

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

Richard Henry Lamb

**COMPLEXIDADE EM ARQUITETURA E URBANISMO:
UMA AVALIAÇÃO DAS CICLOVIAS EM FLORIANÓPOLIS, BRASIL**

Dissertação de Mestrado

Florianópolis, 2006

Richard Henry Lamb

**COMPLEXIDADE EM ARQUITETURA E URBANISMO:
UMA AVALIAÇÃO DAS CICLOVIAS EM FLORIANÓPOLIS, BRASIL**

Dissertação de mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Arquitetura e Urbanismo da
Universidade Federal de Santa Catarina
como requisito parcial para obtenção do
grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo

Orientadora: Profa. Dra Sonia Afonso.

Florianópolis, 2006

LAMB, Richard Henry. COMPLEXIDADE EM ARQUITETURA E URBANISMO: UMA AVALIAÇÃO DAS CICLOVIAS EM FLORIANÓPOLIS, BRASIL.

Florianópolis, 2006. 167 p. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo do Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina. Orientadora: Sonia Afonso, Defesa: 09/2006

Richard Henry Lamb

**COMPLEXIDADE EM ARQUITETURA E URBANISMO:
UMA AVALIAÇÃO DAS CICLOVIAS EM FLORIANÓPOLIS, BRASIL**

Esta dissertação foi julgada e aprovada para a obtenção do grau de **Mestre em Arquitetura e Urbanismo** no Programa de Pós-Graduação de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 30 de julho de 2006.

Profa. Alina Gonçalves Santiago, Arquiteta, Dr^a.
Coordenadora do Programa

BANCA EXAMINADORA

Profa. Sonia Afonso, Arquiteta, Dr^a.
Orientadora

Profa. Alice Theresinha Cybis Pereira, Arquiteta, PhD
Avaliadora

Profa. Vera Helena Moro Bins Ely, Arquiteta, Dr^a
Avaliadora

Prof. Almir Francisco Reis, Arquiteto, Dr
Avaliador Externo

Agradecimentos:

Aos meus queridos amigos que me ajudaram com seu apoio profissional e emocional: Professora Sonia Afonso, da Universidade Federal de Santa Catarina, minha orientadora; Professora Silvana Macedo, da Universidade Estadual de Santa Catarina, minha esposa; e aos meus colegas Doutor Paul Câmara da Prefeitura de Merton em Londres, Inglaterra e Professora Doutora Giselle Xavier, da Universidade Estadual de Santa Catarina, Brasil.

RESUMO:

LAMB, Richard Henry. Complexidade em Arquitetura e Urbanismo: Uma Avaliação das Ciclovias em Florianópolis, Brasil.

Arquitetura é capaz de melhorar o ambiente que habitamos. Comentamos sobre exemplos de arquitetura mal-sucedida e sobre como o projeto arquitetônico procura realizar uma arquitetura melhor-sucedida. Um possível caminho para isto é identificado na Teoria da Complexidade, cujo surgimento está relatado e logo a teoria desvendada pelo desmembramento em suas partes. Estas partes são observadas em arquitetura e urbanismo e uma seleção de obras é discutida em que isto ocorre. Uma compreensão mais abrangente da Teoria da Complexidade, ao contrário de apenas um conhecimento das partes, poderá criar uma compreensão diferente de como a teoria de arquitetura se relaciona à prática. Examinamos esta possibilidade através de uma avaliação das ciclovias, existentes e projetadas, no centro de Florianópolis, Brasil. A pesquisa gera conclusões sobre o desempenho das ciclovias e descreve medidas que poderão ser implementadas para melhorar as instalações futuras, assim aproximando-se a uma realização de arquitetura melhor-sucedida.

Palavras-chave: Arquitetura. Urbanismo. Teoria da Complexidade. Ciclovias.

ABSTRACT:

LAMB, Richard Henry. Complexity in Architecture and Urbanism: An Evaluation of the Cycle Tracks in Florianópolis, Brasil.

Architecture can improve the environment that we live in. We comment on examples of unsuccessful architecture and on how architectural design attempts to produce a more successful architecture. A possible way to this is seen through Complexity Theory, whose development is traced and the theory then explained by its division into parts. These parts are observed in architecture and urbanism and we discuss a selection of works where this happens. A broader understanding of Complexity Theory, as opposed to simply the knowledge of its parts, can create a different understanding of how architectural theories relate to practise. This possibility is examined in an evaluation of the cycle tracks, both existing and proposed, in the centre of Florianópolis, Brasil. The research develops conclusions about the performance of the cycle tracks and describes measures that could be taken to improve the installations in the future, thus moving towards the realization of successful architecture.

Keywords: Architecture. Urbanism. Complexity Theory. Cycle Tracks.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ilustração de <i>Garden Cities of Tomorrow</i>	3
Figura 2: A Cúpula do Milênio.....	9
Figura 3: Representação abstrata da zona de solução de dialética comparada com a de dialética.....	21
Figura 4: Máquina de Newcomen.....	31
Figura 5: Distribuição Maxwell de velocidades.....	34
Figura 6: Distribuição de 9 unidades de energia entre 6 partículas, feita por Boltzmann.....	35
Figura 7: Gráfico de um atrator estranho, representado em dois planos diferentes.....	45
Figura 8: Duas maneiras de movimento de moléculas em líquido.....	47
Figura 9: Redemoinho de água.....	48
Figura 10: Convecção de um fluido granular.....	50
Figura 11: Residência em <i>Chestnut Hill</i> , Pennsylvania.....	57
Figura 12: Os Seis Pontos para um Regionalismo Crítico.....	58
Figura 13: A Teoria da Teia Urbana.....	60
Figura 14: Estrutura semitreliça do distrito de <i>Waterloo</i> , em Middlesbrough, Inglaterra.....	62
Figura 15: A hierarquia dos espaços externos, oferecendo diferentes níveis de privacidade.....	64
Figura 16: Comparação das séries geométricas.....	66
Figura 17: Um lugar se torna mais agradável com atenção ao usuário durante o projeto.....	69
Figura 18: Casas de Eisenman.....	70
Figura 19: <i>Aronoff Center for Design and Art</i> , <i>University of Cincinnati</i> , Estados Unidos.....	71
Figura 20: Uma área do litoral britânico.....	72
Figura 21: O conjunto urbano de Somerstown.....	73
Figura 22: Museu Novo Guggenheim, Bilbao, Espanha.....	74
Figura 23: <i>Storey Hall</i> , Melbourne, Austrália.....	75
Figura 24: Mapas mentais das cidades (a) Boston e (b) Jersey.....	76
Figura 25: O Projeto como um Sistema Simultâneo de Movimento.....	78
Figura 26: A estrutura do processo para avaliação incorporando realimentação bi-direcional.....	79
Figura 27: Desenvolvimento de um futuro alternativo para a região de <i>Camp Pendleton</i> em Califórnia.....	80

Figura 28: Desfrute da liberdade do carro.....	86
Figura 29: Número de pessoas que circulam por hora num espaço de 3,5m de largura em meio urbano.....	88
Figura 30: Infra-estrutura cicloviário no centro de Florianópolis, SC.....	113
Figura 31: O modelo de paraciclo instalado na ciclovia Beira-Mar Norte.....	114
Figura 32: Bicletário do terminal de ônibus Lagoa da Conceição.....	114
Figura 33: Passarela ligando a ciclovia ao centro integrado de cultura no trecho Beira-Mar Norte.....	115
Figura 34: Experiência em padronização de sinalização no trecho Avenida Beira-Mar Norte.....	115
Figura 35: Sinalização ao longo do trecho Avenida Hercílio Luz.....	116
Figura 36: Ciclovia nova com extensão de 30m ao longo da fachada da nova construção do shopping Santa Mônica, Avenida Madre Benvenuta.....	119
Figura 37: Condição de asfalto na ciclovia Beira-Mar Norte.....	122
Figura 38: Travessia de pedestres e ciclistas na Avenida Hercílio Luz.....	122
Figura 39: Balizamento do trecho de ciclovia Beira-Mar Sul.....	123
Figura 40: O padrão de asfalto e sinalização oferece um visual distinto para as ciclovias.....	126
Figura 41: A sinalização para as ciclovias com um desenho efetivo e individual.....	127
Figura 42: A forma de construção do modelo para o bicicletário tem um telhado de vão livre em estrutura metálica treliçada.....	127
Figura 43: As passarelas são estruturas metálicas tubulares treliçadas.....	127

LISTA DE QUADROS:

Quadro 1: Comparação de custos das três principais fases de uma obra.....	13
Quadro 2: Ilustração da mudança de paradigma em ciência moderna.....	16
Quadro 3: Comparação entre o Empirismo Lógico e a Teoria Crítica.....	42
Quadro 4: Classificação de sistemas em ordem crescente de complexidade	43
Quadro 5: Estrutura do quadro cicloviário.....	85
Quadro 6: Quadro cicloviário.....	92
Quadro 7: Comparação dos meios de transporte usados pela população de Florianópolis, SC.....	112
Quadro 8: Avaliação das ciclovias em Florianópolis à luz da Teoria da Complexidade.....	130

SUMÁRIO:

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Algo está Errado.....	1
1.2 A Necessidade de Melhorar.....	7
1.3 Como Alcançar este Objetivo?.....	13
1.4 A Abordagem do Tema.....	15
1.5 Justificando esta Abordagem.....	19
1.6 Criando uma Teoria.....	22
1.7 Uma Nova Abordagem.....	23
1.8 Os Objetivos e a Metodologia da Pesquisa.....	24
CAPÍTULO 2: A TEORIA DA COMPLEXIDADE.....	28
2.1 A Trajetória da Ciência Clássica.....	28
2.2 Termodinâmica: a visão dentro da máquina.....	30
2.3 O Fim das Certezas.....	33
2.4 Abordando uma Incerteza.....	36
2.5 A Medição de Incerteza.....	38
2.6 Sistemas e Cibernética.....	42
2.7 A Teoria da Complexidade.....	46
2.8 Aplicações da Teoria da Complexidade.....	51
CAPÍTULO 3: COMPLEXIDADE NA ABORDAGEM TEÓRICA DE ARQUITETURA E URBANISMO.....	53
3.1 Complexidade.....	55
3.2 Conectividade.....	57
3.3 Hierarquia e Escala.....	61
3.4 Elementos Fundamentais e os Fractais.....	67
3.5 Sistema Dinâmico e Retro-Alimentação.....	77
3.6 Manifestações Externas da Complexidade - Auto-Organização, Emergência e Evolução.....	81
CAPÍTULO 4: EXEMPLO ILUSTRATIVO.....	85
4.1 O Lugar da Bicicleta na Cidade.....	86

4.2 A Situação Ciclovária em Florianópolis.....	113
4.3 Avaliação das Ciclovias em Florianópolis.....	118
4.4 Discussão da Complexidade da Infra-Estrutura Ciclovária em Florianópolis.....	119
4.5 Discussão do Sucesso da Infra-Estrutura Ciclovária em Florianópolis.....	125
4.6 Futuros Projetos para as Ciclovias em Florianópolis.....	129
CAPÍTULO 5: CONCLUSÕES & FUTURAS PESQUISAS.....	141
5.1 A Tradução da Teoria da Complexidade.....	141
5.2 A Complexidade do Ambiente Construído.....	141
5.3 Projetando com Complexidade.....	142
5.4 Economias de Projeto.....	144
5.5 Possibilidade de uma Arquitetura Melhor-Sucedida.....	144
5.6 Trazendo Criatividade para o Projeto.....	145
5.7 A Experiência das Ciclovias.....	145
5.8 Pesquisas Futuras.....	146
REFERÊNCIAS.....	148
Apêndice 1: Glossário de Termos da Teoria da Complexidade.....	162
Apêndice 2: Elementos da Teoria da Complexidade Encontrados nas Obras Citadas no Capítulo 3.....	166

Capítulo 1: INTRODUÇÃO

Há um modo de experiência vital – experiência do espaço e do tempo, do indivíduo e dos outros, das possibilidades da vida e seus perigos – que homens e mulheres espalhados pelo mundo hoje compartilham. Chamo este corpo de experiência “a modernidade”. Ser moderno é encontrar-se num ambiente que nos prometa aventura, influência, prazer e crescimento, uma transformação pessoal e mundial – e, ao mesmo tempo, ameaça ser destruído tudo que nos temos, tudo que conhecemos, tudo que somos.

(BERMAN, 1983, p.15)

1.1 Algo está Errado

Para muitos, a modernidade é sinônima de melhor. O conhecimento científico desenvolvido durante os últimos séculos possibilitou inúmeras aplicações tecnológicas que contribuíram para as grandes mudanças sociais: uma qualidade de vida melhor para muitas pessoas, com um acréscimo em educação, oportunidades e saúde. Entretanto, além de progresso tecnológico, a modernidade também trouxe mudanças destrutivas. O que é bom para nós, não é necessariamente bom para os outros. Os avós acostumavam acentuar como a vida de nossos antecedentes era melhor, mais calma e honesta. Havia mais tempo para valorizar a família e outras relações interpessoais.

A Revolução Industrial foi um período significativo em termos de invenções tecnológicas e consta uma expressão clara da modernização. A partir dos meados do século XVIII a sociedade europeia presenciou mudanças súbitas em todos os aspectos da vida. Este processo teve sua maior manifestação em torno da urbanização: comunidades inteiras saíram do campo e da vida rural causando uma intensiva expansão das cidades, e uma divisão de mão-de-obra cada vez mais complexa, afastando grupos sociais da sua história e cultura e lançando-os, de repente, à experiência moderna.

Em meados do século XIX, quando a Europa estava no auge desta industrialização, e a despeito do progresso proporcionado, uma grave decadência surgia nestas cidades, novamente industrializadas e crescendo como nunca antes. A discussão contemporânea proveniente da elite da sociedade não ignorou o problema, mas houve alguma diferença de opinião sobre a solução. Duas categorias definitivas

emergiram. Poderia mudar a sociedade de vez por meio de uma revolução ou então manter o *status quo*. Dentre estas duas correntes houve uma outra divisão que distinguia os proponentes do uso das novas tecnologias para criar uma utopia futurista e os que foram nostálgicos para uma volta a um passado idealizado. Apesar destas distinções, concordaram sobre os fatos inaceitáveis observados. Friedrich Engels, filho de família rica proprietária de fábricas, documentou, em 1845, suas experiências ao presenciar as condições em que a parcela mais pobre da população foi obrigada a viver:

Ocupava um quarto pequeno na casa número 5 da viela Leão Branco, acessada da rua de Bermondsey, Londres, com seu marido e um filho de dezenove anos, sem cama nem tipo algum de móvel. Foi encontrada morta ao lado do seu filho em cima de uma pilha de plumas que estavam espalhadas sobre o seu corpo nu, sem lençol nem cobertor. Tantas plumas se colaram ao cadáver que não foi possível o médico examiná-lo até que foi limpo, e então revelou um corpo morto de fome e coberto de cicatrizes causadas por picadas de ratos. Parte do piso foi destruído, e o buraco usado como sanitário.

(ENGELS, 1998, p.25)

Este relato e outros são realmente tristes. A situação em que se encontravam estas pessoas não era justa, e estimulou uma determinação pela parte das pessoas mais privilegiadas para ajudar a melhorar estas condições. Movimentos sociais como os *Quakers* e a *Temperance Society* responderam com tentativas de reverter a fragmentação de grupos sociais e curar os males da violência e do álcool.

