

A Teoria da Teia Urbana

Nikos A. Salingaros

Department of Applied Mathematics, University of Texas at San Antonio, San Antonio, Texas 78249, USA.

E-mail: salingar@sphere.math.utsa.edu

A presente versão em português é a tradução por Livia Salomão Piccinini do texto on-line originalmente publicado no **Journal of Urban Design**, Volume 3 (1998), páginas 53-71. © Taylor & Francis Limited. Uma versão eletrônica anterior foi publicada (1997) por **Resource for Urban Design Information (RUDI)**, e uma versão em finlandês foi publicada (2000) pelo **Tampere University of Technology, Institute of Urban Planning, Publication n° 33**.

Resumo

Este artigo identifica os processos fundamentais que estão por trás do desenho urbano. Regras são derivadas a partir dos princípios conectores da teoria da complexidade, do reconhecimento de padrões e da inteligência artificial. Todo assentamento humano pode ser decomposto em nós de atividades humanas e nas suas interconexões. As conexões são então tratadas como problemas matemáticos (aqui de uma maneira qualitativa). O desenho urbano tem mais sucesso quando ele estabelece um certo número de conexões entre nós de atividades. A matemática depende do estabelecimento de relações entre idéias, sendo esta habilidade um componente central na inteligência dos seres humanos. A criação do ambiente construído é dirigida por forças análogas àquelas que nos orientam a fazer matemática.

- Introdução
- Os princípios estruturais da teia urbana
- As conexões na arquitetura e no desenho urbano
 - Conectando nós de atividade humana*
 - Os caminhos conectivos são múltiplos e irregulares*
 - A estabilidade contra a perda de conexões*
 - Evitando canais congestionados*
 - O “modelo de brinquedo” da biologia evolutiva*
- A complexidade organizada
- Algumas aplicações da teoria
 - Caminhos conectam nós complementares*
 - Escalas humanas e conexões contínuas*
 - Hierarquia e fractais*
 - O sucesso das áreas de vendas e das praças*
 - O caminho como o limite de uma região*
 - Prioridade para a criação de caminhos de pedestres*
 - Garantindo a funcionalidade de caminhos individuais*
 - O padrão de vias como o princípio organizador*
 - Descontinuidades necessárias e separação*

- Conclusão

Introdução

A arquitetura e o desenho urbano têm até aqui resistido à formulação científica, em parte devido à extrema complexidade de ambos. As mesmas razões são as que atrasaram as bases científicas da medicina, que até muito recentemente, era baseada tanto na superstição quanto na ciência. Esforços feitos no passado, como tentativas de moldar o planejamento urbano em termos teóricos — através da identificação dos processos que deram origem às formas observadas — têm tido pouco impacto no desenvolvimento real. Existem, no entanto, três tentativas recentes e notáveis: (1) o trabalho pioneiro de Christopher Alexander (Alexander, 1964; 1965; 1998; Alexander, Ishikawa *et. al.*, 1977; Alexander, Neis *et. al.*, 1987) que provê a espinha dorsal deste artigo; (2) a consideração dos padrões urbanos como fractais o que enfatiza as ligações entre suas hierarquias e microestruturas (Batty e Longley, 1994; Batty e Xie, 1996) e (3) a formulação das questões urbanas em termos de relações e movimentos que esclarece a respeito das forças que governam o crescimento da cidade (Hillier, 1996; Hillier e Hanson, 1984). Aqui vamos focalizar nos processos conectivos como bases da teia urbana.

Um componente central do intelecto humano é a habilidade de estabelecer conexões. As conexões entre as idéias permitem um melhor entendimento da natureza. Reconhecer padrões que estão escondidos do observador casual é a chave para o desenvolvimento científico. Estudos neurológicos mostram que a maior parte do cérebro está envolvida com a percepção visual, o que sugere que a inteligência tenha se desenvolvido para apoiar o processo perceptivo (Fischer e Firschein, 1987). A habilidade para estabelecer conexões se aplica tanto aos processos visuais quanto aos processos menos óbvios, mais abstratos, e é pelo desenvolvimento deste último que a humanidade tem conseguido dominar todas as outras espécies animais. Vou fazer neste trabalho uma analogia entre as conexões mentais e as conexões entre elementos urbanos que dão origem a uma cidade ou a uma parte da paisagem urbana.

A teia urbana é uma estrutura organizativa complexa que existe principalmente no espaço entre as construções (Gehl, 1987). Cada construção comporta ou abriga um ou mais nós de atividades humanas. Os nós externos variam desde totalmente expostos a graus diferenciados de fechamento parcial. A teia urbana consiste de todos os elementos exteriores e conectivos, tais como áreas de pedestres e áreas verdes, muros, caminhos de pedestres e ruas, com capacidades crescentes que variam desde uma ciclovia até as vias expressas. Observações empíricas mostram que quanto mais forte for a conexão, e quanto mais base tiver a teia, mais vida terá a cidade (Alexander, 1965; Gehl, 1987).

A exposição começa colocando três princípios gerais. Eles são desenvolvidos como uma teoria da teia urbana, a qual provê regras práticas para aplicações. A necessidade de diferentes tipos de conexões é discutida. Uma explicação matemática sobre a irregularidade das conexões mostra porque caminhos retos, que se apresentam regulares no projeto, são usualmente inadequados e não funcionam por outras razões (Figura 1). Um modelo usado na biologia molecular e que agrupa pares de elementos para conseguir ligações é revisto a seguir, e demonstra-se que a teia urbana não pode existir sem um número mínimo (e muito grande) de conexões.

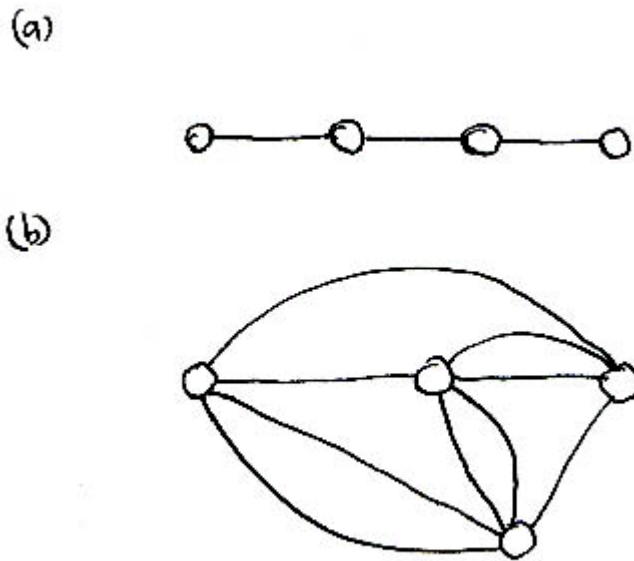


Figura 1. Tanto a localização dos nós quanto as conexões entre eles devem ser otimizados para a atividade humana: (a) quatro nós localizados de tal forma que parecem “regulares” olhados de cima, mas essa regularidade impede tudo o que for além de conexões mínimas. (b) múltipla conectividade entre os mesmos quatro nós vistos em planta.

Em seguida, é examinado como a complexidade organizada é alcançada na cidade. Sem suficiente complexidade, a cidade é morta; se há complexidade sem suficiente organização, a cidade se torna caótica e impossível de se viver. Aumentar o grau de complexidade organizada aparece como um dos principais caminhos tomados pela humanidade através dos tempos. Uma das principais idéias reforçadas neste artigo é de que a cidade imita os processos humanos do pensamento, no sentido de que ambos processos dependem do estabelecimento de conexões. Esta analogia permite tornar as razões pelas quais nós construímos coisas complexas menos misteriosas.

A segunda metade deste artigo vai listar algumas aplicações da teoria. As ruas e os caminhos são conexões da teia e nós examinamos sua estrutura contínua e sua hierarquia. Sugestões e conselhos práticos são dados aos planejadores sobre como construir melhores comunidades. Há coisas que podem ser feitas para regenerar comunidades existentes com um mínimo de esforço. É discutido, por exemplo, como o sucesso de uma área de comércio pode ser aumentado. Finalmente o uso dos limites urbanos é também discutido. Há muitas situações onde é preciso inibir ou controlar as conexões ao invés de estabelecê-las em todas as escalas. Numa cidade saudável é necessário desconectar duas regiões que irão causar mal uma à outra.

