\sum_i d_i w_i}{C} \quad (1)$$

Sendo:

$\rho$  - indicador de dispersão;  $d$  - distância do centroide de cada setor urbano para o CCS;  $w$  - população de cada setor urbano;  $C$  - valor hipotético para uma cidade cilíndrica de população e área construída equivalente.

Ao analisar este indicador, Ribeiro (2009) aponta que ele é capaz de ilustrar como a cidade ocupa o espaço, e permite considerações quanto aos custos de deslocamento, implementação de infraestrutura e urbanização. Por outro lado, o autor ressalta o fato deste indicador ser baseado em população, o que gera possibilidade de distorções, quando há uma grande concentração demográfica próxima ao Centro de Comércio e Serviços (CCS), como é o caso de Florianópolis, testada empiricamente por ele.

Outro indicador aplicado, especialmente em pesquisas no Brasil, e que parte do indicador de Bertaud e Malpezzi, é o de dispersão, proposto por Holanda (2002). Segundo o autor, seu indicador de dispersão exploraria variáveis propriamente morfológicas, capazes de informar mais precisamente um processo de desenho urbano. Sua proposta consiste em comparar a forma da cidade analisada à forma circular de uma cidade hipotética, de área equivalente. A fórmula para calcular o indicador de dispersão é a seguinte (equação 2):

$$\rho = \frac{\sum_i d_i p_i}{PC} \quad (2)$$

Sendo:

$\rho$  - indicador de dispersão;  $d$  - distância do centroide de cada setor urbano ao centro da cidade;  $p$  - população de cada setor urbano;  $P$  - população urbana total; e  $C$  - distância média dos pontos de um círculo, de área equivalente à da cidade analisada, ao seu centro (que é igual a 2/3 de seu raio, valor obtido por meio de cálculo integral).

Em sua investigação sobre indicadores ligados à forma, Ribeiro (2009) analisa comparativamente 60 cidades ao redor do mundo e se utiliza dos indicadores de dispersão de Holanda (2002) e de Bertaud e Marlpezzi (2003), encontrando resultados diferentes para cada um. Ele propõe que uma composição ajudaria a entender melhor a realidade urbana. Holanda (2002) ainda apresenta um indicador alternativo, mas endereçado ao mesmo problema: a medida de *Compacidade Axial*. A compacidade axial parte das técnicas da sintaxe espacial e explora variáveis morfológicas, por isso, seria capaz de informar, mais precisamente, um processo de desenho urbano. Trata-se de uma proposta

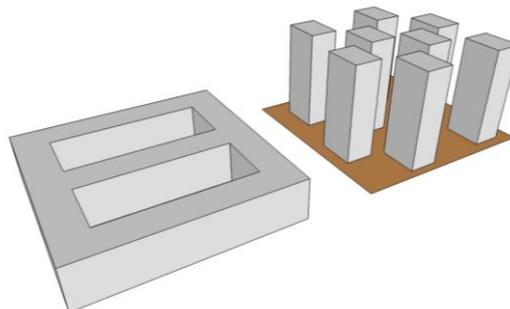
simples: divide-se o número de eixos de vias (linhas axiais) por unidade de área. Para obter a média, “circunscrevemos o conjunto de linhas axiais a que foi reduzido o sistema urbano, com o menor polígono convexo possível, e calculamos a divisão entre o número de linhas do sistema e a área de tal polígono” (HOLANDA, 2002: 65). Holanda aponta que a medida é capaz de refletir a ocorrência de espaços não ocupados no tecido urbano, mas que possui limitações, como a de não considerar as densidades urbanas ou sua distribuição no espaço, devendo ser utilizada em associação com outros indicadores que considerem essa dimensão. Por fim, identificamos o indicador de compacidade de Huang, Lu e Sellers (2007), que considera o formato de *manchas* urbanas (equação 3). Quanto mais regular for a forma da mancha urbana e mais diminuto for o número dessas manchas numa dada área, maior o valor da compacidade.

$$CI = \frac{\sum_i P_i/p_i}{N^2} = \frac{\sum_i 2\pi \sqrt{si/\pi/P_i}}{N^2} \quad (3)$$

Sendo:

*CI* - Indicador de Compacidade; *si* e *pi* - área e perímetro da mancha urbana (patch); *Pi* - perímetro de um círculo com a área de *si*; *N* - número total de manchas urbanas (patches).