Desde então as condições mínimas melhoraram em Londres, porém, a pobreza não foi suprimida, apenas removida para lugares mais longe da visão cotidiana da elite, um fato que nos deveria deixar sempre alerta em relação aos novos desafios e contradições de nosso próprio progresso. Engels e outros idealistas e visionários do século XIX julgaram estes fatos como indesejáveis segundo seu então padrão de moralidade ou expectativa. Alguns buscaram uma solução por meio de uma reorganização da cidade, tanto na sua manifestação física quanto seu papel como um reflexo da estrutura da sociedade, acreditando que a vida física e emocional da população, a pobreza e o sofrimento, a fome, as enfermidades crônicas, a falta de abrigo e de emprego foram, em parte, provocados pelo ambiente construído.

Empresários bem-sucedidos na Inglaterra construíram cidades para seus funcionários como maneira de implementar seus ideais na população. As mais famosas são das empresas de chocolate britânicas Cadbury, Bournville e Rowntree,

cujas construções estão ainda em uso porém absorvidas pelas cidades de York e Birmingham. Grandes projetos foram executados com a finalidade de providenciar moradia de qualidade e em estruturar grupos sociais responsáveis segundo os valores cristãos da época. **Figura 1** ilustra como estes princípios foram organizados em uma cidade jardim (HOWARD 1902), posteriormente usada como modelo para Letchworth, na Inglaterra e outras cidades novas dos séculos XIX e XX.

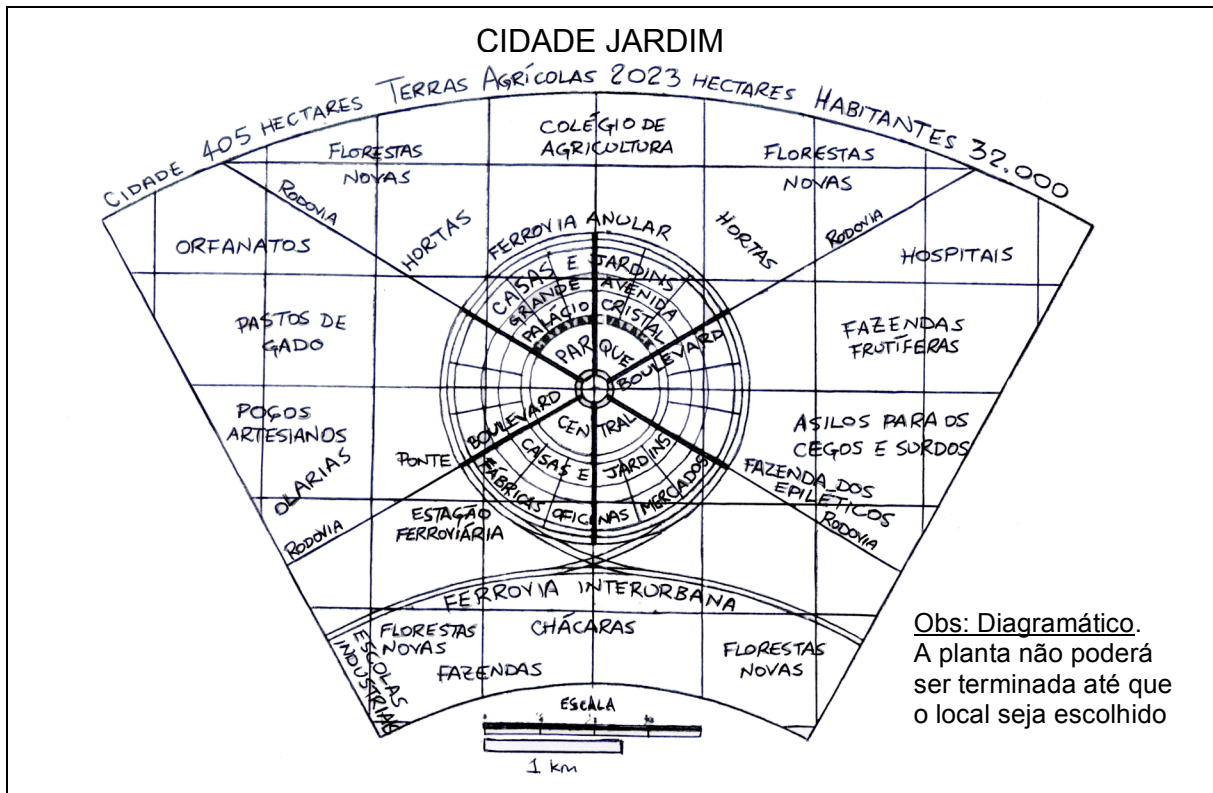


Figura 1: Ilustração de *Garden Cities of Tomorrow* mostrando o zoneamento de uma Cidade Jardim de Ebenezer Howard. A cidade abriga a habitação e os parques e a indústria a periferia urbana. As florestas, pastos e asilos ocupam áreas fora dos limites urbanos. Fonte: Morris Society, 2004, tradução pelo autor.

Após a segunda guerra mundial, mesmo com a visão retrospectiva de mais de cem anos, as condições observadas por Engels e seus contemporâneos continuavam percebidas como deploráveis, no entanto, a sociedade colocava exigências extras, frutos talvez de uma expansão de consciência depois da destruição das duas guerras mundiais, e formularam o conceito dos Direitos Humanos ¹. Estes visavam compreender as necessidades emocionais como igual ou mais importantes que as físicas. O necessário para o ser humano vai muito além das exigências do mero

¹ A formulação oficial da Declaração Universal de Direitos Humanos foi oficializada no pós-guerra em 1948 pela comissão das Nações Unidas liderada pela esposa do falecido ex-presidente dos Estados Unidos, a senhora Eleanor Roosevelt.

animal. O conceito evoluiu mais ainda ao longo do próximo meio século e afirmaríamos hoje que não apenas a pobreza é indesejável, mas esperamos um bom nível de prosperidade além do básico para sustentar a vida. Diríamos que o sofrimento e o ressurgimento de novas formas de escravatura são muito mais graves do que algum tempo atrás. O direito mínimo aceitável passa a ser uma esperança de conforto e liberdade. Exigimos não somente o fim da fome, mas esperamos providenciar uma dieta de boa qualidade. O conceito da fim da enfermidade hoje se tornou o de uma vida livre de impedimentos físicos e não somente a de curar. Os direitos à moradia ou abrigo correspondem ao de ter um lar com aconchego e proteção e o direito a um emprego hoje deve possibilitar perspectiva de realizações sociais, status e respeito. Os direitos humanos refletidos pela sociedade do século XXI descrevem condições que tornarão a vida um prazer e que facilitam o desempenho econômico de cada um em benefício de si próprio e da sociedade como um todo. Porém, ainda estamos longe de lograr os direitos humanos para todos.

Há traços paralelos desta mesma tendência em Arquitetura e Urbanismo. A Carta de Atenas de 1933 lembra sua época. Embora seja um avanço admirável da percepção do século XIX, manifesta-se inadequada quando vista no contexto do século XXI. O Congresso Internacional de Arquitetura Moderna (CIAM), apesar de reconhecer tanto que o ambiente depende do morador quanto este último pode ser modelado pelo ambiente, concebe a solução do problema da cidade com uma excessiva simplificação do assunto em termos dos “elementos indispensáveis aos seres vivos: sol, espaço e vegetação” (CIAM, 1933, artigo 11). Ao definir espaços para certas funções exclusivas, o zoneamento, um ordenamento planejado e previsto não pelos usuários, mas pelos especialistas (CIAM, 1933, artigo 86), inviabiliza a espontaneidade que dá vida ao local: uma abordagem inflexível que poderia ser considerada como inadequada hoje. A ênfase do CIAM na sistematização desumaniza a cidade e desvaloriza a capacidade do ser humano de cuidar de si mesmo. Reconhece sim as diversas maneiras de circular pela cidade (CIAM, 1933, artigo 59), mas raciocina-as em modalidades de transporte designadas por sua velocidade máxima (CIAM, 1933, artigo 53), enquanto hoje, além das faixas de velocidade, há diversos destinos e funções a serem servidos. Já em 1961 o relatório *Traffic in Towns* reconhece esta hierarquia de transporte veicular classificada por

função (BUCHANAN & CROWTHER, 1963), porém, a tendência era de separar as modalidades ao invés de integrá-las ².

Os princípios do CIAM foram adotados nos grandes projetos de reconstrução e modernização nos Estados Unidos, melhor manifestados pelo desenvolvimento viário em Nova Iorque. Aqui presenciamos o crescimento de um sistema linear e mono-funcional sem “pedestres para impedir o fluxo” (BERMAN, 1983, p.167), privilegiando a função automobilística e desvalorizando as comunidades humanas anteriormente estabelecidas no local. Berman lembra sua infância e lamenta a destruição do seu bairro que acompanhou a construção da rodovia que partiu o bairro no meio:

Eu me lembro olhando de cima ao local de construção da *Cross-Bronx Expressway*, chorando pela morte do meu bairro cujo destino previ com a precisão de um pesadelo, e jurei me lembrar e me vingar, mas também lutei com algumas ambigüidades preocupantes e contraditórias que o projeto de Moses expressou. (...) Enquanto observei as mais belas das casas sendo arruinadas para dar passagem à rodovia, senti uma pena que eu vejo hoje como endêmica da vida moderna. Com tanta freqüência o preço da ininterrupta e crescente modernização é a destruição não somente do “tradicional” mas das instituições e lugares “pré-modernos” – e eis a tragédia real – de tudo que era mais essencial e belo do próprio mundo moderno.

(BERMAN, 1983, p.295)

Jane Jacobs (2003) descreve a cidade de Nova Iorque da década de sessenta, discursando sobre as falhas do projeto moderno no seu bairro e como são, em grande parte devido aos planejadores, masculinos, brancos, protestantes como Moses ³. Jacobs, contra algumas simplificações usadas pelos modernistas, esboça uma reavaliação dos seus métodos. Ela não é a favor do uso excessivo do carro, nem de ruas desertas. Não gosta de correr o risco de assalto nem de furto, e também não quer uma vida solitária nem gregária demais. Em resumo, ela descarta

² Em certos casos a separação do pedestre do tráfego é imprescindível quando feita por motivos de segurança, entretanto, o uso excessivo de barreiras deve ser evitado, pois inibe a integração e multiplicidade de usos e percursos. Uma reavaliação de risco e perigo e das conseqüências sociais das medidas impostas tradicionalmente é aconselhável. John Adams comenta sobre risco no espaço urbano (CABE, fevereiro 2005). “Pela medida de tirar toda e qualquer indicação, sinalização ou placa [das ruas], injetando o elemento de incerteza ao encontro entre motorista, pedestre e ciclista, o projetista libera a rua britânica de muitos elementos feios e além disso reduz os acidentes”.

³ Robert Moses foi instigante na “estratégia de renovação urbana (...) refazendo toda a região metropolitana de Nova Iorque por meio da construção de auto-estradas e de pontes, do planejamento de parques urbanos da renovação urbana.” (HARVEY, 1996, p.72). Harvey também ilustra, um fato ignorado por vários autores, que a reconstrução modernista foi feita, em grande parte, a partir da destruição das duas guerras mundiais. Num momento de extrema necessidade, este movimento, com seu estilo e sua ideologia apropriados para aquela época, teve o efeito desejado durante longos anos.

o método e a solução modernista e torna sua atenção ao objetivo básico de melhorar a cidade para seus habitantes. Jacobs quer que a cidade seja para todos a cada modo pessoal, não restrita demais e não permissiva demais. Talvez seja inviável uma exigência tão ampla como a de Jacobs, entretanto, não podemos generalizar quando tratamos de um fenômeno tão diverso como a cidade e querer encontrar uma resposta padronizada para todos os problemas sociais e físicos do ambiente urbano.

Durante os anos seguintes até o início do século XXI, muitas intervenções grandes daquela época caíram em decadência e foram demolidas. Há, entre os profissionais, uma crescente descrença do benefício de projetar nesta escala, entretanto, devido ao impacto político vantajoso a técnica ainda tem seus proponentes.

A decadência de infra-estrutura que o projeto moderno visava melhorar continua nos grandes centros urbanos. O medo de violência é cada vez maior. Como consequência, o investimento de dinheiro público na infra-estrutura das cidades recebe uma maior atenção crítica que qualquer outra face da sociedade e as falhas no planejamento e o projeto manifestam-se na assim chamada crise em arquitetura. Sobre esta crise, ver Artigas (2004), Huxtable (1986), Lima (2002) e Baudrillard (2000) entre outros.

Por onde começar para reverter a degradação das cidades e das sociedades? Instintivamente conhecemos os fatores que não queremos manifestados em nosso ambiente construído, mas alguns destes fatores são difíceis de descrever em termos objetivos apesar de serem universais, e apesar disso como iniciaremos o caminho para o melhor?

É claro que podemos aceitar a situação como normal, inevitável, ou até o melhor que poderia esperar diante das circunstâncias. Alternativamente, examinamos o que se manifesta e continuar buscando, como na grande tradição, para uma maneira de melhorar o mundo. Allan Jacobs (1993) e a organização não-governamental, O Projeto para Lugares Públicos (*Project for Public Places*), dos Estados Unidos, são atuantes nesta questão de rejeitar os sintomas inaceitáveis e cultivar a cidade como um lugar melhor para estar, definindo as ambições populares para o espaço público

urbano e explicitando maneiras de alcançá-las: a mesma meta da investigação discutida nesta dissertação.

1.2 A Necessidade de Melhorar

Para melhorar a arquitetura do espaço público urbano, começamos aceitando que o conceito é subjetivo e a definição terá que incluir, de algum modo, a diversidade implícita no tema. Misturam-se diversas qualidades, algumas fundamentais e outras mais específicas, que podem estar presentes ou ausentes. Dentre estes últimos, incluem-se algumas que não necessariamente contribuem para um resultado positivo. As influências serão interligadas, tornando difícil a identificação das causas e seus efeitos, e manifestando uma complexidade tanto no objeto de estudo quanto na abordagem. Discutiremos, ao longo deste trabalho, um possível caminho para a realização de uma arquitetura melhor-sucedida que leve em consideração toda esta rica complexidade.

Jane Jacobs (2003), em 1961, descreveu e analisou o bairro onde morava com relatos sobre sua vida cotidiana, as pessoas e os acontecimentos, tanto costumeiros quanto especiais. Ainda hoje, os valores principais que ela priorizou não mudaram tanto com a passagem dos quase 50 anos. Como um exemplo, citamos uma experiência da autora, quando observou a vida do bairro pela janela do seu apartamento ⁴. A narração da história ressalta, quase que inconscientemente, algumas possibilidades de uma permeabilidade espacial, tornando em vários tons de cinza o preto e branco da divisão entre o espaço público e o privado.

O incidente que me chamou a atenção foi uma discussão abafada entre um homem e uma menina de oito ou nove anos de idade. Aparentemente, o homem tentava convencer a menina a ir com ele. Por vezes, era todo lisonjeiro com ela, às vezes demonstrava indiferença. A menina tinha ficado dura [ímóvel] contra o muro de um dos prédios de apartamentos do outro lado da rua, como as crianças fazem ao resistir.