Os princípios estruturais da teia urbana

Os processos que geram a teia urbana podem ser resumidos em termos de três princípios. Embora não sejam exaustivos esses princípios são inteiramente gerais, e este artigo vai descrever como eles podem ser traduzidos em regras práticas de desenho, para situações específicas. Tudo tem a ver com conexões e com a topologia daquelas conexões. Os três princípios podem ser colocados da seguinte forma:

- 1) **Nós:** a teia urbana é ancorada em nós de atividades humanas cuja interconexão constitui a teia. Há distintos tipos de nós: casa, parque, trabalho, loja, restaurante, igreja, etc. Elementos naturais e arquitetônicos servem para reforçar os nós de atividades humanas e seus caminhos. A teia determina o espaçamento e o projeto das construções, e não vice-versa. Os nós que estão muito afastados uns dos outros não podem ser conectados por caminhos de pedestres.
- 2) **Conexões:** pares de conexões se formam entre nós complementares, e não entre nós semelhantes. Os caminhos de pedestres consistem de pequenos pedaços retos entre nós; e nenhuma dessas seções deve exceder um certo comprimento máximo. Para acomodar múltiplas conexões entre dois pontos, alguns caminhos devem ser necessariamente curvos ou irregulares. Muitas conexões coincidentes congestionam a capacidade do canal de acesso. Caminhos de sucesso são definidos pelas bordas existentes entre regiões planas contrastantes e se formam juntos aos limites destas.
- 3) **Hierarquia:** quando lhe é permitido, a teia urbana se auto-organiza criando uma hierarquia ordenada de conexões em vários diferentes níveis da escala. Ela se torna multiplamente conectada, mas não caótica. O processo de organização segue uma ordem precisa: começando pela menor escala (caminhos de pedestres) e progredindo para escalas maiores (vias de maior capacidade). Se algum nível conectivo estiver faltando, a teia é patológica. A hierarquia raramente pode ser estabelecida imediatamente.

Esses princípios são sugeridos a partir de estudos matemáticos, mas seu uso aqui é mais específico do que no trabalho de autores precedentes (Lynch, 1960). Como resultado, as conclusões são mais fortes e as soluções permitidas são mais restritas. O crescimento urbano tem seguido regras semelhantes ao longo da história. No entanto neste século o planejamento incorporou regras que são de muitas maneiras opostas aos princípios colocados acima. Eu vou mostrar como a adoção de estilos de desenho arbitrários, que contradizem princípios matemáticos relevantes, destroem a teia urbana (Batty e Longley, 1994).

Conexões na arquitetura e no desenho urbano

A arquitetura combina elementos estruturais e espaços para conseguir coesão. As conexões do desenho urbano juntam três distintos tipos de elementos uns com os outros: elementos naturais, nós de atividades humanas e elementos arquitetônicos. Exemplos de elementos naturais incluem as margens de um rio, um grupo de árvores, uma grande pedra ou uma faixa de grama. As atividades humanas definem os nós, que podem ser o local de trabalho, uma residência, a frente de uma loja ou um lugarzinho para sentar e tomar uma

xícara de café. Os elementos arquitetônicos incluem tudo o que os humanos constroem para conectar os elementos naturais e reforçar seus nós de atividades.

Conectando os nós de atividade humana

Os nós urbanos não são completamente definidos pelas estruturas do tipo dos prédios proeminentes ou monumentos. Eles podem ser leves e modestos como uma carrocinha de cachorro-quente ou um banco na sombra. Os nós devem atrair as pessoas por alguma razão, então um edifício, ou um monumento, será um nó somente se nele também houver uma atividade bem definida. Edifícios e monumentos proeminentes e que também propiciam um nó para as atividades humanas agem como focos para caminhos, e fazem sucesso. Em contraposição, locais que não reforçam a atividade humana não fazem sucesso, isolando-se da teia urbana.

Uma diferenciação deve ser feita entre conexões visuais e os caminhos que conectam o movimento físico das pessoas. Como foi enfatizado por Kevin Lynch (1960) e desenvolvido mais tarde por Bill Hillier (Hillier, 1996; Hillier e Hanson, 1984) as conexões visuais são necessárias para a orientação e para criar um quadro coerente de um contexto urbano considerado. No entanto, devido ao fato de que nem sempre eles coincidem com os caminhos e as vias, eles não são os principais focos deste artigo. A interdependência entre conexões visuais e caminhos, é altamente complexa, e será tratada em outro lugar.

O número e os tipos de conexões entre nós de atividades humanas são (ou deveriam ser) incrivelmente grandes. Desde los anos 40 os planejadores urbanos têm seguido regras cujo objetivo é criar um projeto com um alto grau de regularidade geométrica, ao menos no centro urbano (Alexander, 1965; Batty e Longley, 1994; Gehl, 1987). Isso está baseado, freqüentemente, em idéias estilísticas arbitrárias que frustram tanto os nós quanto as conexões. Ao se concentrarem na simplicidade visual das formas em geral, os nós de atividade humana são ignorados até que seja tarde demais para defini-los propriamente. Como resultado, as atividades humanas têm que ser ajustadas a uma base pré-existente, já construída, que não pode sequer ter a ilusão de acomodá-las.

Os elementos arquitetônicos conectam-se aos outros a certas distâncias visuais através de simetrias, similaridade e formas intermediárias (Salingaros, 1995). Há, no entanto, uma diferença entre conexões arquitetônicas e conexões humanas. As conexões funcionais entre nós de atividades humanas não são tolerantes a tratamentos em termos das simetrias porque esses padrões são altamente complexos. Por esta razão, elas tendem a ser ignorados sempre que uma cidade é planejada em termos visuais. É a complexidade organizada de uma teia urbana em funcionamento que determina a sua forma geral, e não o caminho inverso (veja Figura 1). A organização combina múltipla conectividade com um ordenamento hierárquico. Uma parte da teia urbana pode parecer organizada, mas ser desconectada. Por outro lado, outra parte pode parecer desorganizada no projeto, e mesmo assim ser altamente conectada e funcional.

Os caminhos conectores são múltiplos e irregulares.

Cada elemento no contexto urbano tem um significado desde que se relacione às atividades humanas. Um complexo processo de organização conecta os diferentes nós da teia urbana. As conexões permitem que se alcance facilmente qualquer ponto,

preferencialmente através de muitos diferentes caminhos; e aquilo que uma área parece ser para os passageiros de um avião é absolutamente irrelevante. Um ambiente urbano ordenado que esteja fortemente conectado, normalmente parece irregular se olhado do ar (Gehl, 1987; Hillier, 1996) (Figuras 1 e 2). A regularidade geométrica no projeto, embora seja útil como princípio organizador, não é necessariamente experienciado no solo (Batty e Longley, 1994).

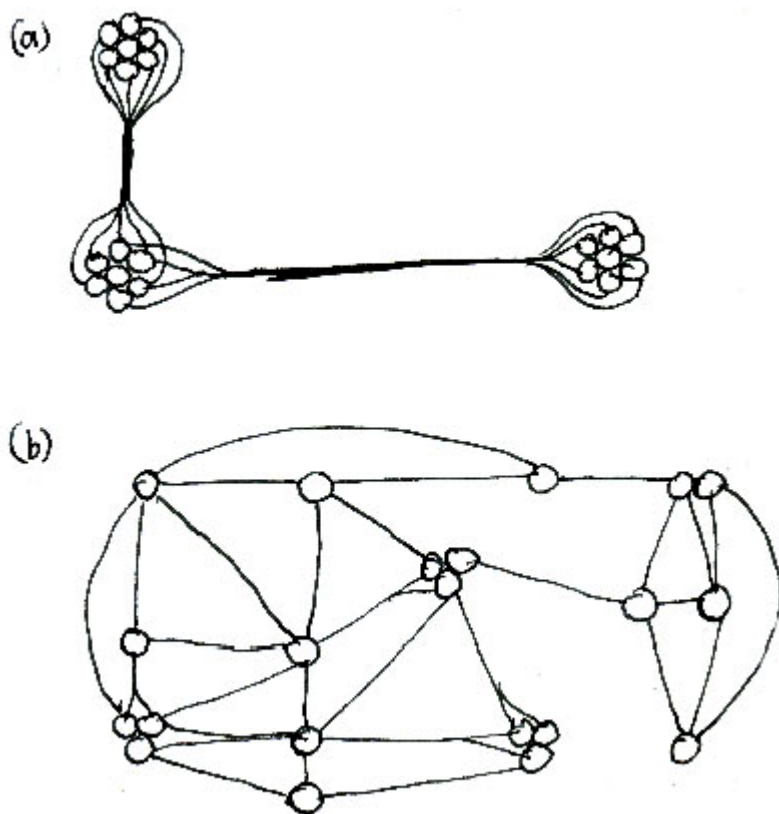


Figura 2. *Super concentração de nós e conexões criam uma situação singular: (a) os nós são concentrados em 3 agrupamentos separados e são forçados a seguir por dois canais. Essas conexões excedem a capacidade de carga dos canais. (b) os mesmos nós distribuídos em conexões que funcionam muito melhor.*

O teorema matemático diz que dois pontos podem ser conectados por uma linha reta apenas de um modo, mas eles podem ser conectados em linhas curvas de maneiras infinitas. Já que se deseja o maior número possível de conexões entre os nós urbanos, não podemos insistir em conexões retas como na grade (Hipodâmica) Cartesiana. Como foi argumentado por Camillo Sitte — e pode ser verificado por qualquer observador — as ruas curvas das cidades medievais proporcionam um grande prazer. Este resultado é copiado em loteamentos nos subúrbios modernos, que apresentam ruas curvas, mas esses exemplos recentes não apresentam suficiente número de conexões internas e externas.