De um ponto de vista crítico, a redução da forma à sua bidimensionalidade tem sido uma característica em comum entre os indicadores disponíveis na literatura. Surpreendentemente, a compacidade, a fragmentação ou a dispersão materializada na *terceira dimensão* não aparecem problematizadas por essas abordagens. Outros indicadores de compacidade gerados por medidas *fractais* também se limitam à forma bidimensional urbana (e.g. BATTY E LONGLEY, 1994). Uma diluição similar da configuração tridimensional da forma é encontrada em outras medidas, que tendem a não considerar os objetos construídos encontrados nas cidades, como é o caso dos indicadores de *dispersão* [REF]. Finalmente, indicadores de *densidade* em geral tendem a basear-se em medidas populacionais ou em taxas de densidade construída, que passam a guardar pouca relação com a forma urbana em sua configuração tridimensional arquitetônica. Reconhecida sua utilidade geral, esses indicadores apresentam severa limitação para representar a configuração forma e, portanto, não permite esgotar suas implicações. A figura 1 ilustra esse argumento ao trazer dois quarteirões com configurações absolutamente distintas e que, no entanto, possuem a mesma densidade, como demonstram Martin e March (1972) (veja NETTO, 2014).



**Figura 1 – Arquétipos de quarteirões com mesma densidade e configurações distintas. Fonte:  
Elaborada pelos autores a partir do software Google SketchUp.**

Um passo em direção a uma definição precisa de compacidade capaz de incluir a terceira dimensão é o reconhecimento da “capacidade que as formas têm de envolver uma maior quantidade de conteúdo com menor quantidade de matéria continente” (ROCHA, 2014:3). Vejamos um modo de capturar essa capacidade espacialmente.

### **3. O desenvolvimento de um indicador de Compacidade Tridimensional**

O desenvolvimento do indicador de compacidade 3D parte de um entendimento intuitivo da forma urbana: podemos dizer que a forma será mais compacta quanto mais próximos seus edifícios estiverem uns dos outros e quanto menor for a quantidade de espaço livre deixada pela configuração espacial de seus edifícios. Esse princípio pode ser traduzido na razão do somatório dos volumes das edificações pelo volume de um sólido ideal, que inclua tanto o *volume das edificações* quanto o *volume de espaço livre* gerado entre edificações (equação 4):

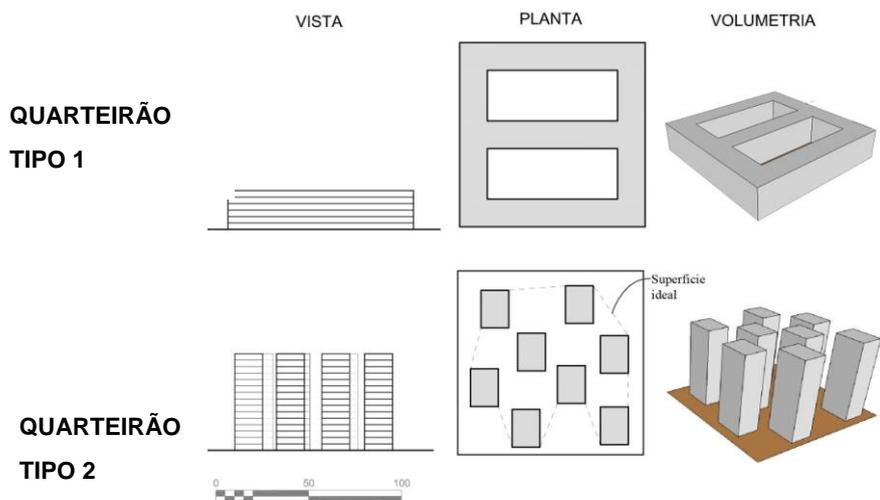
$$Ind\ Comp\ 3D = \frac{\sum V_e}{V_i} \quad (4)$$

Sendo:

$V_e$  - volume das edificações;  $V_i$  - volume do sólido ideal.