Enquanto eu observava da janela do nosso segundo andar, tentando imaginar como intervir se precisasse, percebi que não seria necessário. Do açougue de baixo do prédio, saiu a mulher que cuida do estabelecimento com o marido; ficou parada a curta distância do homem, com os braços cruzados e expressão muito decidida. Joe Cornacchia, que cuida da confeitaria com seus genros, saiu quase ao mesmo tempo e ficou firme, do

⁴ A vista da janela é uma técnica usada também por Lefebvre, para explicitar sua teoria de análise de ritmos para a leitura da cidade (LEFEBVRE, 2004). Esta técnica discursiva facilita o desencadeamento do relato, demonstrando, no caso de Jacobs, a conectividade dos elementos no espaço, e no caso de Lefebvre, a dinâmica destes elementos.

outro lado. Várias cabeças despontaram nas janelas mais altas do prédio; uma delas saiu rápido da janela, e essa mesma pessoa reapareceu um momento depois na porta, atrás do homem. Dois homens do bar vizinho ao açougue vieram à porta e ficaram olhando. Do meu lado da rua, vi que o chaveiro, o quitandeiro e o dono da lavanderia tinham saído dos seus estabelecimentos e que a cena também era acompanhada de várias janelas vizinhas à nossa. O homem não percebera, mas estava cercado. Ninguém ia permitir que uma garotinha fosse levada, ainda que ninguém soubesse quem era ela.

(JACOBS, 2003, p.39-40)

Estes “olhos para a rua” (JACOBS, 2003, p.35) emergem desta vizinhança que tem um perfil demográfico e um uso do espaço construído bastante diversificados. Hillier (1996, p.194) aborda o mesmo fenômeno de auto-vigilância e diz que, “(...) o que acontece na verdade é que o movimento natural dos estranhos passando pelo local mantém uma vigilância natural sobre o espaço, enquanto os moradores, por meio das entradas às moradias e das janelas, mantêm uma vigilância natural sobre esses estranhos passantes”. Jacobs continua seu relato comentando sobre o único prédio recém reformado da vizinhança que está ocupado por pessoas de “alta renda”. Este foi o único lugar onde não aparecia ninguém na janela. Se foi por ausência dos ocupantes, por não saber o que estava acontecendo ou por má vontade mesmo, a autora não conclui. Ela apenas termina este trecho observando, ironicamente, que estas pessoas mudaram para o bairro para aproveitar da segurança oferecida por uma vizinhança aconchegante, mas sem se comprometer a contribuir para a sua sustentação. Quando o bairro inteiro for reformado, diz Jacobs, e todos os moradores novos agirem desta maneira, ninguém mais vai querer morar lá. As próprias qualidades positivas contribuirão indiretamente para a decadência delas mesmas numa dinâmica que suprime a vida. Os sintomas causarão a própria doença (HILLIER, 1996, p.210-212).

Vemos, em Jacobs, alguns atributos de um lugar bem-sucedido: a segurança e a diversidade. Temos aqui um bairro em uso constante. Não é um bairro abandonado à noite, pois tem divertimento próximo à moradia, ao trabalho e ao comércio, como o bar mencionado e as várias lojas de serviços que provavelmente tenham horários diversos de funcionamento. Cada uso parece se encaixar em uma proporção cuidadosamente ajustada para não incomodar os outros. O lugar é importante para as pessoas residentes, e isso se estende aos outros usuários passageiros pelo local, criando espontaneamente uma comunidade enquanto todos conseguem manter seu requerido grau de privacidade. Esta qualidade abrange desde o físico imediato até o

bem comunitário, que cuida tanto da infra-estrutura quanto das pessoas. No trecho citado observamos a facilidade que as pessoas atravessaram entre o espaço público e o privado, e assim livres de barreiras inconvenientes, se disponibilizam para dar apoio em uma forte manifestação do bairro se auto-protegendo ⁵.

Pesquisas feitas pela Comissão para a Arquitetura e o Ambiente Construído (*CABE*), um órgão de conselho ao Governo Britânico, descrevem os objetivos que um projeto público deve ter para contribuir de forma positiva ao ambiente e sustentar sua responsabilidade social. Para a *CABE*, o projeto público deverá exemplificar o conhecimento mais atualizado nos aspectos de gerenciamento, direção, auditoria e fiscalização, mas um bom projeto também, “deverá contribuir para o bem do ambiente em que estiver localizado, providenciar um amplo leque de benefícios sociais e econômicos e se adaptar às necessidades de usos futuros” (*CABE & NAO*, 2004, p.4). ⁶

A Cúpula do Milênio (ver **figura 2**), foi um projeto concebido para comemorar a virada do século na Inglaterra. Era uma construção temporária à moda da *Great Exhibition* (1851) e do *Festival of Britain* (1951), um exemplo da tecnologia construtiva de ponta e um grande evento de entretenimento, educação e tecnologia montado para promover interesses nacionais.

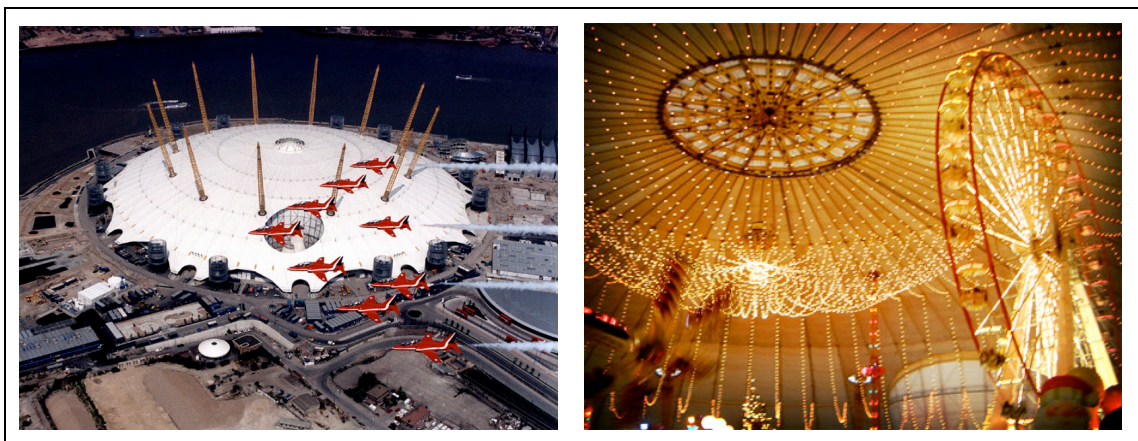


Figura 2: A Cúpula do Milênio: Vistas aérea (a) Fonte: RAF e interior (b) Fonte: M. Golding

⁵ Este conceito corresponde ao de Autopoiese, atribuído a Humberto Maturana e Francisco Varela (1973), que será comentado no capítulo 3.

⁶ *NAO (National Audit Office)* é o Gabinete de Auditoria Nacional do Governo Britânico, cuja função é parecida com o Tribunal de Contas no Brasil

Apesar de receber elogios internacionais por suas realizações tecnológicas de construção a estrutura organizacional da obra sofreu várias falhas. As estimativas de renda exigiram uma previsão de visitas raramente possível, e a instalação num local muito afastado das redes de circulação existentes à época desencadeou uma publicidade tão negativa e hostil que só serviu para diminuir mais ainda as expectativas. Apesar de ser um projeto financiado pelo setor privado, no final, foi salvo pelo Governo Britânico com dinheiro público, motivando um escândalo político duradouro (NAO, 2000).

Desde a controvérsia da Cúpula do Milênio, inaugurada no ano 2000, os gabinetes do primeiro ministro e do vice do Governo Britânico estão apoiando pesquisas sobre melhorias no ambiente construído. Reconhecendo a necessidade de demonstrar modelos de organização e dar um bom exemplo ao setor privado de como deveria ser o ambiente construído, o Gabinete do Primeiro Ministro, Tony Blair, organizou um concurso anual para escolher um exemplo de projeto público bem-sucedido ⁷.

A *CABE* também pesquisa este tema desde 2000. As pesquisas são diversas, incluindo, além do controle financeiro de projetos públicos, os efeitos do design de edificações, ruas e parques sobre o comportamento e conforto dos usuários, e a sustentabilidade do meio-ambiente. Refere-se também a como os usuários poderão contribuir para um desempenho comunitário e ambiental mais sustentável. A *CABE* considera o ambiente construído como uma composição não apenas do projeto e sua execução, mas abrange seu ciclo de vida inteiro. O planejamento da obra conta com o envolvimento de futuros usuários e vizinhos durante a etapa inicial de formulação do projeto até a eventual demolição, renovação ou reciclagem para algum outro uso. Insere-se a obra num processo maior que é o desenvolvimento da cidade e da sociedade.

O investimento em novas técnicas de projeto e uma ampliação do cerne e importância desta fase têm contribuído para resultados de ótima qualidade,

⁷ O concurso se chama *Better Public Buildings* (Para Prédios Públicos de Melhor Qualidade) e informações estão disponíveis no site www.betterpublicbuildings.org.uk.

melhorando a experiência de todos que vêm em contato com a obra e alcançando maior eficiência financeira e ambiental ⁸.

A visão holística que a *CABE* promove visa reconhecer desde a fase de projeto, todos os custos da obra, tais como o preço da deterioração causada pela poluição atribuída à obra e aos usuários do começo até as futuras manutenções, reformas e demolição. Segundo a *CABE*, as principais qualidades de um ambiente urbano bem-sucedido podem ser resumidos em oito categorias. Estas categorias não são mutuamente exclusivas, tendo vários aspectos em comuns entre elas. São elas: função, qualidade, eficiência, economia, sustentabilidade, sensibilidade, impacto e estilo (*CABE/NAO*, Março 2004; *CABE*, Outubro 2000; *CABE*, Março 2002; *CABE*, Julho 2002; *CABE*, Outubro 2002; *CABE*, Junho 2005; *DETR/CABE*, 2000; *CABE SPACE*, Janeiro 2005).

- 1) Função: É necessário otimizar a operação dos serviços e as atividades das pessoas. A circulação deve ser adequada e fácil, disponibilizando continuidade com o entorno existente. A função deve ser clara, ordenada, e fácil de compreender e usar. O espaço delimitado pela obra deve adaptar-se a novos usos, oferecer uma diversidade de funções e alternativas de percurso, ser seguro, estimular vida e alegria, e dar opções de entrar (participar) ou sair (descansar). Deve ser interessante, estimulante, acessível, e promover saúde, exercício, e interação entre pessoas e com a Natureza.
- 2) Qualidade: O projeto deve ser construído para durar. Com alguma frequência a infra-estrutura urbana permanece em uso durante mais de 100 anos, e sendo assim deve ter uma integridade estrutural apropriada. O design deve minimizar os custos de manutenção e limpeza, assim mantendo o valor intrínseco do investimento. O detalhamento deve ser honesto e atencioso, usando bons materiais, e privilegiando todas as funções de maneira igualitária. A qualidade é mais importante que a quantidade.
- 3) Eficiência: O projeto deve ser fácil de construir no prazo e alcançar a qualidade especificada.
- 4) Economia: Os custos ao longo da vida devem ser analisados e considerados, levando em conta os custos indiretos e o impacto ambiental.
- 5) Sustentabilidade: A localização e desempenho do projeto devem minimizar custos e impacto ao ambiente tanto vindo da construção quanto dos usuários. Da mesma forma deve apresentar uma eficácia energética.
- 6) Sensibilidade: Deve demonstrar um respeito à identidade local e ser uma resposta apropriada ao problema. A contribuição ao local e comunidade deve ser positiva, priorizando um valor cultural. Deve definir claramente os espaços públicos e privados.

⁸ Um exemplo de um projeto nacional que poderia beneficiar-se de uma análise como esta seria o Sambódromo, Rio de Janeiro, que é um ícone nacional, mas sofre de pouco uso, um fato que possa ter contribuído para a contínua decadência do ambiente em que foi inserido. Fora de época dos grandes espetáculos o Sambódromo se torna um espaço aparentemente fora da malha urbana, isolado. Em inglês a sigla SLOAP (*Space Left Over After Planning*) foi inventada para referir a estes espaços aparentemente ignorados pela população após o planejamento. Para Silvio Macêdo (1986) da Universidade de São Paulo, estes espaços seriam as “sobras”.

- 7) Impacto: Deve harmonizar com o entorno, acrescentando o valor do local. Deve aumentar o bem-estar dos usuários, melhorando os serviços disponíveis e reduzir a sensação e realidade de insegurança e crime. Deve ser direcionado a todas as faixas da comunidade incluindo os jovens e os idosos.
- 8) Estilo: Deve apresentar um estilo arquitetônico apropriado, empregando uma estética de qualidade, de bom caráter, belo e atraente. Deve demonstrar uma clareza de expressão, e ser livre de confusão e excesso.

Desde o início do projeto, considera-se que as qualidades indesejáveis podem surgir a partir de uma situação tão inócua como uma dificuldade na manutenção que desencadeia um ciclo vicioso cujas conseqüências não são aparentemente relacionadas à causa. Um clima ameaçador se gera na vizinhança resultando em maiores descuidados como a presença de lixo e vandalismo, a incidência de crime. O comportamento anti-social aumenta, assim como a percepção de baixa segurança pessoal. Uma falta de interesse no local afasta o mercado e há uma redução de serviços que agrava a carência financeira. Quando um lugar aparenta estes sintomas, também há uma falta de atendimento ou fiscalização que controla as medidas para sua própria reforma. A baixa qualidade destas intervenções desperdiça os recursos investidos, e projetos mal-concebidos limitam a diversidade de usos e dificulta mais ainda o acesso e integração. O local se torna abandonado e os habitantes são excluídos. A decadência e exclusão social contribuem para o desemprego dos moradores tanto da vizinhança quanto mais distantes, porém, através de uma compreensão antecipada e mais detalhada destas manifestações e suas possíveis conseqüências o projetista se prepara para eliminá-las.

Ao identificar o que é certo segundo as pesquisas anteriormente citadas, não pretendemos constatar que esse catálogo esteja completo. Ao contrário, cada pessoa tem uma compreensão diferente sobre o que é certo e errado, entretanto, a maioria está dentro de limites correspondentes aos valores de moralidade e de ética presentes na cultura do local e da época. Estas qualidades fundamentais formam a base do ambiente construído. O detalhamento parte destas origens, assim permitindo que cada local, cada obra e cada momento sejam únicos.

Seguindo esta lógica, concluímos que uma obra nunca vai ser perfeita nem permanente. Afinal, a dinâmica da cidade é uma força que nenhuma obra deve resistir. O que torna o ambiente construído um lugar prazeroso e funcional é a

mistura de vários destes pontos positivos. Não será necessário incluir todos nem excluir completamente alguns negativos, mas estruturar o projeto para permitir a adaptação periódica de acordo com as novas exigências e necessidades.

1.3 Como Alcançar este Objetivo?

Nosso trabalho se direciona aos profissionais envolvidos no projeto de arquitetura. Partimos do desejo de produzir uma ferramenta ou desenvolver uma abordagem que facilite a realização de intervenções em espaços urbanos com uma maior chance de serem bem-sucedidas, tanto como obra quanto como integrante de um ambiente maior. Focamos, portanto, na fase de elaboração do projeto para nossa investigação.

Apesar do tempo e custo envolvidos serem relativamente poucos, a fase de projeto é de importância exageradamente grande a respeito da sua influência no resultado. Quase todas as decisões sobre a obra são tomadas durante esta fase, portanto, uma intervenção neste momento determinaria o resultado da obra.

Há várias análises dos custos das etapas de projetos. Valores relativos não são constantes entre a fase de projeto, de construção e de operação, entretanto, os dados publicados por *CABE* demonstram que a fase inicial, a de projeto, tem uma ordem de grandeza menor que o custo de construção, e a relação deste com o custo de manutenção e operação também é significativa. Concluímos que o efeito de decisões tomadas durante a fase de projeto tem uma forte influência econômica no resultado, e podem ser implementadas por um preço relativamente baixo (ver **quadro 1**).