A idéia modernista de separar as funções tem sido executada para distinguir entre regiões urbanas e suburbanas, através de aparências estilísticas opostas (e arbitrárias). A regularidade geométrica é a regra nas regiões urbanas. O estilo oposto tem sido aplicado nas áreas suburbanas. Nos anos 60 tornou-se moda construir loteamentos habitacionais com ruas curvas. As conexões são muito diminuídas com o desenho de cul-de-sacs e de ruas em forma de laço. Esse tipo de visão tem como objetivo o isolamento dos nós, o que evita a formação da teia urbana. Tem sido imitado um estilo visual superficial (a regularidade dos planos das cidades medievais) e falhamos em entender e em reproduzir a consistência da solução original (um alto nível de conectividade para a circulação de pedestres).

A teoria da conectividade múltipla é motivada e apoiada por resultados importantes provenientes da Física. Na formulação do integral-trilha, de Feynman, para a mecânica quântica, a interação entre dois objetos pode ser descrita como a soma das interações sobre todos os caminhos possíveis. Para computar a força da interação total consideram-se todos os caminhos possíveis ligando dois pontos, atribuindo-lhes pesos aproximados de acordo com sua probabilidade de ocorrência. Então, faz-se a integração de todos os caminhos para obter a força da interação total. Por analogia, se quisermos que cada nó da teia urbana seja fortemente conectada, isso será possível somente através da multiplicidade dos caminhos irregulares. (O metrô de Tóquio nos traz um exemplo de várias camadas de redes sobrepostas).

No entanto, não é necessário, nem desejável, ter todas as ruas curvas. Em princípio, não há nada errado com a grade retangular, e ela tem vantagens organizacionais óbvias. O que criticamos é a rigidez das suas aplicações mais comuns, as quais freqüentemente limitam o número de conexões. É possível sobrepor outra grade, em ângulo, para criar diagonais, o que criará conectividade múltipla. Como será ilustrado a seguir neste artigo, precisamos permitir que caminhos transversais cruzem uma grade retangular de ruas.

Pode-se manter a clareza da grade retangular e alterar, diminuindo, as características de suas subdivisões. Cortar a grade retangular com mais caminhos paralelos (de veículos ou de pedestres) cria conexões cruzadas, e se eles forem veiculares, isto diminuirá o tamanho da quadra. Atualmente, as grandes quadras na cidade e nos subúrbios, frustram a conexão cruzada, por não permitir caminhos internos. No caso de complexos construtivos comerciais, residenciais ou governamentais é necessário criar caminhos entre cada grupo, ou a região será isolada da teia urbana. Os grandes estacionamentos são terras-de-ninguém para os pedestres, então, os caminhos devem ser protegidos através da utilização de calçadas mais altas e proteção contra chuva e sol. As conexões individuais através de uma região urbana serão compostas de vários segmentos menores, e serão múltiplas e irregulares.

A estabilidade contra a perda de conexões

Pode-se sugerir que as cidades funcionais complexas são aquelas que têm um alto grau de opções usando o conceito de rede. À medida que você tem mais e mais caminhos para atravessar a cidade através de seus nós, se você cortar a ligação entre dois nós, a cidade ainda funciona. Isso é como o cérebro (Fischler e Firschein, 1987). Se você perde algumas conexões (seja através de ferimentos, intervenção cirúrgica ou como resultado natural do envelhecimento) o cérebro ainda funciona, em grande parte. Isto acontece porque há tamanho grau de redundância que as mensagens ainda conseguem passar. Contraste isso

com as máquinas que param inteiramente quando um circuito mínimo é estragado. Esta noção de estabilidade contra cortar a rede é complementar à idéia seguinte de acesso à complexidade. Já existe pesquisa sobre a estabilidade de redes de comunicação, onde cada linha tem uma certa probabilidade de falhar, o que se aplica diretamente à teia urbana.

Evitando o congestionamento do canal

Há razões funcionais para a múltipla funcionalidade. Frequentemente, muitos caminhos fundem-se em um canal (veja Figura 2). Quando as conexões são todas do mesmo tipo, elas competem umas com as outras e excedem a capacidade de fluxo do canal. A singularidade (uma quantidade matemática que se torna infinita) manifesta-se tanto como um engarrafamento de pedestres quanto de veículos. Em pontos onde diferentes tipos de conexões coincidem, as conexões mais fracas desaparecem por completo. Por exemplo, caminhos de pedestres ou de bicicletas não podem coexistir com uma auto-estrada. Conexões de níveis completamente diferentes podem se cruzar, mas não podem coincidir.

O “modelo de brinquedo” da biologia evolutiva

A nova ciência da complexidade apóia nossas propostas para o desenho urbano. Um resultado da teoria randômica dos grafos aplicada a um modelo da biologia evolutiva ilustra o que na verdade acontece ao criar uma teia urbana organizada. Ela mimetiza o processo de construir ao longo da história. Vamos agir para conectar todos os diferentes elementos numa situação urbana. Tentamos alcançar a máxima organização ao fazermos ajustes nos componentes: movendo-os ao redor e os modificando de tal forma que nós e elementos arquitetônicos conectem-se uns aos outros a uma distância. O objetivo é sempre estabelecer conexões.

A organização pode ser estudada em termos de pares de ligações. Considere N elementos que são inicialmente independentes. Pegue aleatoriamente qualquer par e os conecte, repetindo esse processo em cada passo. A cada vez uma ligação é estabelecida, e desta maneira, muitas pequenas correntes são criadas. O comprimento da maior corrente vai, inicialmente, ser muito pequena, e vai crescer muito devagar. Em certo ponto, duas ou mais correntes irão se ligar. Até o ponto que corresponde a $N/2$, os elementos são geralmente ligados em pares que são independentes uns dos outros. Quando o número de conexões entre os pares exceder $N/2$, as pequenas correntes começam a se conectar formando grandes correntes, e num certo momento, entre os passos $N/2$ e $(N/2)\ln N$, muitos elementos vão juntar-se para formar uma corrente gigante ligada multiplamente (Bollobás,1985; Kauffman,1995) (Figura 3). Quanto maior for o sistema, mais rápida é a fusão. O sistema superou a fase de transição de um estado desorganizado para um estado organizado. Os pares seguintes irão aumentar o tamanho desta corrente maior, mas somente através de incrementos pequenos, pois ela já estará conectando mais de 80% dos elementos (Bollobás,1985; Kauffman,1995).

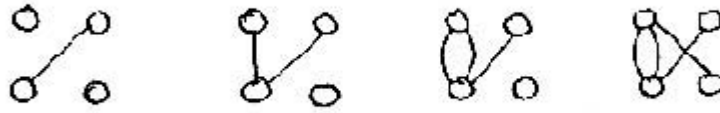


Figura 3. *Ilustração bastante simplificada de como conexões randômicas entre pares, entre N nós, conectam 80% deles após $N/2$ passos. Aqui, três dos quatro nós apresentados estão ligados após 2 passos.*

Este resultado se aplica ao desenho urbano da seguinte maneira. O processo de planejamento pode tanto ser imitado por um modelo computacional como pode ser feito gradualmente na construção real, ao longo dos anos. Conectando os nós de uma maneira incremental resultará em um melhoramento perceptível na organização da estrutura geral. O que é visto é surpreendentemente semelhante a uma fase de transição. Um certo nível é alcançado quando quase tudo se funde: a organização foi alcançada. A partir deste nível todo observador vai experimentar a organização como estando toda ligada.

Uma fase de transição na complexidade ocorre; e para as cidades, no momento em que um certo número de conexões entre diferentes nós/lugares ultrapassa uma certa ordem, então uma grande parte dos nós torna-se repentinamente conectada. Essa explicação pode ser usada para classificar cidades e certamente cidades idealizadas e suas geometrias, e isso pode também ser associado ao desempenho das cidades. Este modelo é, com certeza, como um modelo de percolação usado para o fluxo da água: quando um número suficiente de furos aparece no meio poroso, repentinamente a água passa através do material. De maneira similar, quando um determinado número de árvores está unido para formar uma floresta, então um incêndio florestal vai se propagar na floresta. Existem resultados quantitativos nesta fase de transição entre o fluxo rápido e o fluxo lento.