Para medir o *volume* desse sólido ideal, calculamos a *área da 'base' do quarteirão* a partir do menor polígono possível capaz de circunscrever as projeções das fachadas externas das edificações. Multiplicamos então a área dessa base pela *altura média* das edificações no quarteirão ou trecho analisado. A proposta deste indicador de compacidade não pretende esgotar as possibilidades de captura da propriedade em si, mas abrir caminhos nesse campo, ainda em exploração.

Naturalmente, a utilidade desse indicador da forma depende de aplicações a casos distintos e da representatividade e sentido empírico dos valores de compacidade encontrados. Para tanto, foram testados dois casos arquetípicos simulados (figura 2) e dois casos reais emblemáticos (figura 3). Na primeira situação, foi testado se o indicador seria capaz de captar a compacidade dada exclusivamente por diferenças de configuração espacial dos blocos edificados. Assim, aplicou-se o indicador de compacidade 3D em dois quarteirões fictícios com a mesma área de base (terreno), área construída igual e somatório de volume dos blocos idênticos, mas com configurações distintas: uma *compacta* (tipo 1) e a outra *dispersa* ou fragmentada (tipo 2).



**Figura 2 – Tipos de quadras propostas. Fonte: Elaborada pelos autores com a utilização dos softwares AutoCAD e Google SketchUP.**

O indicador de compacidade 3D resultante para a quadra do Tipo 1 foi de 0,61 e para a quadra do Tipo 2, 0,41. Confrontados com outras formas de cálculo, estes valores se mostraram capazes de captar a propriedade das formas de envolver uma maior quantidade de conteúdo, com menor ou uma mesma quantidade de matéria – e representar, pelo parâmetro numérico, diferenças de compacidade dadas, exclusivamente, pela configuração espacial dos blocos edificados. Como apontado, em um segundo momento, foi testada a efetividade do indicador em situações reais. Foram analisados dois quarteirões em áreas arquetípicas da cidade do Rio de Janeiro: o primeiro, situado em Copacabana, bairro reconhecido por sua configuração compacta, e o segundo localizado na Barra da Tijuca, bairro emblemático da ocupação dispersa. A coleta de dados foi feita a partir de bases cadastrais da Prefeitura do Rio e com base em imagens do Google Earth.



**Figura 3 – Caso real Copacabana e Tijuca. Fonte: Elaborada pelos autores com base em imagens aéreas do Google Earth 2003.**

O indicador de compacidade 3D resultante foi de 0,68 para o quarteirão em Copacabana e de 0,25 para o quarteirão da Barra da Tijuca, ilustrando a sensibilidade do indicador para reconhecer a diferença de compacidade da forma urbana, dada por diferentes configurações espaciais em situações reais. O processo de coleta de dados, no entanto, mostrou-se oneroso, em função da ausência de um banco de dados municipal que disponibilize informações a respeito das edificações na cidade. Esse é um fator relevante em um contexto onde a informação espacial é escassa, e onde a agilidade de uso e aplicabilidade são qualidades desejáveis. Uma comparação entre medidas da forma urbana se torna de interesse, para que se reconheça seu grau de similaridade, sobreposição e diferença (seção 4) e seu sentido empírico como indicadores de desempenho urbano (seção 5).