FASE DA OBRA	PROPORÇÃO DE CUSTO TOTAL (%) (estimada)
Projeto	1
Construção	13
Operação e Manutenção	86

Quadro 1: Comparação de Custos das Três Principais Fases de uma Obra. Fontes: *CABE*, Outubro 2000 & Novembro 2002

Nas palavras de Sir Stuart Lipton, da *CABE*: “O projeto representa uma proporção ínfima do custo total de um prédio – menos de um por cento – porém, quando bem-feito tem um impacto desproporcionalmente grande no bom desempenho do prédio e seu entorno.” (citado em *CABE/NAO*, Março 2004, p.6). O projeto é uma fase crucial, que justifica uma investigação sobre sua eficácia.

Um ambiente de qualidade, cuidadosamente projetado pode ser responsável pelas alterações no desempenho das pessoas que o usam. A *CABE* constata (Junho 2005, p.5-6) que os usuários das escolas, dos hospitais e de outras edificações podem desfrutar de produtividade, saúde, recuperação e bem-estar melhores. O uso freqüente dos espaços públicos fortalece o vínculo entre as pessoas e o lugar, prevenindo atividades anti-sociais, e a maior incidência de pessoas interagindo no dia-a-dia promove um senso de comunidade, preservando o lugar para futuras gerações. Intervenções, portanto, durante a fase de projeto podem contribuir ao objetivo de alcançar um resultado bem-sucedido.

Durante a fase de projeto, que é por sua vez um processo complexo e bastante abrangente, a operação que tem grande influência no resultado é a aplicação de teoria no processo de projetar. A teoria, no contexto científico, é uma abordagem abstrata que é análoga ao comportamento dos fenômenos naturais. A física teórica, por exemplo, utiliza a matemática com bastante sucesso para descrever, ou modelar, o Universo. Os modelos criados são aceitos quando foram testados com êxito na predição destes mesmos fenômenos naturais.

O conhecimento teórico, à medida que a tecnologia permite avanços, acaba avançando também, e teorias em uso anteriormente, passam a ser comprovadas como erradas, incompletas, ou simplesmente inapropriadas por outros contextos mais abrangentes (POPPER, 2002). Novos paradigmas surgem por um processo gradual com a passagem de tempo e a divulgação de novos resultados e fórmulas (KUHN, 1996).

Nas ciências aplicadas, a transição de um paradigma para outro não sempre ocorre de forma tão claramente definida. Às vezes a antiga abordagem continua sendo

empregada por algum motivo, seja pela facilidade de uso ou, mesmo tendo consciência dos erros, considera-se ainda válida para os contextos encontrados diariamente. Um exemplo claro deste caso é a mecânica newtoniana, ainda empregada para prever os movimentos de corpos encontrados na maioria dos casos aqui na Terra. A divergência desta teoria ocorre apenas em casos especiais, de alta velocidade, por exemplo, e os erros nestas circunstâncias são grosseiros.

Visando a constante mudança manifestada pela sociedade e a cidade, e observando que ambas são representações do conhecimento humano atual, propusemos investigar a teoria científica e a teoria de arquitetura e ressaltar como a primeira influencia a segunda.

Primeiro, explicaremos os conceitos principais da Teoria da Complexidade, um paradigma científico, que aborda os fenômenos naturais em toda sua complexidade, ao contrário da ciência clássica que procurava isolar os fenômenos do seu ambiente. Segundo, discutiremos o conceito de que a cidade atual é um fenômeno complexo, e propomos, portanto, examinar a teoria de Arquitetura e Urbanismo, e seus modelos teóricos, para identificar uma abordagem desta complexidade.

1.4 A Abordagem do Tema

Quando os europeus do século XV descobriram os ensinamentos da Antigüidade, alguns trazidos da Grécia e traduzidos pelo Império Muçulmano, iniciou-se um período de pesquisa e uma ampliação do conhecimento humano relativamente produtiva quando comparada aos tempos anteriores. O conhecimento humano começou a explicar os fenômenos naturais com o auxílio de métodos abstratos como a lógica e a geometria. Desde Newton e Descartes este conhecimento vem aumentando no ocidente, sendo cada vez mais amplo na sua aplicabilidade teórica e tecnológica, abrangendo áreas diversas como o movimento dos astros e o desempenho da máquina a vapor. Durante os últimos 500 anos, segundo Capra (2003) e Prigogine & Stengers (1984) entre outros, o conhecimento passou por três fases distintas:

- 1) primeiro, compreendeu-se os fenômenos simples com poucos elementos (mecânica newtoniana);

- 2) para depois, passar a abordar os fenômenos com muitos elementos imensuráveis (as leis dos gases);
- 3) e ultimamente, estudar fenômenos com muitos elementos cuja quantidade seria muito grande porém longe de infinito (termodinâmica e física quântica).

Há uma correlação no nível de certeza compreendido pelos modelos dos fenômenos naturais correspondente às três etapas citadas:

- 1) O paradigma do universo mecanicista em que tudo seria previsível e mensurável;
- 2) Uma consciência de que não sempre houve certeza e que o caos, dúvida e chance existiam, e que até as certezas não eram mais confiáveis. Houve uma descoberta no fim do século XIX que os planetas não seguem os percursos constantes anteriormente calculados;
- 3) Durante o século XX, o próprio caos pode ser mensurado.

O progresso da matemática durante este período exemplifica esta categorização das tendências:

- 1) Começou usando representações gráficas e algébricas que tiveram apenas uma solução;
- 2) Evoluiu para ser uma matemática de probabilidades em que as soluções eram várias. A passagem da certeza para probabilidade demonstra uma compreensão de que os fenômenos naturais não são simples, previsíveis e constantes, mas são complexos, criativos e dinâmicos;
- 3) A Teoria da Complexidade demonstra que, mesmo sendo imprevisível, existe uma ordem ou uma organização intrínseca dentro dos comportamentos aparentemente caóticos, e desenvolve maneiras de mensurar estas propriedades imprevisíveis.

A passagem por estas fases ou paradigmas está resumida no **quadro 2** a seguir:

ANO	1500		2000
	transição		transição
OBJETO de ESTUDO	Corpos individuais	Conjuntos infinitos	Sistemas grandes
MODELO do UNIVERSO	Mecanicista	Caótico	Complexo
MATEMÁTICA	Solução única (Álgebra, Geometria)	Descrição geral (Estatística)	Múltiplos resultados (Não-linear)

Quadro 2: Ilustração da mudança de paradigma em Ciência Moderna (elaborado pelo autor)

A Teoria da Complexidade demonstra ser um passo lógico no desenvolvimento histórico da ciência. Oferece uma explicação dos fenômenos naturais a partir de uma descrição dos componentes básicos, e permite o desenvolvimento progressivo de cada elemento dentro do conjunto que culmina nos fenômenos observados. A Teoria da Complexidade não é uma fórmula a ser aplicada, e sim uma compreensão

adicional ⁹ que leva em consideração a posição do sujeito e do observador como parte do Universo, incluindo outras influências ao invés de excluí-las.

A Teoria da Complexidade pode descrever fenômenos imprevisíveis que a ciência clássica não consegue explicar, seja pela rigidez do paradigma empregado que nega a existência do fenômeno, ou por ser um acontecimento aleatório. A descrição de um fenômeno imprevisível pode ser feita qualitativamente com o auxílio de padrões, e empregando ferramentas probabilísticas na sua abordagem quantitativa.

A base da Teoria parte da percepção que nenhum fenômeno natural acontece com o isolamento total exigido pela ciência clássica. Tudo existe num ambiente, e interage com outros corpos que por sua vez influenciam o comportamento do primeiro. Este é uma visão holística do Universo, descrita por Capra no seu livro “A Teia da Vida” (2003) e por muitos outros autores. Como consequência desta conectividade ao entorno há dependências entre fenômenos que a ciência clássica tentava tratar como independentes, negando sua própria existência. Uma abordagem completa de um determinado fenômeno deverá chamar conhecimento de diversas disciplinas criando uma teoria verdadeiramente transdisciplinar. Tendo origem na Teoria Geral de Sistemas e na cibernética, o controle destes sistemas, surge uma estruturação (BOULDING, 1956) de nove categorias genéricas de sistemas desde o nível atômico, até o biológico, social e transcendental (ver **quadro 4**, p.43). Avanços no desenvolvimento da Teoria foram feitos inicialmente nos estudos da cibernética e da inteligência artificial, e o padrão de organização de sistemas biológicos vivos (CAPRA, 2003, p.133), beneficiados pela metodologia qualitativa, uma contribuição atribuída às ciências humanas ao longo do século XX (ALVES-MAZZOTTI & GEWANDSZNAJDER, 2000, p.118).

⁹ Uma compreensão adicional não exclui o uso de compreensões existentes. Segundo Stengers (2004, p.96), temos que avaliar cada situação como se fosse única e escolher não somente os modelos que vamos empregar mas também a formulação do problema. “O problema não é mais o de dedução, mas o de imaginar o que é e como é relevante. Os cientistas não explicam mais um sistema através dos fatos que saibam sobre ele, mesmo se o compreendem muito bem, pois trata-se de um modelo. Suas perguntas demonstram uma situação aberta: ‘o que produzirá? o que poderá ser manifestado? que tipo de comportamento vai surgir?’ E esta questão deveria ser colocada cada vez, a cada novo caso”.

Os fenômenos isolados examinados pela ciência clássica são demonstrados em experiências que podem ser repetidas, cada vez obtendo os mesmos resultados. O objeto de estudo das ciências sociais, no entanto, interage com o observador e não atua isoladamente. Isto criava uma necessidade de examinar justamente a individualidade de cada experiência. Para alcançar conclusões sobre um objeto dinâmico e não-isolado, foi necessário incorporar análises probabilísticas e qualitativas na metodologia, transformando significativamente a definição de pesquisa científica (ALVES-MAZZOTTI e GEWANDSZNAJDER, 2000).

Uma abordagem sistêmica aceita que os modelos do comportamento de fenômenos naturais sempre vão manifestar alguma individualidade, por isso não podem ser repetidos, e nem generalizados. A quantificação por técnicas probabilísticas reforça uma questão de dúvida nos resultados, com a conclusão de que o fato não pode ser determinado com a mesma exatidão e confiabilidade que a ciência clássica exigia.

Existe ainda hoje um pouco de oposição aos conceitos da Teoria da Complexidade¹⁰. A Teoria já foi chamada ciência mal-feita, *bad science* (SCIENCE FRIDAY, 1995). Em nossa opinião, as oposições podem surgir da sugestão implícita de transdisciplinaridade na Teoria, e da aplicação abrangente que esta abordagem fornece. As questões de incerteza e da indefinição de resultados qualitativos, que são as chaves da Teoria e sua aplicação, também manifestam fortes diferenças se comparados ao paradigma clássico.

Uma rixa continua até nossos dias apesar de tentativas valiosas de reconciliar as duas culturas por C. P. Snow (1998) em meados do século XX. As assim chamadas 'Guerras das Ciências' iniciadas por Alan Sokal (1996 e 2001) demonstram a divisão atual entre os dois campos, às vezes manifestando uma ignorância de abordagens alternativas e uma falta de humildade científica. O status atual da Teoria da Complexidade encontra-se ainda no meio desta cisão, entretanto, o progresso feito

¹⁰ Polêmicas científicas não são novidades. Vêm surgindo durante toda a história da filosofia e a prática das ciências. O processo do avanço gradual no conhecimento científico e a súbita mudança de paradigma são idéias aparentemente contraditórias de Karl Popper (2002) e Thomas Kuhn (1996) respectivamente.

em novas áreas especializadas e a real produção de tecnologias, cuja existência depende da Teoria, aumenta cada vez mais a contagem dos que são a seu favor.

1.5 Justificar esta Abordagem

Em *Quantum City*, Ayssar Arida (2002) usa conceitos originados da teoria da física quântica para criar uma metáfora para a cidade. O fundamento para justificar esta abordagem baseia-se na interação entre o que o ser humano sabe e o que ele faz, e como um espelha o outro. Através de um relato histórico o autor ressalta paralelos entre o conhecimento mundial (*worldview* ou *zeitgeist*), a abordagem da cidade, sua forma, função e planejamento. O paradigma científico, mais especificamente da física, que Arida alcança, foi iniciado entre as duas guerras mundiais. Nós acreditamos que o paradigma, proveniente da obra de Heisenberg, Schrödinger e outros, tem hoje um contexto mais abrangente manifestado na Teoria da Complexidade, que esperamos justificar a seguir.

A arquitetura primitiva apareceu apenas como uma proteção contra as intempéries do clima e outros perigos. Com uma habitação fixa, no entanto, comunidades começaram a evoluir e expandir, chegando a fundar as primeiras cidades como Jericó na Jordânia e Çatal Hüyük na Anatólia, há mais de dez milênios ¹¹ (SOJA, 2000, p.4).

O processo de urbanização auxiliou um crescente conhecimento humano. Mais do que apenas sobreviver e manter a espécie, o ser humano começou a criar arte e usar ferramentas para manipular a Natureza a suas necessidades. O espaço ao seu redor ganhou um significado especial (HEIDEGGER, 2002, p.355) e tornou-se cada vez mais diversificado. Através da arquitetura, o ser humano delimitou o espaço, formando lugares para as atividades simbólicas da sociedade, criando um simbolismo e uma cultura diversificada e sofisticada.

¹¹ Outros autores constatam que a agricultura organizada já tinha sido desenvolvida antes da formação das primeiras cidades, e que foi necessária para empenhar avanços sociais. Entretanto, a obra de Soja enfatiza a maneira gradual que a sociedade urbana e a agricultura se desenvolveram juntas, cada uma, de alguma maneira, influenciando a outra.

Ainda muito antes das grandes civilizações, em Ur, Suméria há 7.000 anos (SOJA, 2000, p.5) a sociedade agrária desenvolveu sua arquitetura e seu sistema de governo e a cidade se manifestou como um centro para as atividades agrárias. Com o surgimento e desenvolvimento do comércio, a cidade e a arquitetura prosperaram, tornando-se cada vez mais diversas e complexas. Nas primeiras sociedades urbanas: egípcias, gregas e romanas, a dependência da população urbana em relação à arquitetura estruturou-se não somente em torno da função de abrigo e de privacidade, mas como uma maneira de criar um espaço próprio para outras atividades socialmente mais sofisticadas e distintas das apenas cotidianas. Exemplos seriam o fórum romano e a ágora grega: espaços centrais usados como mercado e também como lugar de cerimônia (BACON, 1995).

Para a sociedade essencialmente agrícola, a cidade continuava cumprindo um papel subserviente ao do campo. Esta subserviência continua até o fim da Idade Média na Europa quando o poder sobre o destino da comunidade, que antes se baseava na posse de terras rurais, passou gradualmente a ser igualado pelos negócios centrados em áreas urbanas e nas mãos do comerciante. Neste período, “há por um lado organização feudal da propriedade e da posse do solo (...) e por outro lado uma organização corporativa das profissões e da propriedade urbana” (LEFEBVRE, 1991a, p.31). O meio urbano posteriormente adquiriu uma importância maior para a sociedade, manifestando-se no surgimento de cidades especializadas que se tornaram influentes centros universitários, militares, colonizadores ou cidades comerciais. Havia, nesta época, mais uma divisão ou especialização:

(...) uma distinção mais conhecida: entre as cidades que atuam como centros para que a sociedade se produza por meio de manufaturar, distribuir e trocar mercadoria, e as cidades que atuam como centros das instituições governamentais, burocracias reguladoras e as estruturas cerimoniais, através das quais a sociedade reproduza suas estruturas essenciais.