Complexidade organizada versus pureza vazia

Arquitetura e planejamento urbano podem ser entendidos como processos que (deveriam) aumentar o grau de complexidade organizada. Muito tem sido escrito sobre a organização da complexidade, especialmente partir do ponto de vista biológico (Kauffman, 1995; Simon, 1962). Processos diferentes ocorrendo juntos geram complexidade; se forem organizados coerentemente, resultarão em complexidade organizada (Weaver, 1948). Onde muito poucos processos estão ocorrendo, a situação não é complexa no início. Se por outro lado há uma complexidade, mas ela não é organizada, então estamos em face de uma situação caótica. Esse estado é incompreensível para a mente humana, porque escapa às nossas habilidades perceptivas (Simon, 1962).

A humanidade tem estado sempre lutando para aumentar a complexidade organizada de seus espaços, paralelamente a um desenvolvimento da inteligência e um melhor entendimento dos sistemas naturais. Este século tem visto uma reversão deliberada deste processo. Os arquitetos e os planejadores urbanos tornaram-se seduzidos pela

simplicidade visual e ignoraram o processo fundamental de organização que não é visualmente simples. Temos agora muitos exemplos de regiões urbanas onde a complexidade tem sido completamente eliminada pela supressão de conexões (Batty e Longley, 1994). A busca da pureza visual nos projetos tem destruído as atividades humanas que originaram a urbanização em primeiro lugar (Figura 4).

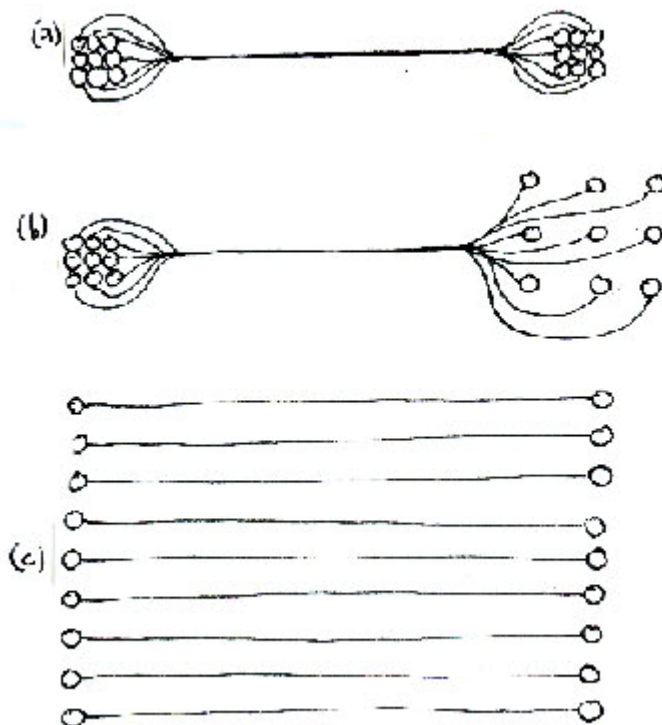


Figura 4. *Conexões mínimas na Vila Radiosa: (a) o prédio de serviços é conectado por um canal engarrafado ao edifício de apartamentos. (b) a fábrica é conectada ao subúrbio residencial. (c) matematicamente, tanto (a) quanto (b) são equivalentes a linhas paralelas não-interativas que não formam uma teia.*

O principal modelo de planejamento do século vinte, a Vila Radiosa, não permite as conexões que formam a teia urbana. Aquele modelo permite somente conexões aos pares entre casa e trabalho, e não outras (veja Figura 4). O que temos, então, é um acúmulo de pares de nós conectados que não interagem. Isso é igualmente verdade tanto entre o prédio de serviços e os edifícios de apartamentos, quanto entre fábricas e conjuntos suburbanos de casas: o padrão mais importante é desconectado. O número de conexões de pares iguala $N/2$, o que é o ponto a partir do qual o “módulo de brinquedo”, discutido anteriormente, começa a se conectar internamente. Um grafo completamente conectado necessita de um número muito maior de $(N - 1)N/2$ conexões. A ligação necessária para garantir a vida e as atividades humanas é deliberadamente evitada na Vila Radiosa.

Kevin Lynch introduziu a imagem mental da cidade como um meio para julgar o seu sucesso (Lynch, 1960). Bill Hillier enfatiza a inteligibilidade da cidade como a facilidade com que se percebe a estrutura dos caminhos (Hillier, 1996). Aqui alguém pode apontar a conexão fundamental que existe entre organização hierárquica e simplificação. Um processo caótico é simplificado pela organização sem necessariamente perder qualquer um dos seus conteúdos intrínsecos. Elementos complexos e diversos são agrupados juntos de tal forma que eles cooperam, e como resultado, aparecem organizados. Por outro lado a purificação é um processo de redução que perde muito da informação inerente a um sistema. Infelizmente, é muito fácil confundir os dois, e as consequências são catastróficas.

Sabe-se agora muito mais sobre os processos perceptivos que projetam o mapa da teia urbana na mente humana. Os dois são muito parecidos, e consistem de redes conectivas interativas, em vários níveis diferentes. Uma idéia, ou um caminho, é estabelecido pela ligação dos tramos mais próximos da rede. A necessidade de ter muitos caminhos alternativos, e de compará-los, é a chave do pensamento racional. Pode-se ser forçado a um único caminho por um planejador, mas essa não é a maneira como nossa mente funciona; é a maneira como funciona um robô (Fischler e Firschein, 1987). A busca pela inteligência artificial nas máquinas corresponde precisamente à tentativa de ir da simplicidade sem sentido à complexidade organizada.

O grau de organização de qualquer sistema complexo depende diretamente da razão entre o número de conexões e o número de nós. A seguinte comparação é construtiva. Nos computadores digitais convencionais, o número de conexões é comparável ao número de nós (transistores) o que é grosseiramente aquilo encontrado num grafo minimamente conectado. Num cérebro, no entanto, o número de conexões é de quatro ordens de magnitude (isto é, 10000 vezes) maior do que o número de nós (células nervosas). Os computadores neurais multi-conectados, que são competentes no reconhecimento de padrões, estão em algum lugar entre essas duas situações. A analogia da mente-teia revela apenas a enorme densidade de conexões que deve ter um espaço urbano de sucesso.

Algumas aplicações da teoria

A última parte deste artigo discute situações práticas: os três princípios que originam regras que sugerem novas técnicas para construir melhores comunidades. Eles são aplicáveis ao planejamento urbano em todas as escalas. Há coisas que podem ser feitas para regenerar as comunidades urbanas existentes. Alterar e acrescentar conexões pode melhorar drasticamente a maneira como uma região funciona. Detalhes confiáveis e completos para soluções específicas estão contidas no trabalho de Christopher Alexander e seus colaboradores (Alexander, 1998; Alexander, Ishikawa *et. al.*, 1977; Alexander, Neis *et. al.*, 1987), Gehl (1987) e Greenberg (1995). O apoio teórico vem dos resultados das pesquisas de Batty (Batty e Longley, 1994) e Hillier (Hillier, 1966; Hillier e Hanson, 1984) e de seus colaboradores. Mostramos aqui como as soluções se seguem a partir da discussão teórica apresentada na primeira parte do artigo.

Os caminhos conectam os nós complementares

Tantos planejadores urbanos bem-intencionados desenham em seus projetos caminhos que nunca serão usados na prática! Eles concluem, então, que as pessoas não

querem caminhar, e a nova etapa da construção elimina os caminhos, agora julgados irrelevantes. No entanto, ao redor do mundo, em cidades velhas e subúrbio, e em comunidades que não foram destruídas pelo planejamento insensível, as pessoas preferem caminhar — não somente por recreação e exercício — mas para suas rotinas diárias. Inacreditavelmente, os planejadores esqueceram as formas básicas de locomoção da humanidade, e agora as estão frustrando através das estruturas construídas.

Eu havia postergado até agora discutir as razões porque os caminhos planejados são raramente funcionais. Primeiro, é o processo conectivo propriamente dito: no geral, as conexões vão ocorrer somente entre nós complementares ou contrastantes. Isso parte de uma lei básica da arquitetura (Salingaros, 1995), ela mesma baseada em princípios físicos fundamentais (Figura 5). Os fluxos elétricos ou fluidos ocorrem somente entre pontos de potencial diferenciado. A teia urbana é criada pela necessidade de se ir da casa para a escola, para a loja, para o escritório ou o parque; há uma muito menor necessidade de se ir de uma casa para a outra. Os “melhores amigos” de alguém usualmente residem bairros diferentes que não coincide com a vizinhança imediata.