#### 4. Comparação entre indicadores da forma urbana

Algumas variáveis espaciais envolvidas no problema da descrição da forma urbana foram comparadas através do confronto estatístico entre o indicador de compacidade 3D proposto e fatores espaciais disponibilizados publicamente pela pesquisa “Efeitos da Arquitetura” (NETTO et al., 2012). Este banco de dados conta com informações detalhadas a respeito de 24 setores censitários sorteados em áreas distintas da cidade do Rio de Janeiro (veja a figura 4, seção 5) com a predominância de edificações em altura (acima de 2 pavimentos), incluindo 500 faces de quarteirão (faixas de lotes ao longo de 250 trechos entre esquinas de rua), com cerca de 3.800 edifícios. Os fatores espaciais considerados foram: densidade de economias (unidades de apartamentos, comércios ou serviços); densidade arquitetônica (somatório da área construída dividida pela área do lote); índice de continuidade (percentual de fachadas contínuas na face do quarteirão); índice de aproveitamento (número que indica a área construída a partir área do lote) e taxa de ocupação (percentual da projeção da edificação sobre a área do lote). Utilizando-se dessas bases de dados, o confronto envolveu correlações estatísticas (tabela 1) baseadas no coeficiente de Pearson, variando entre zero e -1 ou +1 (correlação perfeita negativa ou positiva), com todos os intervalos de confiança acima de 99% (probabilidade da média verdadeira das observações ocorrer).

MEDIDAS DA FORMA	DENS. ARQ.	DENS. ECON.	ÍND. CONTIN.	IND. COMP. 3D
Densidade de Economias	0,541	1	0,278	0,280
Densidade Arquitetônica	1	0,541	0,458	0,483
Índice de Continuidade	0,458	0,278	1	0,612
Indicador de Compacidade 3D	0,483	0,280	0,612	1
Índice de Aproveitamento	0,570	0,665	0,466	0,633
Taxa de Ocupação	0,497	0,331	0,581	0,967

**Tabela 1 – Correlações ( $p < 0,01$ ) entre indicadores apontam grau de similaridade. Fonte: Autores.**

Em geral, as medidas apresentam correlações eloquentes, mostrando ora grau de similaridade, ora diferenças relevantes. Os indicadores de compacidade (tridimensional) e o índice de continuidade (bidimensional) têm correlações similares com a densidade arquitetônica e a de economias, sendo mais próximos à primeira. Ainda apresentam correlação entre si (0,612), o que aponta o grau de similaridade (imperfeita, mas expressiva) entre características tridimensionais e a ‘pele’ do quarteirão em sua interface com o canal da rua. Uma correlação similar é encontrada entre indicadores tridimensionais (IA – Índice de Aproveitamento - e Compacidade), evidenciando formas distintas de análise da forma. Mas o mais surpreendente é a altíssima correlação entre a compacidade

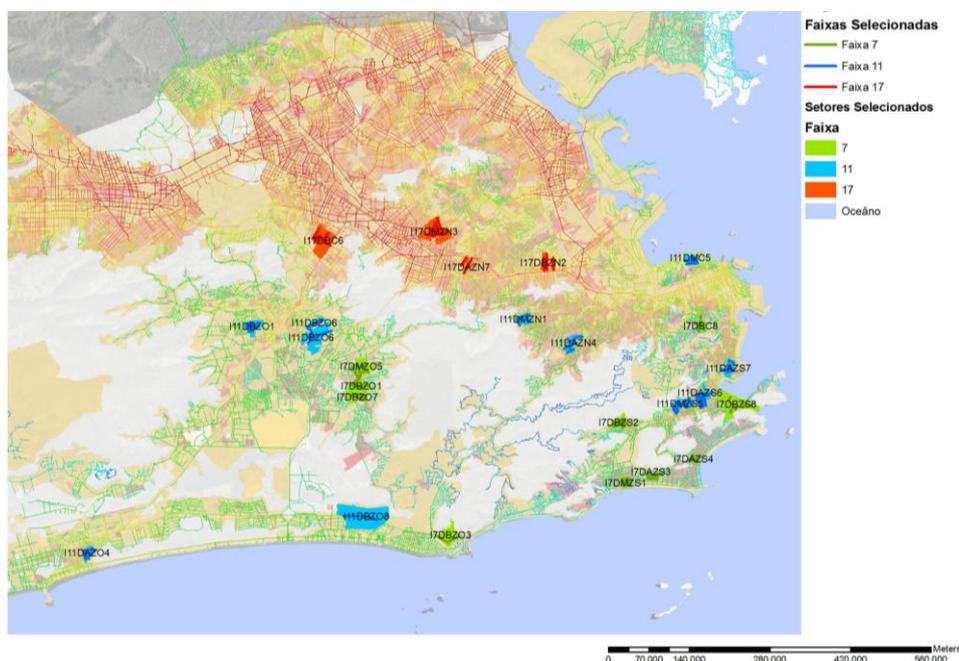
3D e a medida bidimensional da projeção do edifício sobre o solo (TO – Taxa de Ocupação), de 0,967. Essa correlação sugere a possibilidade de utilização dos dados de TO como *proxy* suficiente para indicar, também, variações no grau de compacidade urbana 3D: quando o TO sobe, a compacidade tende fortemente a subir; a queda de TO é um indicador suficiente também para descrever a dispersão e fragmentação tridimensional.