(HILLIER, 1996, p.218).

A partir do período da Renascença Européia (século XV), as descobertas científicas possibilitaram um aumento na tecnologia, que séculos mais tarde levaria ao processo de industrialização da sociedade, alimentando mais ainda a importância do meio urbano. No auge na Revolução Industrial, por volta do ano 1750 na Inglaterra e na França, a vida rural passou a ser subordinada à vida urbana.

Para a sociedade recém industrializada e urbanizada, a arquitetura assumia um papel cada vez mais criativo, não apenas dividindo o espaço da habitação e indústria, mas como delimitação do espaço para a reprodução das atividades que nele acontece. O ambiente urbano se dividia em espaços distintos para muitas funções, entre elas a habitação, o trabalho, o cívico, a recreação e a circulação.

A partir dos meados do século XIX, a estrutura do espaço urbano tornou-se mais profunda, muito além de apenas um ambiente material. Dentro deste contexto, a arquitetura participou na configuração de um meio físico com simbolismo poli-dimensional. Lefebvre (1991b) categoriza três aspectos desta multiplicidade presentes no espaço contemporâneo: o espaço percebido, o espaço concebido, e o espaço vivido, formando assim uma *trialética*¹². Neste modelo, as possibilidades de combinação e oposição aumentam muito mais, permitindo a elaboração de conceitos a partir do físico e natural (o espaço percebido) justapondo-se às noções do espaço abstrato, representado, planejado e manipulado pelo ser humano (o espaço concebido), e ainda associando-se a uma articulação dos sentidos de uma forma imensurável e mais instintiva (o espaço vivido). Cada conceito se mistura e se cruza com os outros em proporções variáveis criando um espaço hiper-diversificado, não limitado pela linearidade da dialética (ver **figura 3**) para formar um pano de fundo para a experiência urbana contemporânea.

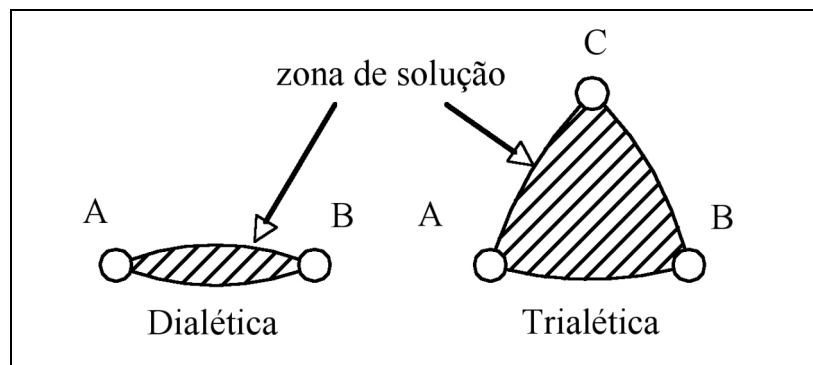


Figura 3: Representação abstrata da zona de solução de dialética comparada com a de trialética. (elaboração do autor)

¹² A dialética, uma técnica filosófica analítica desde Platão, considera um conceito argumentado contra seu oposto. A justaposição resulta em uma nova compreensão sintetizada do conflito bilateral. O conceito de trialética, atribuído a Lefebvre entre outros, incorpora uma terceira dimensão, investigando as relações entre três conceitos radicalmente variáveis.

Estruturando este espaço dialético, a arquitetura emerge como uma maneira de expressar a complexidade inerente à cultura. O espaço é estruturado pela sociedade, que, por sua vez, contribui para uma reformulação deste espaço complexo num processo dinâmico de interação e realimentação.

Esta evolução da cidade e da sociedade exige uma crescente complexidade na teoria e prática de Arquitetura e Urbanismo.

1.6 Criando uma Teoria

Esperamos ter demonstrado que a cidade e a arquitetura podem ser compreendidas como sistemas complexos, principalmente devido à conectividade entre diversos elementos e a presença das inter-relações entre eles. Se pudermos concluir a validade desta compreensão, podemos dizer que um modelo teórico de Arquitetura e Urbanismo, portanto, vai manifestar evidências de complexidade também.

Para sintetizar esta complexidade seguimos a hipótese de Holland (1997, p.27). “Representa a nossa intuição de que o comportamento dos SACs (*sistemas adaptáveis complexos*) é regido por princípios gerais, os que fornecerão pistas para a resolução de problemas pendentes.” Um salto indutivo, não muito longe, partindo desta hipótese, permite constar que, se nosso objeto de estudo é um sistema adaptável complexo e manifesta alguns princípios gerais da complexidade podemos esperar encontrar outros, e:

(...) pôr a descoberto princípios gerais que nos permitirão, a partir de leis simples, sintetizar comportamentos complexos dos SACs. (...) Simultaneamente, os SACs parecem incluir determinados pontos-chave, nos quais pequenas alterações das entradas podem produzir grandes mudanças direccionadas. Seria certamente mais simples descobrir esses pontos-chave se pudéssemos pôr a descoberto os princípios gerais que governam a dinâmica dos SACs. Um maior conhecimento dos pontos-chave oferecer-nos-ia, por sua vez, directrizes para uma abordagem eficaz de problemas ligados aos SACs, como doenças imunológicas, a degradação dos centros urbanos, a inovação industrial, entre outros.

(HOLLAND, 1997, p.65-66).

Quais são estes princípios gerais da complexidade então? Desvendaremos, no **capítulo 2**, a Teoria da Complexidade. Posteriormente, no **capítulo 3**, discutiremos como se manifestam os princípios gerais da Teoria da Complexidade em Arquitetura e Urbanismo, com enfoque na fase de projeto.

No caso, uma ilustração dos traços de complexidade na teoria de Arquitetura e Urbanismo demonstra a aplicabilidade da teoria ao objeto de estudo. Seria possível, então, formular um modelo que acompanha, com mais fidelidade, o fenômeno, juntando a Teoria da Complexidade com a teoria da arquitetura. Isto levaria a uma nova abordagem teórica de Arquitetura e Urbanismo, esboçada no **capítulo 4** por meio de um exemplo ilustrativo.

1.7 Uma Nova Abordagem

Morin e Le Moigne (2004, p.207) comentam sobre a necessidade de reavaliar as teorias reducionistas e compreender o todo:

A especialização abstrata, ou seja, que extrai um objeto do seu contexto e do seu conjunto, rejeita os laços e as intercomunicações com seu meio e o insere num compartimento, que é aquele da disciplina cujas fronteiras destroem arbitrariamente a **sistemicidade** (a relação de uma parte com o todo) e a multidimensionalidade dos fenômenos; ela conduz à abstração matemática que opera dela própria uma cisão com o concreto, privilegiando aquilo que é calculável e formalizável.

Ao descartar a abordagem clássica, o pensamento complexo e a Teoria da Complexidade possibilitam uma nova visão dos fenômenos naturais e sociais. A aplicação ao campo de Arquitetura e Urbanismo exigiria certas avaliações conceituais tanto do papel da teoria de Arquitetura e Urbanismo para a sociedade quanto das atividades dos profissionais atuando neste setor. Para encarar a complexidade, uma expansão do conceito de disciplina será necessária, introduzindo aspectos interdisciplinares e as novas abordagens que os acompanham.

Um pensamento complexo vai exigir algumas mudanças entre os conceitos de modelagem proveniente da ciência clássica. A estrutura teórica não seguirá a filosofia da experiência clássica em termos de testabilidade e definabilidade de resultado (POPPER, 2002). Em questão também será a imprescindível adaptabilidade do modelo teórico. Cada fenômeno, sendo único, implica a necessidade de ter um modelo hiper-contextualizado. Generalização e predição não serão os mesmos conceitos, ao menos que continuem sendo possíveis.

Podemos, porém, avaliar nossa maneira de intervir como profissionais no ambiente construído. Ao invés de predizer o resultado, poderíamos definir o resultado por padrões, no caso, em termos dos fatos que queremos no ambiente urbano, e implementar medidas que providenciarão um sistema saudável que melhora as chances de alcançar estes padrões. A própria intervenção não será projetada por profissionais, mas será feita sob ações independentes.

1.8 Os Objetivos e a Metodologia da Pesquisa

Observamos que há uma crise tanto na arquitetura quanto no urbanismo. O ambiente construído hoje não é um simples caso de projetar e construir. O profissional desta área atua num espaço tempo e mercado de alta complexidade. Vez após outra, temos casos em que uma intervenção arquitetônica ou urbanística não foi implementada com o sucesso intencionado, levando a agudas incongruências funcionais e estéticas na obra. Estes são os casos que queremos evitar.

Admitimos a possibilidade que a crise mencionada não seja nova, apenas um reflexo inevitável da modernidade pelo qual estamos vivendo há séculos (BERMAN, 1983). A passagem de tempo e das gerações e épocas humanas continuam, assim que as mudanças em conhecimento, tecnologia e as estruturas físicas e sociais que acompanham tudo isso. O ambiente construído reflete essa complexidade e enfrenta a mesma dinâmica. Embora pareça claramente definida e permanentemente erguida aos nossos olhos, uma obra urbana se insere num sistema complexo e dinâmico, e relaciona com este redor em uma evolução contínua.

Acreditamos que uma abordagem apropriada sobre o ambiente construído seria a de um sistema complexo e propomos sua consideração. Nosso intuito é de trazer algo a auxiliar o profissional, seja arquiteto, urbanista, ou planejador, a projetar melhor sua obra dentro deste meio urbano complexo e dinâmico. A fase de projeto será compreendida como a etapa do processo de realização de uma intervenção em que são tomadas as decisões sobre a sua forma e sua função. Para melhor projetar, portanto, a teoria utilizada para auxiliar na tomada das decisões deve refletir com maior fidelidade o objeto a ser projetado. Examinaremos esta teoria, e o arcabouço

intelectual empregado que o profissional utiliza para predizer ou adivinhar o resultado da intervenção proposta.

Como descrevemos anteriormente, um novo paradigma científico iniciado em meados do século XX aborda teoricamente estes sistemas complexos com o intuito de predizer seu comportamento. Em sua capacidade como realização e manifestação física do conhecimento humano, acredita-se encontrar na teoria de Arquitetura e Urbanismo, traços desta teoria. Deste modo, pretendemos ressaltar estes traços através de um estudo bibliográfico, e discutir possíveis conseqüências para a teoria e a prática de Arquitetura e Urbanismo, à luz deste conhecimento, que ilustraremos por meio de uma discussão sobre um exemplo hipotético baseado nas ciclovias da cidade de Florianópolis, Santa Catarina, no sul do Brasil.

A área geral de estudo bibliográfico é a teoria de Arquitetura e Urbanismo, especialmente as teorias que visam fazer predições sobre o resultado de intervenções no espaço urbano, sejam predições qualitativas ou quantitativas. Entre estas teorias, ressaltaremos as partes que abordam elementos da Teoria da Complexidade, embora não fossem reconhecidos, na maioria, como partes de uma teoria mais abrangente.

Por natureza, a abrangência das teorias consideradas será extremamente ampla e diversa, porém, a relevância das fontes demonstra uma ênfase em intervenções no espaço público das assim chamadas sociedades ocidentais, de acordo com a ênfase desejada de nosso trabalho.

A Teoria da Complexidade é composta de vários elementos que há algum tempo se manifestaram no discurso teórico de Arquitetura e Urbanismo. Entretanto, apenas na última década do século XX, quando a Teoria da Complexidade foi formalmente denominada como tal, ela foi reconhecida como uma totalidade por este discurso. Observamos o gradual afastamento, ao longo do século XX, da comunidade científica a respeito do paradigma mecanicista. Dentro deste contexto, limitamos a seleção de teorias de Arquitetura e Urbanismo ao período posterior aos meados do

século XX com o intuito de salientar teorias desenvolvidas durante um período de pleno conhecimento do novo paradigma científico.

Mencionamos as fontes significativas deste período no contexto que nos interessam, porém, não incluímos, de forma alguma, todas as referências publicadas. Deixa-se ao leitor considerar as fontes omitidas e a relevância da Teoria da Complexidade para elas.

Resumindo este raciocínio, o ambiente urbano é um sistema complexo e dinâmico e, portanto pode ser analisado com o auxílio da Teoria da Complexidade, ou seja, o objetivo principal da pesquisa é avaliar o projeto de Arquitetura e Urbanismo à luz da Teoria da Complexidade.

Para chegar a este objetivo, o primeiro objetivo específico é descrever a Teoria da Complexidade. No **capítulo 2** apresentaremos um relato histórico da ciência clássica. Serão discutidas as descobertas significativas que posteriormente foram utilizadas para formular a Teoria da Complexidade. Através de uma exposição dos elementos da Teoria, introduziremos o vocabulário específico, um resumo do qual encontra-se no glossário no **apêndice 1**. São apresentados, como exemplos, alguns fenômenos naturais que manifestam os diversos elementos da Teoria da Complexidade.

Esta base nos permite, em seguida, investigar quais são os elementos da Teoria da Complexidade presentes na teoria de Arquitetura e Urbanismo. No **capítulo 3** apresentaremos o resultado de um levantamento bibliográfico desta área, salientando a manifestação de elementos da Teoria da Complexidade. Cada caso teria uma descrição da fonte teórica e uma discussão específica sobre o elemento de Teoria da Complexidade. Este capítulo será resumido como um quadro no **apêndice 2**.

Para ilustrar como uma abordagem da Teoria da Complexidade poderá influenciar decisões de projeto em Arquitetura e Urbanismo, examinaremos, no **capítulo 4**, as questões do uso funcional, social e ecológico, o processo de projetar, a execução e a integração das ciclovias e de outros recursos para este modo de transporte

presentes em várias cidades do mundo: Amsterdã, Copenhagen, Londres, Middlesbrough na Inglaterra, Bogotá na Colômbia e Florianópolis, Blumenau, Rio de Janeiro e São Paulo no Brasil. Este conhecimento formará o que denominamos o quadro cicloviário, uma espécie de repertório. O mesmo levantamento de elementos cicloviários, das condições, as limitações ou os pré-requisitos para seu uso será feito sobre as ciclovias do distrito sede de Florianópolis, SC. As informações provenientes do quadro cicloviário e o conhecimento da Teoria da Complexidade auxiliarão uma avaliação complexa do estado das ciclovias em Florianópolis, salientando as partes que poderão ser influentes em futuros projetos.

As conclusões genéricas da avaliação complexa do projeto de arquitetura e urbanismo, tais como as possíveis direções para pesquisas futuras formarão o **capítulo 5**.

Capítulo 2: A TEORIA DA COMPLEXIDADE

(Da ciência clássica para as ciências da complexidade)

Este capítulo descreve os pontos principais da ciência clássica desde Newton, que baseou-se na visão mecanicista da Renascença e na constatação Iluminista que o comportamento de todos os fenômenos naturais possa ser previsto com certeza. O início do questionamento daquela fórmula durante a Revolução Industrial manifestou-se através de pesquisas sobre a máquina a vapor. Isto levou a uma interpretação probabilística da termodinâmica e abriu a porta para o conceito de incerteza, e posteriormente à física quântica. O comportamento, anteriormente visto como caótico, durante o século XX chega a ser compreendido através de uma visão sistêmica, e com o advento do computador, os longos cálculos iterativos necessários na solução e predição destes problemas puderam ser realizados com facilidade.