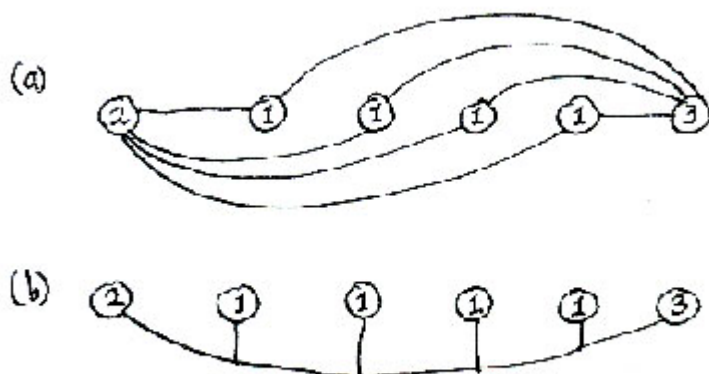


Figura 5. *As conexões se formam naturalmente somente entre nós contrastantes ou complementares. Diferentes tipos de nós (residenciais, escolas, escritórios, lojas) são mostrados com diferentes números. (a) as conexões entre casas (1) são estabelecidas devido à existência de uma loja (2) e de um parque (3) perto. (b) o amalgama de conexões em um só caminho que será usado.*

A área funciona somente se os nós contrastantes forem colocados de tal modo que permita ligações ativas entre nós semelhantes (veja Figura 5). Esta é a chave para construir uma teia urbana: conexões múltiplas são estabelecidas entre nós complementares, e então, amalgamadas em caminhos que também conectam os nós semelhantes. Em contraste com isto, as conexões que ocorrem somente entre os nós semelhantes são muito fracas para formar um caminho. Essa é a principal razão porque os subúrbios são mortos. É necessário que exista um equilíbrio entre os nós semelhantes e os nós complementares. Ao fundir múltiplas conexões em um caminho, há que se ter cuidado para não congestionar o canal, mas essa é uma preocupação somente para situações de alta densidade (veja Figuras 2 e 4).

Sem uma densidade suficiente e uma variedade de nós, os caminhos funcionais (os que são opostos aos caminhos não usados, que são puramente decorativos), não vão se formar nunca. É neste ponto que vamos contra a segregação e a concentração de funções que destruíram a teia urbana dos nossos tempos (veja Figura 4). Simplesmente não há tipos de nós diferentes que sejam suficientes, em qualquer região urbana homogênea, para formar a teia. Mesmo onde existem possibilidades, as conexões são usualmente bloqueadas por errôneas leis de zoneamento. Distintos tipos de elementos — como residenciais, comerciais e naturais — devem se inter-relacionar para catalisar o processo conectivo (Alexander, Ishikawa *et. al.*, 1977). Cidades disfuncionais concentram nós do mesmo tipo, enquanto cidades funcionais concentram pares associados de nós contrastantes.

Paradoxalmente, as conexões que ocorrem somente entre nós complementares parecem ser o pressuposto sob o qual opera o moderno planejamento suburbano. Esse princípio, no entanto, tem sido completamente mal aplicado pelos planejadores de hoje, que pensam estritamente em trajetos de carro, e ignoram as muito mais importantes conexões de pedestres. O ordenamento hierárquico de diferentes tipos de caminhos é crucial para criar uma teia de conexões, e será analisado nas secções seguintes. Ao reverter a importância relativa entre caminhos curtos versus caminhos longos, todas as outras conexões na teia urbana — tanto aquelas que não envolvem o carro como as ligações entre carros e pedestres — têm sido violadas nos loteamentos modernos dos subúrbios.

A escala humana e as conexões contínuas

Os pedestres requerem uma amplitude limitada de escalas, fora da qual eles não conseguem funcionar. Por exemplo, as pessoas não caminharão além de uma certa distância máxima entre nós (distância essa que pode ser determinada empiricamente). Isso significa que todos os caminhos utilizáveis de pedestres são conectados de maneira contínua: eles são contínuos, mas não são regulares (Figura 6). As grandes praças fracassam, porque normalmente incluem caminhos de pedestres que são longos demais, e, na maioria das vezes esses caminhos são muito expostos e mal definidos, o que os faz ainda menos funcionais. Os subúrbios, em geral, necessitam de caminhos entre os nós que sejam suficientemente curtos para criar uma teia.

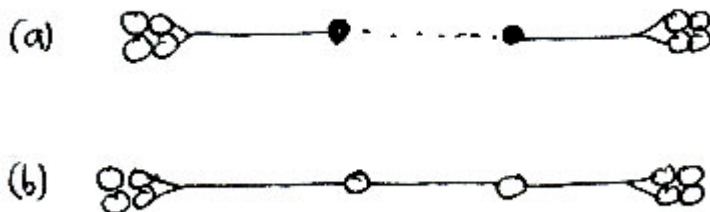


Figura 6. *Conexões de pedestres são feitas a partir de unidades pequenas e retas, cujo comprimento máximo depende da cultura do lugar. Dois nós podem ser conectados somente se forem introduzidos nós intermediários requeridos pela menor unidade: (a)*

esses dois grupos de nós não podem ser conectados. (b) introduzindo dois novos nós, é permitido que a conexão de pedestre seja estabelecida.

Um resultado matemático estabelece a forma individual de cada segmento do caminho; a menor distância entre dois pontos é uma linha reta. Os pedestres irão, desta forma, de um nó para o outro pela linha mais reta possível, evitando cotovelos, escadas e mudanças de nível (Gehl, 1987). Este resultado se aplica somente para a menor escala. Como foi discutido anteriormente, a necessidade de haver muitos caminhos requer que na grande escala haja caminhos curvos e irregulares. Não há contradição, já que os dois estão inter-relacionados por outro resultado matemático: qualquer curva mais geral é, localmente, uma reta no limite da medida menor.

O inteiro processo de planejamento, na verdade, inicia por estabelecer uma conexão de pedestre apropriada entre dois nós de atividades. Se acontecer que os nós estejam muito separados, temos que introduzir nós adicionais a distâncias intermediárias, de outra forma a conexão não funcionará (ver Figura 6). Os nós precisam ser conectados: isso cria caminhos, que por sua vez criam a necessidade por outros nós. Esses novos nós, intermediários, precisam ser conectados aos nós próximos existentes, requerendo novos caminhos, etc. Desta maneira, a teia urbana gera a si própria. Quanto mais coerente for a sua subestrutura, mais estável ela será.

A hierarquia e os fractais

Se olharmos uma cidade de sucesso, a partir do ar, o que vemos é obviamente uma figura fractal (Batty e Longley, 1994). Isto não é apenas uma coincidência visual: Michael Batty e seu grupo derivaram rigorosamente a natureza fractal essencial da teia urbana (Batty e Xie, 1996). Em contraste, uma imagem de uma cidade artificial e morta, parece altamente regular vista num mapa, e não apresenta nenhuma estrutura de pequena escala. O que se vê em primeira instância é a hierarquia das redes, todas inter-relacionadas e em escalas diferentes, desde uma via expressa até os caminhos de pedestres. A estrutura de pequena escala é a que na verdade garante a vivacidade humana da cidade, enquanto as conexões de grande escala facilitam o movimento numa escala muito maior.

Hillier e seus colaboradores (Hillier, 1996; Hillier e Hanson, 1984) fizeram simulações no computador sobre como a geração da forma urbana se dá. Dentre os muitos resultados obtidos, relevantes para as questões aqui colocadas, um fato emerge acima de todos: a estrutura espacial das cidades é o produto desordenado de uma longa história de mudanças incrementais na pequena escala. Os padrões resultantes não têm nem simplicidade geométrica, nem simplicidade funcional. O desenho do objeto global — a cidade — emerge da sua própria conformidade com um sistema ordenado localmente. Embora eu não vá aqui rever esses resultados, eles reforçam a importância de começar com a pequena escala, permitindo que ela evolua para influenciar as escalas maiores.

O sucesso das áreas comerciais e das praças

Mike Greenberg, um atento observador das situações urbanas, analisa o papel que as conexões jogam nas áreas comerciais (Greenberg, 1995). A natureza dos caminhos de pedestres estabelece um máximo, mas não um mínimo, de comprimento para cada

segmento. Quanto mais segmentado for um caminho (devido à existência de nós intermediários), mais forte e amarrada será a estrutura da teia. As ruas comerciais mais antigas possuem nós (lojas) uns próximos dos outros. A variedade e a proximidade das lojas permite que elas fiquem unidas em um distrito comercial. Grandes conjuntos comerciais vão um passo além e proporcionam também conexões curtas entre as lojas oposta, umas em frente às outras, o que não é possível normalmente nos dois lados de uma rua (Greenberg, 1995) (Figura7).