Esse achado contraintuitivo, não identificado na literatura disponível, tem implicações de considerável potencial para a pesquisa da forma e o uso de indicadores para avaliar desempenho urbano. Mas, para tanto, é preciso um último estágio: a verificação da possibilidade de implicações mútuas entre *fatores da forma* e *fatores dinâmicos urbanos*: o exame de medidas da forma como indicadores de *desempenho*.

### **5. A comparação entre medidas como indicadores do desempenho urbano**

É necessário ter claro que avaliar o ‘desempenho da forma’ é diferente de ‘medir a forma’ via propriedades como compacidade ou densidade. Avaliar desempenho significa examinar os impactos da forma sobre dinâmicas para além da forma, como processos sociais, microeconômicos e ambientais, locais ou supralocais. Visando contribuir para esclarecer a discussão do desempenho da forma (e sua variabilidade, de ‘dispersa’ à ‘compacta’), colocou-se esses indicadores em uso, no sentido de verificar quais aspectos da forma têm implicações mais reconhecíveis, especificamente, com fatores sociais e microeconômicos. Fazendo uso do banco de informações de Netto et al. (2012) sobre os ‘efeitos da arquitetura’, foi possível testar o quanto a compacidade dos quarteirões e as demais variáveis espaciais correspondem à: (i) presença de comércio nos térreos das edificações nas 24 áreas levantadas; (ii) diversidade de atividades de térreo, duas fortes expressões do papel da morfologia como expressão da microeconomia e da vida urbana; e (iii) à presença de pedestres em movimento, contados 5 a 6 vezes, por períodos de 2 minutos e 30 segundos durante um dia normal de trabalho, nos 250 trechos de rua, entre faces dos quarteirões levantados.

Como fatores sociais e microeconômicos são sujeitos a outras propriedades da morfologia urbana, como o sistema viário e a acessibilidade, as 24 áreas analisadas foram sorteadas dentro de três níveis de acessibilidade distintos, medida topologicamente em termos de menores caminhos (as ruas que mais encurtam caminhos entre quaisquer pontos da cidade são as mais acessíveis) no *software* Depthmap. A variação de acessibilidade foi dividida em 20 níveis, de baixa à alta, a qual examinados as faixas 7 (baixa), 11 (média) e 17 (alta) (figura 4).



**Figura 4 – Áreas sorteadas na cidade do Rio de Janeiro. Fonte: Netto et al (2012).**

Os confrontos entre fatores espaciais e sociais, evidenciados nas correlações, também se mostram instigantes. Nas áreas, em geral, os indicadores de compacidade e continuidade apresentam correlações positivas com comércio e diversidade, mas inferiores às correlações destes com a densidade arquitetônica e a de unidades econômicas. Isso se inverte em áreas de baixa acessibilidade mais consolidadas, no caso do Rio de Janeiro, (incluindo áreas como Copacabana e Zona Sul): compacidade e continuidade passam a descrever, com mais precisão, a variação da presença de comércio e da diversidade de atividades. A compacidade 3D representa melhor o desempenho da forma nesse sentido.