Segue um resumo histórico da ciência moderna e uma descrição dos princípios da Teoria da Complexidade. Suas características principais são exemplificadas para fins didáticos através da interpretação de fenômenos naturais. São discutidos tanto os fenômenos manifestados de auto-organização e adaptabilidade, entre outros, quanto a forma estrutural do típico sistema complexo como a conectividade e a estrutura hierárquica.

2.1 A Trajetória da Ciência Clássica

A mecânica newtoniana, publicada em 1687 como *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, foi baseada numa compreensão mecanicista do Universo, esta, por sua vez, filosoficamente erguida na lógica do pensamento cartesiano (DESCARTES, 1966). Descartes (1596-1650) descreve no seu *Discours de la méthode* que, para aprender e conhecer, o pesquisador tem que duvidar até do próprio instinto. É só através de dedução pura que o conhecimento humano avança. Toda conclusão é baseada em provas indisputáveis e empíricas, e cada passo logicamente demonstrado e fundamentado. A obra de Newton (1642-1727) segue esta metodologia usando a matemática para descrever o movimento de corpos sob a ação de forças, e consegue prever o comportamento do sistema solar com

bastante sucesso. A visão mecanicista crê num mundo previsível em todo detalhe. Tudo que acontece está totalmente organizado e a ciência, com o auxílio da matemática, explicará o comportamento de todos os fenômenos naturais.

Em princípio, esta abordagem científica visava examinar o Universo e encontrar um modelo simples, de beleza divina, para todas as perguntas sobre a natureza. A obra de Newton teve uma influência enorme no Iluminismo ¹³ do mundo ocidental. Ele inventou o cálculo diferencial ¹⁴ que uniu a geometria, o estudo de formas, com a álgebra, a matemática abstrata, para representar as formas geométricas em termos matemáticos abstratos. Sua tese sobre óptica apresenta experiências sobre a cor, modelos para a reflexão e a refração e uma hipótese para um modelo corpuscular da luz. A mecânica newtoniana descreve os movimentos tanto dos corpos celestiais quanto os mais mundanos e teorizou a noção de gravidade como uma força de atração entre corpos. As teorias encontraram aplicações abrangentes em muitos campos diversos, tanto que duraram como fundamentos da ciência durante séculos. Seu uso é freqüente ainda hoje devido à sua simplicidade e aplicabilidade sobre um vasto campo de circunstâncias.

A beleza e a simplicidade do trabalho de Newton estabeleceram e enraizaram a crença mecanicista em que todos os eventos e acontecimentos observados deveriam ser explicados nos mesmos termos, reduzindo o comportamento da realidade a uma série de fatos ou equações matemáticas.

Achava que os movimentos, e demais fenômenos físicos, eram descritos por equações algébricas ou diferenciais, fundamentais da Física. Assim, Newton deslocou a ênfase da procura de modelos mecânicos, procurando dar formulações matemáticas aos processos.

(SCHENBERG, 1985, p. 44)

Quanto mais simples estas equações sejam, tanto mais exata e compreensiva seria nossa explicação dos processos, nosso modelo do Universo.

¹³ O período de muitos descobrimentos científicos, teorias filosóficas e atos sociais durante o século XVIII que tiveram grande importância na estrutura da sociedade ocidental dos séculos XIX e XX.

¹⁴ Coincidentemente, Gottfried Leibnitz (1646-1716) também trabalhou no cálculo diferencial publicando-o em 1684. Acredita-se que Newton descobriu o teorema antes, mas publicou posteriormente.

2.2 Termodinâmica: a visão dentro da máquina

A teoria sobre o comportamento dos gases, atribuída em parte a Robert Boyle (1627-1691), foi mais uma descoberta científica manifestando a simplicidade do Universo. De acordo com estas leis, são três as quantidades mensuráveis importantes: a pressão, a temperatura e o volume. Todas elas são relacionadas diretamente uma com a outra. O produto de pressão (P) e o volume de um determinado número de moléculas (\tilde{V}) dividido pela temperatura (T) é uma constante; R, a assim chamada “constante de gás”.

$$\frac{P \cdot \tilde{V}}{T} = R \quad (1)$$

Esta simples equação desencadeou o desenvolvimento de tecnologia que mudaria o mundo, como a Máquina Newcomen em 1705 (ver **figura 4**) que foi usada para bombear água das minas de carvão. Em 1769, James Watt (1736-1819) patenteou a máquina a vapor, que por sua vez motorizou a Revolução Industrial na Inglaterra.

A Máquina Newcomen utiliza a pressão atmosférica justaposta contra um vácuo para acionar o movimento. O cilindro enche com vapor e quando cheio se abre permitindo descer um balde pendurada no outro balanço da alavanca. Contato com água fria injetada condensa o vapor dentro do cilindro e a pressão atmosférica, agora sem a resistência dada pelo vapor, aciona o cilindro levantando o balde. Assim, repetindo o ciclo, a máquina bombeia continuamente.

Preocupada com avanços tecnológicos na Inglaterra, o Governo Francês iniciou investigações profundas sobre o comportamento da máquina a vapor, com a intenção de descobrir mais sobre os seus mistérios e melhorar a sua eficiência.

A visão mecanicista abordava os fenômenos naturais como se fossem reversíveis, iguais em qualquer sentido. Não diferenciava entre o passado e o futuro. Entretanto, o processo de ferver água, produzindo o tão precioso vapor que logo se perde no ar é um processo que não é reversível usando essa abordagem. Exigiria muito mais

energia e extensas operações extras para captar o vapor e condensá-lo em água novamente. Havia alguma restrição em voltar ao passado.

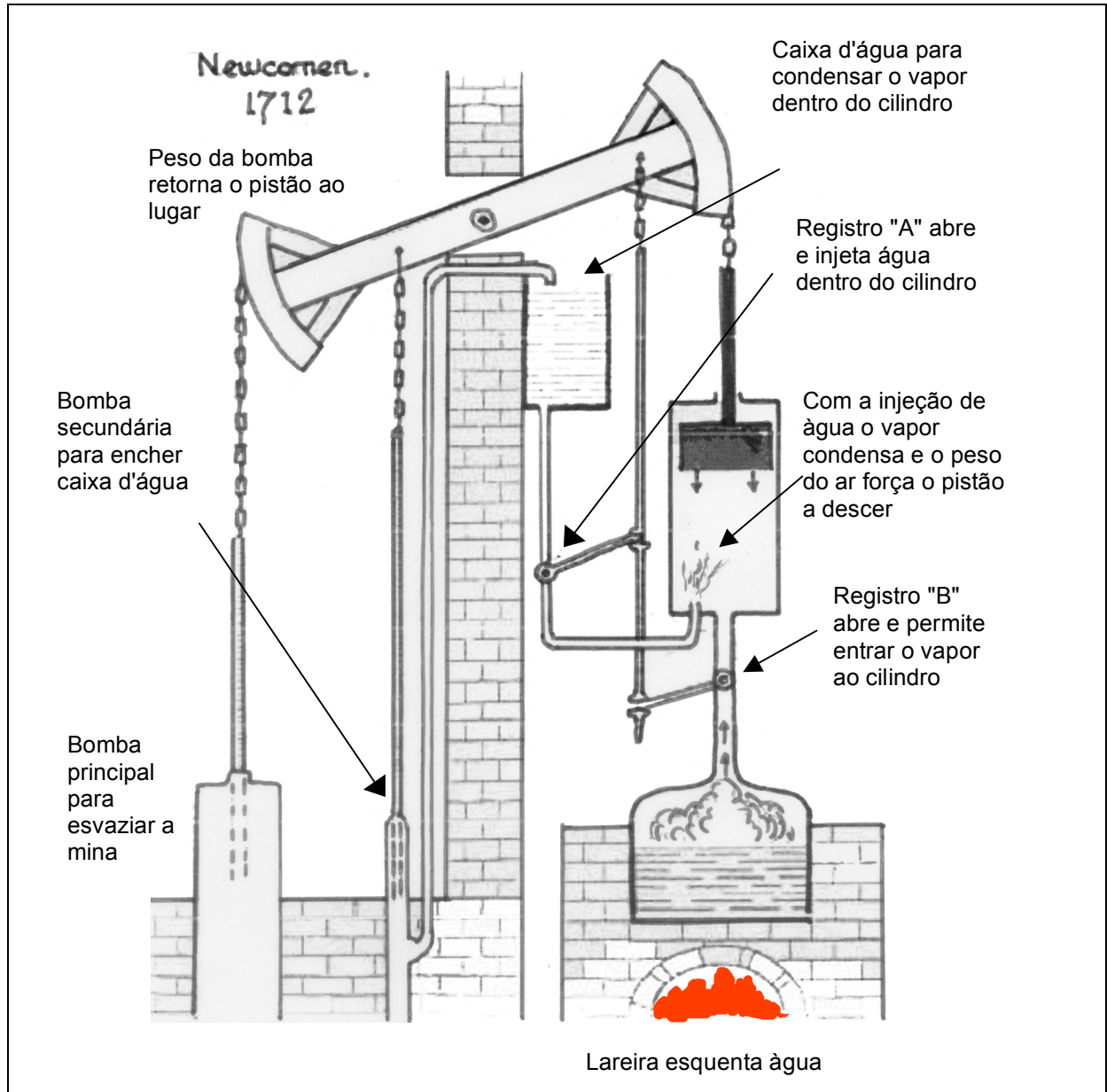


Figura 4: Máquina de Newcomen (Fonte: Niagara College, 2005, tradução pelo autor)

Nicolas Léonard Sadi Carnot (1796-1832) observou que quando se esquentam um objeto, o calor sempre se dissipa do lado quente para o lado frio; ou seja, a água, ao receber o calor, é obrigada a se dissipar na atmosfera mais fria. É impossível fazê-lo acontecer ao contrário ¹⁵. Como consequência deste fato, a máquina a vapor nunca

¹⁵ O leitor pode observar que um refrigerador consegue tirar o calor do lado frio e ejetá-lo ao lado mais quente. Porém, neste caso, uma energia considerável alimenta o motor, bombeando e pressionando um líquido volátil cuja evaporação absorve o calor e condensação sob pressão expulsa o calor.

será perfeita pois o processo sempre terminará em vapor quente escapando ao ar, desperdiçando um parcela da energia investida. A potência da máquina é limitada somente pela diferença de temperatura entre o lado quente e o lado frio.

Esta observação foi posteriormente formalizada como a Segunda Lei da Termodinâmica e tem várias implicações incluídas no conceito unidirecional assim introduzido ¹⁶. O atributo chamado entropia foi concebido para quantificar o processo de transformação de energia. Entropia é uma medição do estado de desordem intrínseca no material sendo observado. Contextualizado na máquina a vapor, o carvão é entregue em forma de cristal, altamente organizado e ordenado. Quando se queima o carvão, solta-se o calor e a maior parte do material escapa ao ar como gases ou fica no chão em forma de cinzas, pó. Um pouco do calor é poupado e esquentada a água, em estado de líquido contido no tanque, produzindo o precioso vapor, que ao ativar a máquina se perde ao ar também. Um pouco desta energia é transformado em trabalho, o desempenho da máquina ¹⁷. Cada passo do processo exige uma perda de ordem e o nível de desordem no Universo aumenta. Parece que a natureza prefere desordem, prefere mudar no sentido de um estado caótico.

Assim como o vapor escapa ao ar, a entropia sempre aumenta, e logo o tempo não voltará. Tudo tem o hábito de envelhecer, de desgastar. Ao usar a energia presente no Universo não podemos reciclá-la, sempre se perde um pouco. O Universo está inviolavelmente dissipando o calor, aproximando-se cada vez mais de um fim de máxima entropia, ou seja, de desorganização máxima. Esta possibilidade é a hipótese da “morte térmica” (*Heat Death*) do Universo e há uma contradição nela à visão mecanicista, que acredita no mecanismo perfeito e contínuo.

¹⁶ “A Lei Zero da Termodinâmica determina que, quando dois corpos têm igualdade de temperatura com um terceiro corpo, eles têm igualdade de temperatura entre si. Esta lei é a base para a medição de temperatura. A Primeira Lei da Termodinâmica fornece o aspecto quantitativo de processos de conversão de energia. É o princípio da conservação da energia, agora familiar: A energia do Universo é constante. A Segunda Lei da Termodinâmica determina o aspecto qualitativo de processos em sistemas físicos, isto é, os processos ocorrem numa certa direção mas não podem ocorrer na direção oposta. Enunciada por Clausius da seguinte maneira: ‘A entropia do Universo tende a um máximo’. A Terceira Lei da Termodinâmica estabelece um ponto de referência absoluto para a determinação da entropia, representado pelo estado derradeiro de ordem molecular máxima e mínima energia. Enunciada como ‘A entropia de uma substância cristalina pura na temperatura zero absoluto é zero’. É extremamente útil na análise termodinâmica das reações químicas, como a combustão, por exemplo” (WIKIPEDIA, 2006).

¹⁷ Em 1840 James Prescott Joule (1818-1889) formulou um conceito matemático de energia, mostrando a equivalência de calor e trabalho, entre a energia gasta para realizar uma atividade e a energia produzida pela atividade.

2.3 O Fim das Certezas

As Leis da Termodinâmica descrevem o comportamento de energia em termos globais como temperatura, e até o século XIX a física lidava somente com as propriedades palpáveis, explicando o Universo sempre nestes termos. A estrutura profunda do material, o comportamento das partículas, foi desconhecida. Não obstante, existia a teoria sobre a natureza molecular de matéria. Em 1827, Robert Brown (1773-1858) criou uma experiência e observou, a olho nu, o movimento aleatório de partículas suspensas em fluidos, a moção Browniana. Rudolf Julius Emanuel Clausius (1822-1888) cogitou sobre o paradoxo das altas velocidades observadas destas partículas e o lento processo de difusão de gases. Estes estudos, segundo Serway, Moses e Moyer, (1997, p. 341) interessaram ao escocês James Clerk Maxwell (1831-1879). Baseado no fato de que as moléculas de um gás têm diferentes velocidades, Maxwell formulou uma distribuição, um gráfico, representando as quantidades de moléculas versus a sua velocidade no eixo horizontal (ver **Figura 5**).

A equação (2) mostra a relação do valor da função da velocidade, $f(v)$, em que M = peso molar do gás; v = velocidade molecular; R = a constante universal de gás equivalente a 8.3145 J/mol.K; T = temperatura:

$$f(v) = 4\pi \left[\frac{M}{2\pi RT} \right]^{\frac{3}{2}} v^2 \exp \left[\frac{-Mv^2}{2RT} \right] \quad (2)$$

A área envolta pela curva representa a amostra das moléculas. Assim, o valor da função representa a proporção de moléculas com uma determinada velocidade. Como uma amostra prática contaria com bilhões de moléculas, Maxwell empregou uma análise estatística para representar um volume de gás em termos da soma das velocidades de cada molécula. Pode-se analisar a função para calcular a velocidade máxima e a distribuição das velocidades.