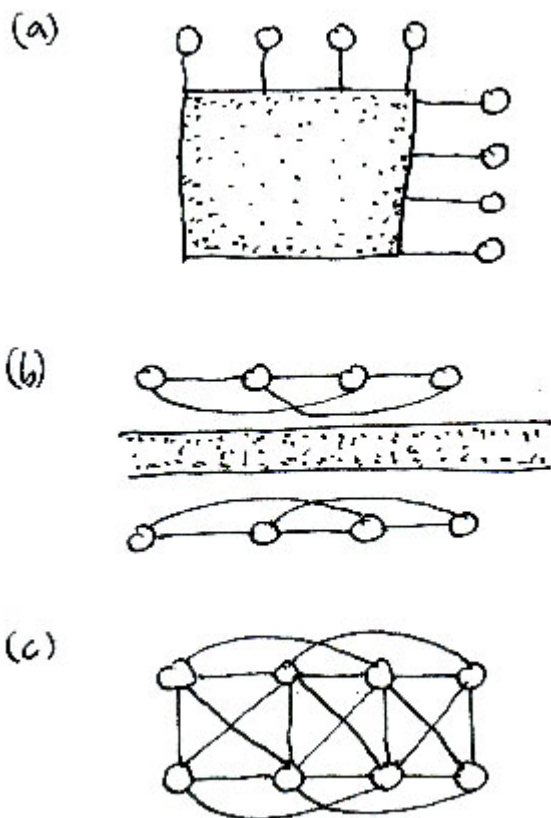


Figura 7. O sucesso de uma área comercial é determinado pela densidade de suas conexões de pedestres, que estão listadas aqui em ordem de efetividade crescente: (a) Strip-center, onde cada loja é somente conectada ao estacionamento. (b) Rua principal de comércio, com lojas de cada lado da rua. (c) Lojas numa rua de pedestres ou em um shopping-center, que têm muito mais conexões e então reforçam umas às outras.

A mesma solução se aplica a uma praça de sucesso. Uma zona de pedestres não é criada simplesmente por banir o tráfego veicular; ela é definida pela presença de caminhos de pedestres que se cruzam e se justapõem. A criação de uma área específica para pedestres é

aconselhável se for impossível definir só um ou dois caminhos para acomodar as conexões de pedestres. Como foi argumentado acima, caminhos diferentes devem ligar pontos de interesse complementares. Uma praça que funcione é definida pela existência de tipos opostos de nós no seu entorno. Se não há tráfego para impedir o pedestre, e se todos os caminhos possíveis quase que cobrem toda a área, é então melhor transformá-la numa área de pedestres do que criar muitos caminhos separados.

Um caminho como borda de uma região

Os caminhos são elementos matemáticos lineares, definidos pela diferenciação entre regiões contrastantes ou distintas. Um caminho no meio de uma área uniforme é ambíguo, porque ele divide a área entre componentes similares de cada lado, e poderia igualmente ser colocado em qualquer lugar dentro da área. (Note que caminhos múltiplos e bem-definidos são opostos à ambigüidade de definir apenas um caminho). Um caminho funciona bem somente se ele coincidir com a delimitação feita por uma construção (Gehl, 1987), desta forma combinando de uma maneira concentrada dois elementos urbanos considerados por Lynch: o caminho e a borda (Lynch, 1960) (Figura 8).

Na ausência de uma borda, um muro cria a divisão ao longo da qual um caminho pode se desenvolver. Embora Lynch tenha notado que algumas vezes caminhos se desenvolvem ao longo de bordas, insistimos aqui em que caminhos e bordas são potencialmente uma unidade. Na teoria dos grafos, que propomos como uma possibilidade para entender a teia urbana, caminhos e bordas são a mesma coisa.

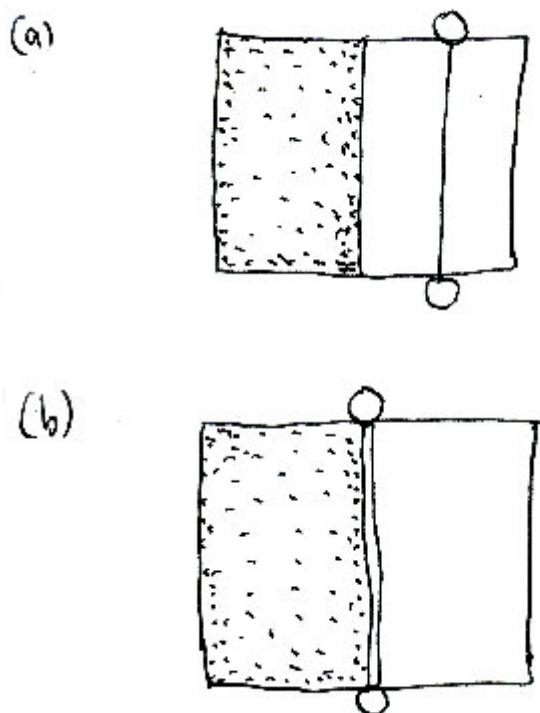


Figura 8. *Caminhos como delimitações de regiões: (a) nós e caminhos colocados sem efetividade; é impossível definir este caminho sem criar outro limite. (b) limite natural ajuda a fixar e a sustentar a conexão.*

Máxima estabilidade requer que os elementos da teia urbana reforcem-se uns aos outros. Se isso não ocorre, são geradas forças que irão desequilibrar e desorganizar o projeto. Do ponto de vista de uma área sendo dividida, um caminho perturba a unidade original da área; é uma intrusão, e desta forma não é apropriado pela área. É muito diferente a situação quando um caminho é criado ao longo de um limite entre duas áreas distintas: o caminho, agora, apóia o limite e vice-versa. Uma lei arquitetônica define as unidades através dos contrastes (Salingaros, 1995): qualquer divisão deve acontecer entre pares complementares, e não entre nós similares.

Dados psicológicos adicionais reforçam esta propriedade dos caminhos. As pessoas não se sentem confortáveis caminhando no meio de espaços com o mesmo ambiente (sejam eles abertos e desprotegidos ou murados), em ambos os lados (Gehl, 1987). Essa é uma expressão de sentimentos subconscientes de estar protegido do perigo: o desejo de estar próximo de alguma coisa sólida, que permita olhar para fora. Os caminhos precisam ser protegidos por uma borda. Esta é a razão porque uma cerca de arame não é substituto para um muro, e também porque grandes parques de estacionamento são tão desumanizados. O outro extremo acontece onde o caminho murado dos dois lados é claustrofóbico. Uma praça funciona melhor se apresentar uma borda substancial circundando seus múltiplos caminhos.

Prioridade para a criação de caminhos de pedestres

A teia urbana consiste de redes justapostas de conexões. Não há razão para supor, como muitos planejadores fazem, que as diferentes redes devam coincidir. Diferentes tipos de conexões existem em diferentes escalas, então, matematicamente eles *não podem* coincidir. A teia tem força estrutural somente quando as redes, nos diferentes níveis, se cruzam e se justapõem, permitindo uma conectividade cruzada. Quando as conexões são forçadas a coincidir elas se tornam singulares (no sentido de que muitas são concentradas ao longo de um mesmo caminho). As conexões singulares não funcionam porque elas congestionam a capacidade de carregamento do canal (veja Figuras 2 e 4).

O número de caminhos de pedestres na teia urbana deveria ser muito maior do que o que existe hoje. Uma tendência infeliz dos últimos 70 anos tem sido a de eliminar os caminhos de pedestres arbitrariamente, impondo uma grade retangular (ou outra também restritiva) de vias para todas as conexões (Batty e Longley, 1994). Um segundo erro tem sido o de dar prioridade para caminhos de carros ao invés de caminhos para pedestres. Alexander e seus associados têm investigado o processo de estabelecimento da teia de conexões (Alexander, Neis, *et. al.*, 1987). Eles concluem que existe uma seqüência ótima a ser seguida: definir os espaços de pedestres e os espaços verdes primeiro; a seguir, as conexões de pedestres, edifícios e vias, nesta ordem (Alexander, Neis, *et. al.*, 1987). As melhores cidades do passado foram construídas seguindo a ordem proposta aqui. Um estudo cuidadoso da teia urbana mostra claramente que seguindo a ordem inversa, como é feito hoje, elimina tanto as áreas de pedestres quanto as áreas verdes utilizáveis.

Os nós de uma área precisam ser conectados por caminhos de pedestres que sejam funcionais. Hoje isso só ocorre em algumas das áreas velhas (pré-1940) da cidade. Grupos

de casas deveriam ser conectadas por caminhos de bicicletas. Ao dizer isso não estamos querendo, necessariamente, propor uma variedade de pavimentos separados, mas uma maneira confiável de utilizar a bicicleta sem cair ou correr perigo numa rua movimentada. (Este conceito é de Greenberg, (1995)). Quando grupos de casas são conectados apenas pela via local, as conexões para pedestre e bicicleta são negligenciadas. Na maioria dos casos, no entanto, a rua não é estritamente local, mas tem seu uso duplicado, como uma via binária que atravessa localmente, o que torna a situação pior.