ÁREAS		DENS. ARQ.	DENS. ECON.	ÍND. CONTIN.	COMPAC. 3D
Em geral	Comércio no Térreo	0,181	0,342	<b>0,067</b>	<b>0,161</b>
	Diversidade Térreo	0,175	0,246	<b>0,181</b>	<b>0,167</b>
	Movimento Pedestre	0,480	0,622	<b>0,268</b>	<b>0,251</b>
De Baixa Acessibilidade	Comércio no Térreo	0,326	0,390	<b>0,353</b>	<b>0,470</b>
	Diversidade Térreo	0,200	0,279	<b>0,300</b>	<b>0,367</b>
	Movimento Pedestre	0,517	0,652	<b>0,418</b>	<b>0,456</b>

**Tabela 2 – Correlações ( $p < 0,01$ ) entre indicadores da forma e de fatores sociais apontam seu grau de precisão como indicadores de desempenho urbano. Fonte: NETTO et al., 2012.**

Uma tendência similar é reconhecível em relação à presença de pedestres nos diferentes níveis de acessibilidade (correlações aumentam em áreas de baixa acessibilidade no Rio). Mas, uma importante diferença aparece: as densidade arquitetônica e a de economias mostram correlações mais expressivas que os indicadores de continuidade e compacidade – ainda que todos se mostrem representativos de tendências do desempenho da forma em relação aos pedestres. Finalmente, a similaridade das correlações entre movimento de pedestres e os indicadores de continuidade e de compacidade 3D também mostram que, a ‘membrana’ da interface entre quarteirão e rua importa quase tanto quanto a forma

considerada totalmente em sua terceira dimensão. A implantação da arquitetura parece importar para pedestres.

## **6. Diferenças entre indicadores da forma: considerações finais**

Alguns dos achados se mostram contraintuitivos e não discutidos em trabalhos anteriores. Medidas bidimensionais, como a de proporção de ocupação do solo (TO) e o indicador de continuidade, parecem suficientes: primeiramente, para efeito da pura descrição da forma, sobretudo, o TO é suficiente para explicar os graus variados da compacidade; em segundo lugar, proporções de continuidade e de ocupação do solo aparecem como medidas quase tão responsivas à presença de comércios, diversidade e pedestres quanto à medida mais complexa de compacidade 3D. Entretanto, o fato da maioria dos trabalhos optarem por medidas bidimensionais (bem-sucedidas na comparação acima) se mostra como uma espécie de feliz acaso – dado que a opção emerge, aparentemente, por facilidade de levantamento e manipulação da informação espacial, sem a realização do confronto sistemático com medidas mais complexas da forma em sua terceira dimensão - proposto por este artigo.

Em geral, no que toca ao desempenho, o aumento da compacidade, da continuidade, das densidades arquitetônica e de economias mostra-se associado positivamente ao aumento da presença de comércios, ao aumento da diversidade de atividades e da presença de pedestres nas ruas. O exame dessas propriedades da forma via indicadores, corrobora fortemente a hipótese dos benefícios da forma mais densa, mais contínua e mais compacta como sendo também a mais sustentável para efeito social e microeconômico local.

Finalmente, as diferenças nas correlações entre indicadores da forma e fatores sociais e microeconômicos locais sugerem que, propriedades espaciais distintas, tenham capacidades de descrição de desempenho ligeiramente distintas – e que, as diferenças, justificam o emprego de indicadores distintos na investigação do desempenho da forma urbana ou da importância de propriedades espaciais para a vida urbana. Entende-se que essas conclusões têm implicações de considerável potencial para a pesquisa da forma e o uso de indicadores de forma para avaliar desempenho em planejamento urbano – especialmente no contexto do debate sobre forma urbana mais sustentável.

## **Referências**

- ALONSO, William. **Location and Land Use**. Cambridge: Harvard University Press, 1964.
- BATTY, M.; LONGLEY, P. (1994) **Fractal Cities: A Geometry of Form and Function**. London: Academic Press.
- BERTAUD, A.; MALPEZZI, S. **The Spatial Distribution of Population in 48 World Cities: Implications for Economies in Transition**. [s.l.]: World Bank, 2003. 86 p.
- CHAKRABARTI, V. **A Country of Cities**. NOVA York: Metropolis Books, 2013.
- ECHENIQUE, M. H. et al. Growing Cities Sustainably. **Journal Of The American Planning Association**, [s.l.], v. 78, n. 2, p.121-137, abr. 2012.
- FRENKEL, A., ASHKENAZI, M. (2008), Measuring urban sprawl: how can we deal with it. **Environment and Planning B: Planning and Design**, Vol. 35, No. 1, pp. 56-79.
- GALSTER, G et al. Wrestling sprawl to the ground: defining and measuring an elusive concept. **Housing Policy Debate**, [s.l.], v. 12, n. 4, p.681-717, 2001.