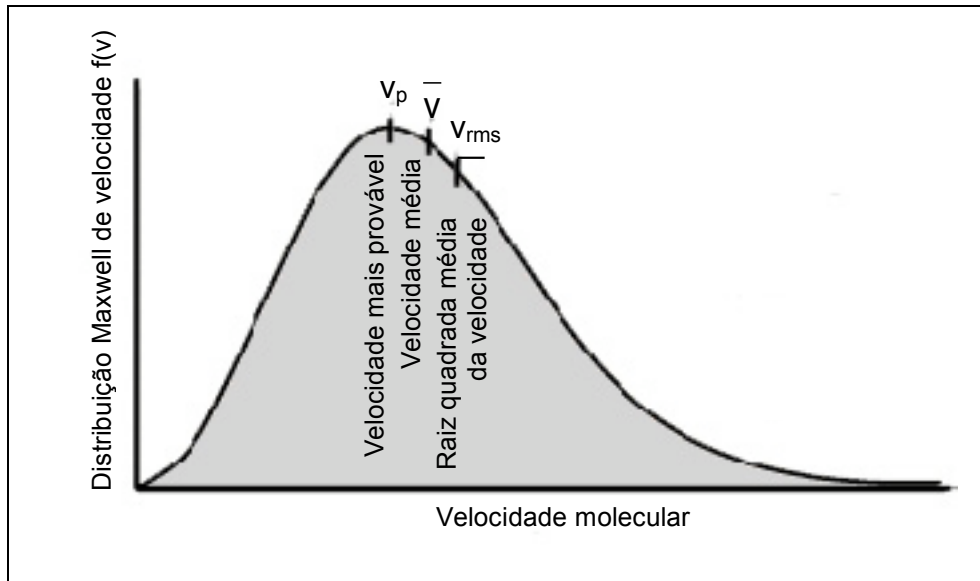


Figura 5: Distribuição Maxwell (Fonte: Georgia State University, 2005a)

Em 1872, Ludwig Boltzmann (1844-1906) desenvolveu o trabalho de Maxwell. O gás de Maxwell está em equilíbrio termodinâmico com uma temperatura constante. As moléculas se movimentam de acordo com a distribuição Maxwell, mantendo constante a soma das energias. Boltzmann buscou entender o processo mais comum de um gás resfriando, um estado de fluxo.

Partindo da hipótese que o movimento das moléculas de gás é aleatório, Boltzmann estudou uma amostra pequena teórica, e calculou todas as possibilidades. Ele mostrou que o que acontece corresponde à distribuição mais comum, ou seja, a mais provável. Assim ele conseguiu redefinir o conceito de entropia, não como uma medida de desordem, mas como o estado mais provável. Na verdade, pode acontecer qualquer coisa, mas o que observamos é o resultado mais provável. A teoria de Boltzmann é notável também por relacionar o comportamento microscópico com as observações macroscópicas.

Então, esquentar-se a água e a água ferve. De todas as possibilidades, o que observamos é o resultado mais provável: a água ferve e o vapor se dispersa ao ar. Quando soltamos a maçã, ela volta à Terra porque é mais provável que isso aconteça do que por exemplo se ela voasse para cima. No caso de uma pluma a probabilidade não é tão previsível devido às maiores influências de outros fatores e ela pode agir de uma maneira diferente, não menos provável.

Para compreender melhor esta hipótese, Boltzmann inventou um experimento mental (ver **Figura 6**).

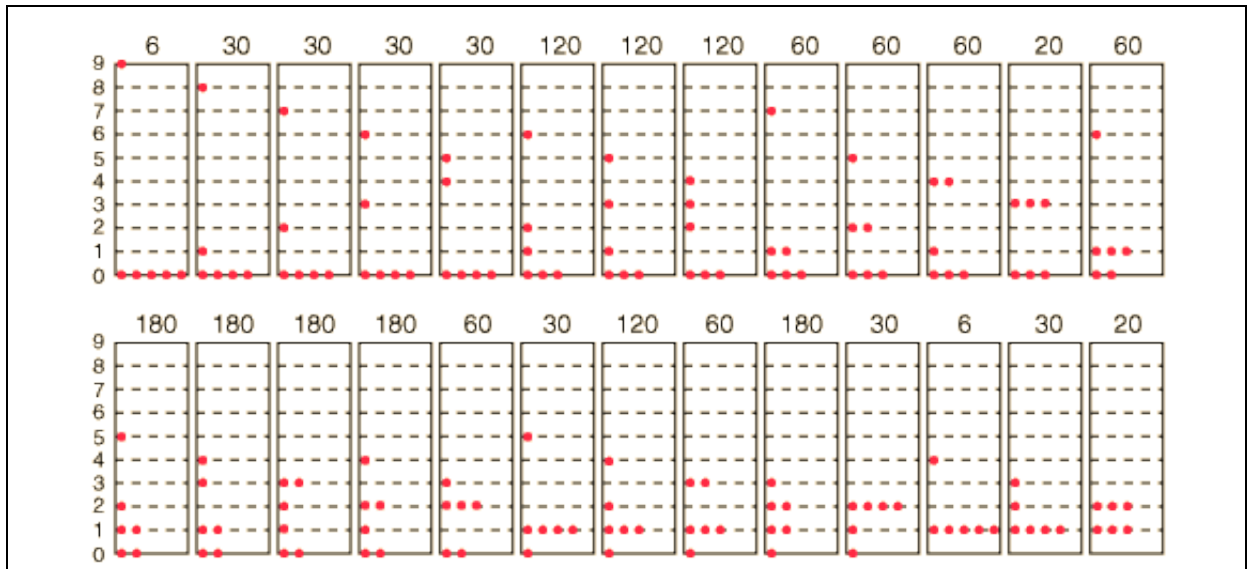


Figura 6: Distribuição de 9 unidades de energia entre 6 partículas, feita por Boltzmann (Fonte: Georgia State University, 2005b)

Imaginemos uma quantidade determinada de moléculas de gás se distribuindo por um espaço fechado. No caso elaborado temos seis moléculas (representadas pelos pontos vermelhos) compartilhando um total de nove pacotes de energia. A energia pode ser distribuída em qualquer maneira entre as seis moléculas e cada quadradinho da figura representa uma das 26 combinações possíveis. A quantidade total de cada combinação está escrita em cima de cada quadradinho. As combinações com a maior chance de acontecer têm até 180 incidências, e correspondem às distribuições mais próximas à de Maxwell, ou seja, o caso de equilíbrio termodinâmico. A situação mais provável então é esta. Mesmo num sistema aleatório a tendência é de aproximar ao equilíbrio.

Fritjof Capra (2003, p.154) explica este fenômeno em termos da mistura de areia preta com areia branca. Começamos com a areia branca em cima e a preta em baixo. Quando sacudimos o recipiente as duas cores de areia começam a se misturar e ao longo do tempo a mistura se torna homogênea. Seria possível, teoricamente, que todos os grãos de areia fossem separar espontaneamente, as brancas em cima e as pretas em baixo, mas isto seria muito raro, praticamente

impossível em nossa experiência do mundo real. A aparente passagem para o caos ou a desordem, então, pode ser representada como a adoção da situação mais provável.

2.4 Abordando uma Incerteza

A conclusão é que o Universo segue um comportamento de chance e aleatoriedade?

Em 1905, três artigos produzidos por Albert Einstein (1879-1955) radicalizaram a física da época. Einstein explicou o resultado errôneo da experiência¹⁸ de Michelson e Morley feita em 1887 (BLATT, 1992, p.5) e descartou permanentemente o assim chamado meio luminoso, responsável pela transmissão de luz. A Teoria da Relatividade é fundamentada na hipótese que considera a velocidade da luz no vácuo como uma constante ($c = 3 \times 10^8$ m/s). Se fosse assim, a velocidade da luz seria independente da velocidade relativa do observador, dando o nome à Teoria. Einstein acrescenta o trabalho de Newton, constando que as leis do Universo são constantes independentemente de qualquer outro fator, mas o Universo observado depende inteiramente do estado do observador. Esta diferença corresponde a uma modificação às equações newtonianas de movimento. O fator *beta*, na equação (3), (EINSTEIN, 1916) ajusta a mecânica newtoniana de acordo com a velocidade relativa do observador; v , e a velocidade da luz; c :

$$\text{Beta}(\beta) = \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{-0,5} \quad (3)$$

No entanto, quando as velocidades são pequenas em comparação com a da luz, as correções relativísticas não são significativas. Por isso, para a maior parte das situações que vivemos, bastam a velha mecânica de Newton para orientar nossa investigação e nossa contínua reconstrução do mundo material.

(MENEZES, 2005, p. 131)

A mecânica Newtoniana ainda vale por condições quando beta é insignificante.

¹⁸ Uma ilustração gráfica da experiência de Michelson e Morley pode ser encontrada no site da *University of Virginia*, na página do curso sobre Galileu e Einstein ministrado em 2004.

Outros artigos de Einstein, do mesmo ano, sobre movimentos aleatórios de partículas e a explicação do efeito fotoelétrico redefiniram a teoria do átomo e da radiação eletromagnética. Juntos, estes artigos deram início à física quântica, a ciência das partículas básicas do Universo, fenômenos naturais que não se comportam conforme o senso comum. Nas palavras de Niels Bohr (1885-1962), “se alguém pensa que entende a física quântica, está enganado”

As duas teorias da luz, a corpuscular e a ondular, se acompanharam ao longo de alguns séculos desde Newton, mas sempre com a sugestão de que uma venceria sobre a outra. Na escala quântica, a luz se comporta ora como onda e ora como partícula dependendo da observação. Se quisermos ver a luz como partícula, assim será, e se quisermos vê-la como onda, também assim veremos. Esta incongruência dá uma ênfase maior ao papel do observador, e surgiu um conflito na metodologia científica clássica de como isolar a experiência do observador se tudo dependia da ligação entre eles.

A dupla identidade da luz leva à dificuldade descrita no Princípio de Incerteza formulado em 1925 por Werner Heisenberg (1901-1976). Contrariando a presunção clássica, não podemos, com uma nitidez ilimitada, saber simultaneamente a posição e a energia de um quantum de luz.

O senso comum, baseado nas observações macroscópicas da Natureza, não explica os fenômenos quânticos. Quando observamos entidades com tamanho da mesma ordem de grandeza que o meio com que as observamos ¹⁹, acontecem efeitos estranhos. Primeiro, perdemos a precisão. O quantum de luz não consegue diferenciar os detalhes do objeto sendo observado. O problema é semelhante à dificuldade em sentir com o dedo cada semente de gergelim de um pão de hambúrguer sem a assistência de um sentido mais nítido como a visão. A superfície é vagamente áspera, mas não sentimos cada semente. Não temos dificuldade alguma em identificar o pão. Os dedos são menores e podemos tocar o pão e sentir sua forma e tamanho com facilidade e confiança. Quando o quantum de luz tenta

¹⁹ O comprimento da onda de luz visível mede entre 400 a 700 nm. Um nanômetro (nm) é equivalente a um bilionésimo de um metro.

enxergar os átomos e seus elementos menores, não consegue ver detalhes porque ele mesmo é de um tamanho comparável a eles.

Segundo, devido ao seu tamanho, este mesmo quantum pode mudar o comportamento do sujeito sendo observado. Assim como descolamos as sementes do pão sem querer, o quantum, quando bate em uma partícula sub-atômica, tem um impacto relativamente significativo. A partícula muda sua direção sob a influência do olhar, ou seja, pelo impacto do quantum de luz.

Usando esta lógica, acontecimentos em escala quantum não podem ser observados com definição. E se os conseguimos, já mudaram. A própria lógica não se comporta da mesma maneira como na escala humana. É possível em alguns casos, como o famoso gato de Erwin Schrodinger (1887-1961)²⁰, estar morto e vivo ao mesmo tempo. Com (in)certeza, o Universo não pode ser visto mais com o olhar do relógio da física clássica.

2.5 A Medição de Incerteza

O sucesso da Teoria da Origem das Espécies²¹ (DARWIN, 1999) deu nova importância às ciências naturais apesar da preocupação do autor sobre a sugestão que o homem evoluiu de outro animal menos nobre, desviando da origem humana descrita na Bíblia Cristã (DARWIN, 2000). A percepção que o homem é um animal e tem, portanto comportamentos e reações em comum com os demais animais deu um foco ao estudo do ser humano em seu habitat, e elevou o status de outras disciplinas: as ciências sociais²². Com avanços em psicologia feitos por Sigmund Freud (1856-1939) uma metodologia nova se desenvolveu para este contexto de

²⁰ Schrodinger inventou uma experiência mental para realçar contradições no comportamento de partículas subatômicas. Um gato está preso dentro de uma caixa e um átomo radioativo está dentro de um sensor. O átomo vai emitir uma partícula devido a sua instabilidade atômica, mas o momento em que este acontece não está definido exatamente, mas através de uma função de probabilidade. No momento de emissão, um martelo vai quebrar um vidrinho dentro do qual está um veneno e isto vai matar o gato. O dilema está no fato de que, sem abrir a caixa, para observar o átomo, não sabemos o estado desta emissão. Somente a observação do átomo é que vai dizer o que aconteceu e até lá não sabemos se o gato morreu ou sobreviveu. É possível o gato estar morto e vivo ao mesmo tempo.

²¹ Segundo Serway, Moses e Moyer, 1997, p 341, a teoria atribuída a Charles Darwin (1809-1882) posteriormente influenciaria Boltzmann.

²² As ciências sociais são, entre outras, a antropologia, filosofia, geografia, história, lingüística, psicologia e sociologia. As ciências exatas são, entre outras, a física, química, astronomia, geologia e biologia.

pesquisa. Observações de comportamento animal/humano só podem ser feitas por participantes da experiência. O observador faz parte do sistema que ele está mensurando. Resultados destas experiências foram compreendidos não como comportamento de indivíduos, mas como o resultado da natureza do sujeito, animal ou ser humano, interagindo com o ambiente, seja este o ambiente físico (a floresta ou o mar), ou a sociedade (família ou comunidade em todos os níveis). Uma teoria assim derivada de observações não pode ser submetida às refutações ou corroborações que avaliariam definitivamente esta teoria, como é o caso da ciência clássica. Tanto o animal sujeito à experiência quanto a própria experiência são frutos da história da sua espécie, e do seu ambiente.

Uma divergência fundamental na metodologia científica foi exposta. A filosofia da ciência, sobretudo o processo pelo qual ela avança o conhecimento humano, foi questionada ²³. Na ciência clássica uma hipótese é verificada através de experiência. Em geral, a experiência clássica mede certas quantidades enquanto outras estão controladas. Predições são feitas e as teorias são provadas ou não pelo resultado da experiência. Uma hipótese passa a ser aceita quando ela é comprovada por experiência. As experiências são compostas de tal forma a ser imutáveis e podem ser recriadas ou repetidas por outro cientista em outro lugar e tempo. As relações entre variáveis são definidas por fórmulas descritas textual ou matematicamente, melhor quando simples e generalizáveis.

Em muitos casos nas ciências sociais esta abordagem não é possível. Uma determinada experiência, do tipo “causa-efeito”, feita com um ser vivo, não terá o mesmo resultado quando repetida com outro sujeito, nem com o mesmo sujeito em outro momento, apesar das condições externas serem iguais. Como, então, podemos concluir o resultado de uma determinada causa? Além disso, os sujeitos em si não são iguais nem constantes como era o caso de um corpo inanimado. O observador, por estar investigando um fenômeno, já interferiu nele. Isto levou ao questionamento da natureza dos fundamentos da ciência clássica, “a objetividade e legitimidade da indução” (ALVES-MAZZOTTI e GEWANDSZNAJDER, 2000, p.112). Em pesquisas nas ciências sociais a coleta de dados em experiências controladas

²³ Para uma crítica do processo de avanço científico ver Popper, 2002.

pode ser feita, mas, devido à complexidade do objeto de estudo, as relações entre variáveis podem aparentar dependências sem ser necessariamente ligadas. Tais aparências podem indicar conclusões errôneas enquanto as conclusões reais serão muito mais difíceis a identificar. O miasma de dependências e variáveis desafia a metodologia clássica.