Caminhos de pedestres não precisam necessariamente ser separados e distintos das ciclovias. Nem as ciclovias devem ser necessariamente separadas e distintas das ruas; tudo depende da densidade do trânsito. Na verdade, os pedestres desejam a conexão visual que um caminho de pedestres, ao longo de uma rua, consegue. Este é também um requerimento para o aumento da segurança, já que caminhos de pedestres isolados podem ser perigosos. Desde que o fluxo de tráfego não seja desconfortavelmente grande, o caminho de pedestres pode ocorrer em paralelo e próximo a uma rua. Com mecanismos apropriados de diminuição de velocidade, os caminhos de pedestres podem mesmo coincidir com as ruas de veículos (Gehl,1987).

Garantindo a funcionalidade dos caminhos individuais

As partes precedentes deste artigo falaram sobre estabelecer-se o maior número possível de caminhos para conectar os nós na teia urbana. Há, no entanto, um limite para esse processo. Assim como todos os sistemas naturais conectados, desejamos estabelecer somente aquelas conexões que funcionam, que são verdadeiramente necessárias para a conectividade múltipla. Algumas diretrizes foram dadas para ajudar a julgar se a conexão deverá ser usada ou não. O que se deseja é evitar conexões que não serão usadas por qualquer razão, incluindo fatores além daqueles discutidos aqui. Por exemplo, diminuindo o tamanho da quadra — uma solução urbana comumente proposta — não garante sempre que aquele recentemente criado cruzamento será utilizado por um tráfego suficiente, e isso é necessário para justificar a despesa adicional que a proposta criou e também para oferecer segurança em relação ao crime (Hillier e Hanson, 1984).

Em outra situação, quando a cidade briga por um direito de passagem através de um lote comercial, aquele caminho tem que ser usado ou o processo será desacreditado em futuras aplicações. O projeto urbano tem que otimizar as condições de tal maneira que um dado caminho carregue tráfego suficiente para fazê-lo viável. Não-caminhos disfuncionais são o produto do pensamento em termos de regularidades geométricas; neste tipo de pensamento, os caminhos são criados por um tipo de simetria visual no plano. Mesmo pensando que o presente modelo para a teia urbana nos livre deste erro, em sua abordagem é somente um pequeno deslocamento o que distingue um caminho que funciona de outro que não funciona, e isso não é óbvio no desenho. Nem são óbvios os muitos outros fatores que influenciam o sucesso de um caminho.

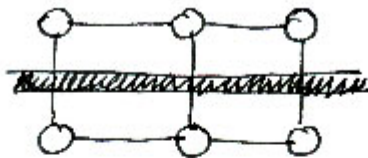
Algumas pessoas inteligentes e perceptivas argumentam que a cidade de pedestres está morta, e que poderia existir somente sob condições que não são mais possíveis de serem reproduzidas. Eu não concordo. A razão para esse pessimismo é que os caminhos de pedestres parecem não funcionar mais. Eu argumento aqui que a maioria dos caminhos, hoje, é artificial e decorativa, e que *não podem* ser feitos para funcionar. Eles correspondem a linhas erradas de um rascunho. Para corrigir regiões urbanas temos que apagar aquelas

linhas erradas; isto é, retirar ou transpor os caminhos que são desse inútil e frustrante tipo. Se isso não pode ser corrigido, um não-caminho existente vai certamente desencorajar a construção de um caminho funcional por perto e colocar um impedimento para a geração da teia urbana. Em muitas regiões, esses não-caminhos substituíram o velho tipo útil de caminho e então estabeleceram um falso padrão para ser copiado pelos planejadores urbanos contemporâneos.

O padrão das vias como um princípio organizador

O objetivo do tráfego veicular é o de facilitar a atividade humana. Depois que os elementos naturais, arquitetônicos e as conexões de pedestres sejam estabelecidas, então as vias são introduzidas para organizar as conexões num nível mais alto (Alexander, Neis *et. al.*, 1987; Greenberg, 1995) (Figura 9). É essencial estabelecer vias veiculares numa hierarquia apropriada. Em qualquer sistema complexo a organização se processa a partir do pequeno para o grande. Cada tipo de via tem por objetivo um tráfego de distintas densidades, e apenas um tamanho não pode acomodar todos eles. Várias redes conectoras independentes vão ter que se interceptar em muitos diferentes pontos. Cada tipo de intersecção apresenta um problema especial a ser resolvido, ou a circulação será interrompida (Alexander, Ishiwawa *et. al.*, 1977; Greenberg, 1995). (Os pontos de cruzamento não serão analisados aqui.)

(a)



(b)

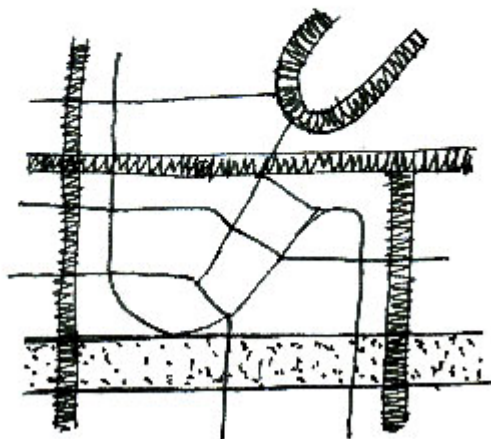


Figura 9. *Diferentes networks de caminhos existem para tráfego de pedestres de bicicletas e de veículos com diferentes capacidades. Somente as conexões que não diferem muito, relativamente ao fluxo, podem ser alinhadas ou interseptarem-se. A mais frasca das conexões deve ser protegida das mais fortes. (a) caminhos de pedestres que se cruzam e se conectam numa rua local. (b) ruas locais que alimentam uma via de passagem, com a sobre posição de caminhos de pedestres e de bicicletas.*

Há agora uma profusão de ruas de automóveis de média densidade que tentam servir (com sucesso limitado) fluxos de tráfego completamente diferentes. Ruas em forma de laço ou em cul-de-sac evitam a travessia de tráfego nas novas subdivisões dos subúrbios. Sua aplicação, no entanto, é paradoxal, porque tenta reduzir o fluxo de tráfego ao mesmo tempo em que mantém uma via cuja largura e superfície são apropriadas para uma auto-estrada (Gehl, 1987). Isso ignora e corta os caminhos de pedestres e os de bicicletas que podem, efetivamente, cruzar uma via de genuína baixa capacidade. Mais ainda, a teia conectora deve continuar em todas as direções, de tal maneira que se uma via pára, os pedestres e as bicicletas podem continuar em caminhos entre as casas. Caminhos de pedestres e de bicicletas devem constituir redes totalmente independentes das vias locais (Alexander, Ishikawa *et. al.*, 1977) (veja Figura 9).

Neste ponto chegamos a uma observação fundamental para os sistemas complexos: a organização hierárquica requer que os componentes de diferentes tamanhos acomodem-se apropriadamente dentro do todo. Os pedaços da teia urbana são simples e interagem de uma maneira simples, mas a sua união é altamente complexa. O método para coloca-los juntos tem que respeitar essa complexidade (Alexander, 1964; 1965). Não podemos resolver os problemas inerentes ao processo organizacional, no papel, nem em um só dia. Os sistemas hierárquicos dependem da interação apropriada dos elementos conectados em muitos níveis diferentes, e necessariamente requerem um processo dinâmico para o seu crescimento. Qualquer tentativa simplista de organização vai restringir muitas conexões que contribuem para a estabilidade interna.

O presente modelo não tem sido desenvolvido sobre como a dinâmica das ruas e dos caminhos se relaciona à performance das cidades. A lógica interior da grade desordenada de uma cidade é fundamentalmente relacionada ao movimento, de tal forma que muitas propriedades do espaço urbano são produtos dessas conexões (Hillier, 1996; Hillier e Hanson, 1984). Uma fonte de literatura em espaço-sintaxe — começando com Hillier e colaboradores (Hillier, 1996; Hillier e Hanson, 1984) — é o jornal “Environment and Planning B”. Este trabalho tenta associar as redes de pedestres e de ruas ao crime e ao congestionamento, especialmente nas habitações produzidas pelo governo para população de baixa renda. Neste contexto, modelos de tráfego modelam tráfego de várias origens e destinos a um conjunto muito reduzido de caminhos, espelhando as Figuras 2 e 4. Esta simplificação da grade de vias urbanas frequentemente aumenta os problemas que ela tenta resolver.

Descontinuidades necessárias e separação

Nem todo o nó na teia deve ser conectado a outro nó. Utilizando a noção proveniente dos sistemas biológicos, órgãos diferentes interferem com as funções dos outros, a não ser que sejam separados localmente. Os elementos da teia urbana podem

danificar um elemento adjacente, a não ser que seja tomado cuidado para protegê-lo. São exemplos disso: uma via expressa próxima a um conjunto de apartamentos, um caminho de pedestres junto a uma via de alta velocidade, uma indústria pesada próxima de casas, uma favela perto de uma área de alta renda (Figura 10). Todos esses são componentes necessários da cidade e são usualmente isolados uns dos outros por algum tipo de barreira (Alexander, Ishikawa *et. al.*, 1977). Isto não é uma afirmação sociológica, é apenas observação do que realmente acontece. Lynch (1960), enfatiza o papel importante e necessário de uma interface como um limite.