- HASSE, J.; LATHROP, R. G., A Housing-Unit-Level Approach to Characterizing Residential Sprawl. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, V.69, n. 9, p.1021 – 1030, 2003.
- HAUPT, M.B.P. et al. Per. **Space, Density and Urban Form**. 2009. 303 f. Tese (Doutorado) - Curso de [s.i.], Universidade Técnica de Delft, Holanda, 2009.
- HOLANDA, F. Uma Ponte para Urbanidade. **R. B. Estudos Urbanos e Regionais**, [s.l.], v. 5, p.59-76, maio 2002.
- HUANG, J. et al. A global comparative analysis of urban form: Applying spatial metrics and remote sensing. **Landscape And Urban Planning**, [s.l.], v. 82, p.184-197, 2007.
- JENKS, M.; BURTON, E.; WILLIAMS, K. A sustainable future through the compact city? Urban intensification in the United Kingdom. **Environment By Design**, [s.l.], p.5-20, 1996.
- MARTIN, L.; MARCH, L. (1972) **Urban Space and Structures**. Cambridge: University Press.
- NETTO, V.M. (2014) **Cidade & Sociedade: As Tramas da Prática e seus Espaços**. Editora Sulina: Porto Alegre.
- NETTO, V.M.; VARGAS, J.C.; SABOYA, R.T. “(Buscando) Os efeitos sociais da morfologia arquitetônica” **Urbe: Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 4, n. 2, 261-282, 2012.
- NEWMAN, P. W G; KENWORTHY, J. R. Gasoline Consumption and Cities: A Comparison of U.S. Cities with a Global Survey. **Journal Of The American Planning Association**, [s.l.], v. 55, p.24-37, 1989.
- PAIM, D.; FARIA, A. P. N.. O que a medida de acessibilidade descreve da morfologia urbana. In: **XVI Encontro d Pós-Graduação da UFPEL**. Pelotas, 2014.
- OJIMA, R. Dimensões da urbanização dispersa e proposta metodológica para estudos comparativos. **Revista Brasileira de Estudos Populacionais**, v. 24, n. 2, p.277-300, 2007.
- RIBEIRO, R. J. C. IndicadorIndicadores de Qualidade Configuracional Urbana. In: **XIII Encontro da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional**, 13., 2009, Florianópolis: Enanpur, 2009. p. 1 - 21.
- ROCHA, S. J. J. Compacidade Urbana e arquitetônica como indicador de sustentabilidade. In: CONGRESSO INTERNACIONAL SUSTENTABILIDADE E HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL, 3., Porto Alegre. **Anais eletrônicos**. Porto Alegre: Edipucrs, 2014.
- SALVAÇÃO, J. L. **Relação entre a dispersão urbana e os custos de saneamento básico**. Universidade de Trás-os- Montes e Alto Douro, Vila Real, 2012.
- SORENSEN, P. Moving Los Angeles. Access. **The Magazine Of The University Of California. Transportation Center**. [s.l.], p. 16-24. 2009.
- TORRENS, P. A toolkit for measuring sprawl. **Applied Spatial Analysis and Policy**, v. 1, p.5-36, 2008.
- TSAI, Y. Quantifying Urban Form: Compactness versus ‘Sprawl’. **Urban Studies**, [s.l.], v. 42, n. 1, p.141-161, jan. 2005.
- WILLIAMS, K; BURTON, e; JENKS, M. Achieving the compact city through intensification: An acceptable option?. In: JENKS, M et al (Ed.). **The compact city: a sustainable urban form?**. [s.l.]: e & Fn Spon, 2000. p. 83-96.