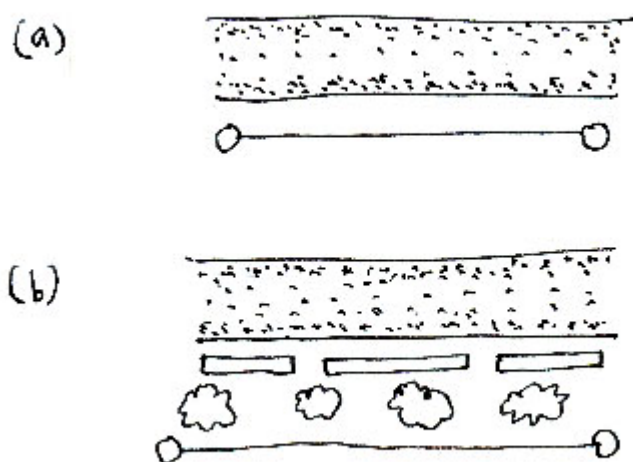


Figura 10. *O que não pode conectar deve separar. As barreiras são necessárias para proteger os caminhos de pedestre das vias de alta capacidade: (a) Um caminho lateral é inútil próximo a uma via expressa. (b) Uma via expressa recebe lateralmente uma mureta descontinua e baixa, assim como árvores que protejam os caminhos de pedestres e de bicicletas.*

Um caminho lateral, próximo a uma via expressa, é perigoso, logo, é raramente utilizado. Ele sobrevive como remanescente anacrônico das pequenas cidades com tráfego de baixa velocidade. Não se tem pensado muito ultimamente, na interação entre carros e pedestres. Nesta situação um caminho lateral deveria ser isolado por uma barreira: tanto pode ser seções de um muro sólido quanto uma ampla área verde com árvores (veja Figura 10). Não há necessidade de conexão (exceto talvez uma conexão visual) entre pedestres e uma via de alta velocidade. Qualquer via na qual um carro não pode parar para pegar ou largar um passageiro está efetivamente isolada, e deveria ser desenhada desta forma.

As funções urbanas e as áreas muito diferentes tendem a coexistir num equilíbrio mais saudável quando apresentam uma barreira entre elas (Alexander, Ishikawa *et. al.*, 1977). Não se está falando aqui em separar áreas comerciais de áreas residenciais, que devem ser entrelaçadas, mas ao contrário, do uso de interfaces como limites construtivos. Vias de alta densidade cortam efetivamente a teia urbana. Outras soluções com o mesmo efeito incluem

um muro, um rio, um grande parque; todos eles encontrados nas cidades mais antigas. Nas cidades novas e nos novos loteamentos, os rios são canalizados e cobertos porque não se adaptam à grade regular, e desta forma perde-se uma barreira natural excelente. Frequentemente uma barreira existente leva a um crescimento diferenciado das áreas em cada um dos lados. Em outras situações, um limite tem permitido uma estabilidade de longo prazo para a área.

Mencionamos aqui os limites porque eles agora são colocados em todos os lugares errados. Matematicamente, ainda temos somente uma teia de nós e conexões. Como foi apontado anteriormente, muros são ideais para reforçar caminhos e vias, mas ao invés disso eles têm sido frequentemente usados para bloquear conexões. Um muro sólido necessita aberturas para possibilitar passagens. Elementos fortemente conectores — como uma via expressa, por exemplo — serão necessariamente introduzidos na cidade em algum lugar. Ao invés de ser localizada onde uma separação é necessária, invariavelmente eles cortam e separam conexões existentes. Elementos conectores e separadores são complementares e a aplicação errada dos mesmos, com propósitos opostos, está baseada na falta de entendimento da teia urbana.

O pequeno crime local também pode destruir conexões em áreas até então funcionando bem. Quando a teia urbana é ameaçada, ela reage organicamente construindo cercas para se proteger da mesma forma que, analogamente à biologia, um ferimento produziria um tecido sobre a ferida. Este ato simples reorganiza a área espacialmente, cortando conexões com o que é percebido como sendo a fonte do crime. Se essa fonte não é localizada, cada nó ou grupo de nós, isola-se com uma cerca, rompendo, desta maneira, com a teia urbana. Uma área pode se recompor do pequeno crime, mas a teia não se refaz quando suas conexões são bloqueadas.

Conclusão

Este artigo apresentou um conjunto de princípios de planejamento a partir de considerações matemáticas e resumiu os processos conectivos que geram a teia urbana. Os princípios são satisfeitos por todos os ambientes urbanos satisfatórios encontrados ao redor do mundo. Por outro lado, eles são violados por ambientes urbanos que falham, que não são amistosos, que não são prazerosos, que isolam e que são desumanizados. Ao aplicar leis de zoneamento que violam as necessidades básicas de conexão, somos responsáveis por muitas outras falhas. No entanto, é possível criar nossas cidades de acordo com princípios matemáticos apropriados às atividades humanas.

A manutenção de uma grande variedade de caminhos e espaços verdes é, inevitavelmente, uma atividade cara. Todas as indicações, no entanto, são de que o custo para a sociedade é incomparavelmente maior se essas soluções não são implementadas. O colapso de uma área leva à alienação e ao crime crescentes, seguidos por abandono da área e desvalorização das propriedades. Em termos financeiros, o resultado final de tentar fazer economia ao invés de alcançar um equilíbrio dos elementos urbanos pode ser o de perder uma grande parte das taxas provenientes da área. Em termos humanos, o resultado pode ser devastador. E estes últimos custos devem ser considerados com muito cuidado pelos planejadores urbanos.

Agradecimentos

Esta pesquisa teve o apoio, em parte, da bolsa da Alfred P. Sloan Foundation. O autor avançou seus argumentos a partir das estimulantes discussões com Mike Greenberg.

Referências

Alexander, Christopher (1964) *Notes on the Synthesis of Form*, Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.

Alexander, Christopher (1965) “A City is Not a Tree”, *Architectural Forum* (Vol. 122) No. 1, pages 58-61 and No. 2, pages 58-62. [Reprinted in: *Design After Modernism*, Edited by John Thackara, Thames and Hudson, London, 1988, pages. 67-84]

Alexander, Christopher (1998) *The Nature of Order*, New York: Oxford University Press. (in press)

Alexander, C., Ishikawa, S., Silverstein, M., Jacobson, M., Fiksdahl-King, I. and Angel, S. (1977) *A Pattern Language*, New York: Oxford University Press.

Alexander, C., Neis, H., Anninou, A. and King, I. (1987) *A New Theory of Urban Design*, New York: Oxford University Press.

Batty, Michael and Longley, Paul (1994) *Fractal Cities*, London: Academic Press.

Batty, M. and Xie, Y. (1996) “Preliminary Evidence for a Theory of the Fractal City”, *Environment and Planning A* (Vol. 28) pages 1745-1762.

Bollobás, Béla (1985) *Random Graphs*, London: Academic Press.

Fischler, Martin A. and Firschein, Oscar (1987) *Intelligence: The Eye, the Brain, and the Computer*, Reading, Massachusetts: Addison-Wesley.

Gehl, Jan (1987) *Life Between Buildings*, New York: Van Nostrand Reinhold.

Greenberg, Mike (1995) *The Poetics of Cities*, Columbus: Ohio State University Press.

Hillier, Bill (1996) *Space is the Machine*, Cambridge: Cambridge University Press.

Hillier, W. R. G. and Hanson, J. (1984) *The Social Logic of Space*, Cambridge: Cambridge University Press.

Kauffman, Stuart (1995) *At Home in the Universe*, New York: Oxford University Press.

Lynch, Kevin (1960) *The Image of the City*, Cambridge, Massachusetts: MIT Press.

Salingaros, Nikos A. (1995) “The Laws of Architecture from a Physicist's Perspective”, *Physics Essays* (Vol. 8) pages 638-643.

Simon, Herbert A. (1962) “The Architecture of Complexity”, *Proceedings of the American Philosophical Society* (Vol. 106) pages 467-482. [Reprinted in: Herbert A. Simon, *The Sciences of the Artificial*, M.I.T Press, Cambridge, Massachusetts, 1969, pages. 84-118]

Weaver, Warren (1948) “Science and Complexity”, *American Scientist* (Vol. 36) pages 536-544.

Este artigo foi traduzido para o Português por Livia Salomão Piccinini a partir da versão on-line do texto publicado pelo Journal of Urban Design, vol.3 (1998), páginas 53-71.