Sob este ponto de vista, as ciências sociais não eram vistas como ciências verdadeiras. “Assim, para que as ciências sociais pudessem aspirar a credibilidade alcançada pelas ciências naturais, deveriam buscar a objetividade, neutralidade e racionalidade atribuídas ao método dessas ciências” (ALVES-MAZZOTTI e GEWANDSZNAJDER, 2000, p.112), mas isto seria possível apenas através um conceito diferente da metodologia científica.

Esta diferença fundamental entre duas metodologias contribuiu para a separação das ciências exatas das sociais e uma desconfiança mútua entre elas. As ciências sociais não foram aceitas durante um grande período como ciências verdadeiras e foram vistas como inferiores às ciências naturais. Foi a busca para esta equivalência de status que levou as ciências sociais a ampliar a definição de ciência.

Na década de 60, com o conceito de paradigma de Thomas Kuhn (1922-1996), a filosofia da ciência começa a reavaliar esta definição. Kuhn (1996) enfatiza que o processo de descobrimento científico não pode ocorrer sem a informação proveniente do conhecimento científico e nem ser contaminado por influências culturais. As hipóteses não são comprovadas através de um processo neutro, mas por um processo que está emoldurado por uma forma de pensamento que ele designou um paradigma. Um paradigma é “a constelação inteira de crenças, valores, técnicas, e assim em diante, compartilhados pelos membros de uma determinada comunidade” (KUHN, 1996, p.175). Por uma comunidade científica, isto significa que uma hipótese está fundamentada em termos das hipóteses anteriores, a experiência mede as variáveis e a teoria se expressa em termos conhecidos e previamente conceituados. Avanços em ciência se constroem dentro de um paradigma, e por isso estão limitados pela história do mesmo.

Diante da pressão exercida pela obra da Escola de Frankfurt ²⁴ sobre a validade de outros métodos, o conceito de cientificidade muda, e surge um paradigma qualitativo (ALVES-MAZZOTTI e GEWANDSZNAJDER, 2000, p.118). A Escola de Frankfurt desenvolve a assim chamada teoria crítica, uma forma de analisar o comportamento humano em termos de influências da sociedade e comunidade ao seu redor e da sua natureza animal. Isto contrasta ao empirismo lógico de Karl Popper (1902-1994), que discute o conhecimento humano como fruto de demonstração experimental das hipóteses.

A teoria crítica adota uma metodologia mais qualitativa do que a da ciência clássica, e aceita a impossibilidade de uma objetividade total separando o sujeito e o objeto. Visa entender os fenômenos de diversas maneiras (ALVES-MAZZOTTI e GEWANDSZNAJDER, 2000, p.121-124):

- 1) Não sempre prioriza a demonstração em experiências, mas acima de tudo a adoção de uma linguagem sem ambigüidade para descrever a hipótese;
- 2) Não exige somente a precisão matemática, mas aceita que a matemática ofereça uma maior precisão;
- 3) Procura nem sempre uma explicação objetiva, mas valoriza uma interpretação dos fatos.

As principais diferenças entre o empirismo lógico e a teoria crítica estão resumidas no **quadro 3**.

A metodologia das ciências sociais examina o uso dos dados coletados. Com muitos dados, disponibiliza-se uma análise estatística, que pode fornecer informações globais ou gerais sobre o grupo, sem necessariamente serem corretas em todos os casos isolados. Atributos do todo são percebidos nesta análise, que poderiam ser perdidos em um olhar limitado às partes. A definição destas propriedades emergentes do todo não é sempre feita em termos específicos, mas em termos de possibilidades, opções, alternativas. A interpretação de informação desta natureza às vezes é complicada, e não deveria objetivar o fenômeno com modelos simplificados quando não são apropriados.

²⁴ Um grupo de pensadores alemães refugiados do regime nazista. Uma escola anticapitalista que explica a condição humana, sua cultura e sua sociedade baseadas em conceitos marxistas e freudianos.

ITEM COMPARADO	EMPIRISMO LÓGICO	TEORIA CRÍTICA
Objetivos da Ciência	Desenvolvimento do conhecimento/formulação de teorias	Transformação da sociedade e a emancipação do homem
Recorte	Molecular: os fenômenos complexos precisam ser decompostos em aspectos testáveis	Molar: os fenômenos só podem ser compreendidos se vistos como totalidades
Ciência e Sociedade	Produtos e processos da ciência são vistos como um sistema independente das relações sociais	Ciência e sociedade são vistas como um sistema global
Ênfase	No método: critérios metodológicos definem os problemas que podem ser pesquisados	No problema: a metodologia assume aspecto secundário
Objetividade	Buscada através de mecanismos de controle embutidos no <i>design</i> e no método crítico	Atacada como um mito que encobre estratégias de dominação
Relação Sujeito-Objeto	Sujeito e objeto são elementos independentes no processo de pesquisa	Sujeito e objeto são elementos integrados e co-participantes do processo
Neutralidade	Os valores do pesquisador não interferem no processo de pesquisa	O julgamento de valor é considerado parte essencial do processo

Quadro 3: Comparação entre o Empirismo Lógico e a Teoria Crítica
(Reproduzido de ALVES-MAZZOTTI e GEWANDSZNAJDER, 2000, p.118)

2.6 Sistemas e Cibernética

Partindo desta abordagem de conectividade entre experiência e observador, surgiu uma visão sistêmica do Universo, que não aceitou o conceito clássico de isolar um fenômeno ou sistema do seu ambiente. Boulding (1956), formulou a Teoria Geral dos Sistemas, voltada para esta abordagem. O autor descreve o conceito de sistema e as interações entre diferentes classificações de sistema. Trabalhando com a lógica, esta teoria analisa a natureza de um sistema em termos universais e desenvolve abordagens qualitativas e quantitativas sobre sua estrutura e seu comportamento. Para Boulding são nove as classificações, citadas em ordem da crescente complexidade (ver **quadro 4**).

Boulding relaciona o estudo dos sistemas às disciplinas científicas, observando as áreas em comum, e as omissões entre categorias. Ele destaca como cada nível desta hierarquia tem uma ciência, ou uma área de pesquisa, que corresponde à sua escala. As classificações mais baixas, em geral, desenvolveram uma abordagem sobre as partes de sistemas superiores. A biologia, por exemplo, considera as

interações entre células e a formação dos organismos superiores, enquanto o comportamento manifestado pelo organismo é a área de estudo da sociologia ou antropologia. Não há, por exemplo, uma abordagem do comportamento humano em termos de interações celulares, pois a complexidade, ao saltar de uma escala a outra, aumenta geometricamente.

SISTEMAS	CIÊNCIAS
Estrutura estática – equilíbrio termodinâmico Sistema dinâmico simples – transfere energia, matéria ou informação Sistema com mecanismo de controle – sistema cibernético Sistema auto-organizador – sistema aberto Sistema genético - o organismo elementar Sistema animal – mobilidade e interação Sistema humano – consciência, racional Sistema social – cultural Sistema transcendental - desconhecido	Física de Partículas Física Nuclear Física Atômica Química Molecular Bioquímica/Biologia Molecular Biologia de Células Botânica/Zoologia/Fisiologia Comportamento Animal/Psicologia Sociologia/Política/Economia Astronomia Ética

Quadro 4: Classificação de sistemas em ordem crescente de complexidade (segundo BOULDING, 1956) e de ciências em ordem crescente de tamanho do objeto de estudo (segundo ELLIS, 2005)

A Teoria Geral dos Sistemas visa identificar, porém, as coisas em comum ao conceito de sistema, com o objetivo de criar teorias aplicáveis a todas as classificações, e possibilitar, como no exemplo do parágrafo anterior, uma abordagem celular para antropologia. Nas palavras de Herbert Simon (1916-2001), psicólogo, economista e pesquisador em inteligência artificial: “Houve propostas nos últimos anos, proveniente da ‘Teoria Geral de Sistemas’ sobre a possibilidade de identificar propriedades abstratas peculiares aos sistemas físicos, biológicos ou sociais, e generalizá-las a todos os sistemas”. (SIMON, 1981, p.193)

Em meados do século XX a cibernética, o estudo do mecanismo pelo qual uma máquina é controlada, começou a desenvolver uma abordagem geral sistêmica. A cibernética explica a função fundamental das máquinas, para dar respostas à pergunta “como funciona?” e não apenas observando, “o que ela faz?” (ASHBY, 1957, p.1). Devido à abordagem abrangente, a cibernética não distingue entre as máquinas inanimadas, vivas ou até imaginárias (ASHBY, 1957, p.2).

Para a cibernética, o controle é explicado como o processo de transmissão e processamento de informação para efetuar a tomada de decisões sobre futuras ações. No contexto de uma máquina genérica, o comportamento de uma peça é medida e emite informação. Este sinal é transmitido para um outro componente da máquina que distingue o significado do valor, se é alto ou baixo. O resultado desta avaliação gera uma instrução em forma de outro sinal transmitido à primeira peça cujo efeito é modificar o comportamento da mesma. Este princípio de troca de sinais, ora periódica, ora contínua, se chama retro-alimentação, realimentação ou *feedback*.

W. Ross Ashby (1903-1972) explica (1957, p.54) que quando a conexão existe entre duas peças a relação de causa e efeito é facilmente compreendida. A comunicação entre cada peça pode descrever inteiramente o comportamento das duas peças. Por exemplo: um pêndulo simples é composto de um peso sob a ação da gravidade e a fixação ancorada no suporte. A posição e velocidade do peso podem ser calculadas sabendo somente a tensão e inclinação da corda, que é possível medir do outro extremo da conexão, do ponto fixo. Informação completa de uma peça é transmitida à outra. Porém, num grupo maior de peças, cada uma conectada às outras, digamos uma rede ou sistema, tantas possibilidades são produzidas que a informação disponível de uma só peça seria somente parcial. Ashby continua a dizer que as propriedades do grupo, portanto, serão desconhecidas aos indivíduos cujo conhecimento abrangerá apenas uma parte do todo.

Ashby desenvolve uma abordagem estatística para analisar uma matriz grande de informação, sugerindo uma analogia paralela à termodinâmica ²⁵. Uma máquina complexa controlada por informação é análoga a um sistema fechado em busca do seu equilíbrio termodinâmico. Ambos sistemas podem ser mensurados estatisticamente. Ambos sistemas procuram um comportamento estável. O processo de transição de um estado não controlado para um estado estável pode ser compreendido como o processo dinâmico de mudança do caótico para o ordenado.

²⁵ A informação é análoga à entropia em termodinâmica devido a sua natureza estatística. Com várias opções de informação, a possibilidade de uma mensagem ser escolhida pelo sistema depende de probabilidades.

Edward Lorenz (1917-), meteorologista e matemático, ao pesquisar a predição do tempo, criou um modelo matemático simplificado da atmosfera, baseado nas equações de movimento cíclico de convecção em líquidos (LORENZ, 1963). Se a periodicidade das marés demonstra uma regularidade que possa ser calculada com bastante confiança porque não seria possível prever o mesmo do tempo? O artigo conclui que embora o movimento do ar seja imprevisível e não-linear (CAPRA, 2003, p.115) ainda segue um comportamento padronizado que não é aleatório. Há periodicidade, mas o comportamento nunca se repete exatamente (ver **figura 7**). O ciclo torna em volta de um padrão, mas não o alcança, dando a impressão de incerteza, até de um movimento caótico, quando mensurada pelo paradigma clássico. Na realidade o padrão observado poderá ser previsto em termos qualitativos. A publicação deste artigo “marcou o início da teoria do caos” (CAPRA, 2003, p.116).

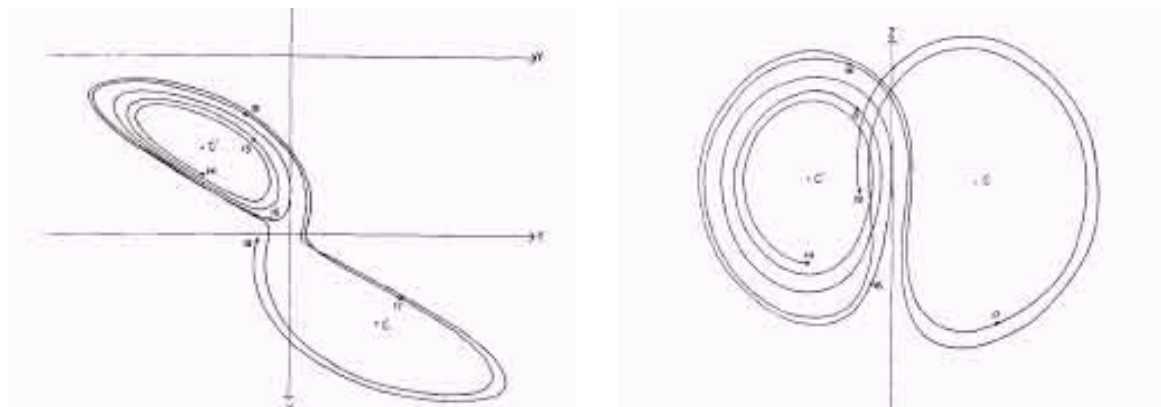


Figura 7: Gráfico de um “atrator estranho”, representado em dois planos diferentes. O comportamento da partícula é imprevisível, mas não aleatório,. Demonstra uma periodicidade em torno de um foco (o atrator), entretanto a posição da partícula nunca volta para um ciclo anterior e nunca chega ao foco (se estranha). (Fonte: LORENZ, 1963, p.137)

O cerne da teoria do caos é a descrição e explicação de fenômenos vistos como caóticos ou imprevisíveis. Estes fenômenos são dinâmicos e se exibem em sistemas compostos de elementos menores, interconectados. São exatamente os sistemas grandes que Ashby pensava em aplicar a cibernética. A Teoria da Complexidade, como passou a ser conhecida, visa descrever e explicar o comportamento destes sistemas, conjuntos de elementos com interações entre si.

2.7 A Teoria da Complexidade ²⁶

A Teoria da Complexidade tem duas abordagens já mencionadas no contexto da metodologia científica (ver **seção 2.5**, p.38): a qualitativa e a quantitativa. Distinguindo mais, Holland (1997) separa, por motivos didáticos, a descrição dos sistemas complexos nos atributos da estrutura interna do sistema e nas manifestações externas observadas. Nossa exposição segue conforme esta categorização.

A análise de fenômenos naturais com uma visão sistêmica realça algumas observações. Cada objeto de estudo é composto de elementos menores, que estão conectados para formar uma entidade maior. Em muitos casos a **conectividade** vai além do mínimo necessário. Um elemento frequentemente se conecta com mais de um outro, assim manifestando **complexidade**, e uma conexão permite a transmissão de informação em ambas direções, para apresentar o fenômeno de **realimentação** ou **feedback**. Cada elemento deste sistema complexo exerce uma capacidade de manipular a informação transmitida pelas conexões, o que resulta em um sistema de **controle descentralizado** que não pode ser atribuído a uma parte só. Uma análise mais nítida dos elementos frequentemente demonstra a mesma conectividade entre uma espécie de elementos menores ainda. Apesar da conectividade rica, a entidade consegue manter uma estrutura definida e não homogênea. Denomina-se esta uma **estrutura hierárquica**.

Um exemplo claro de uma estrutura hierárquica é a linguagem humana (SIMON, 1981, p.199). As letras do alfabeto são os elementos básicos que são estruturadas em palavras e frases segundo regras gramaticais. As frases se juntam em sentenças e parágrafos, que se agregam em capítulos e livros, cada formulação composta das partes menores. A partir de apenas 26 letras, a linguagem demonstra, através da complexidade proveniente da união das partes, uma criatividade ilimitada.

Uma estrutura complexa e hierárquica encontra-se entre muitos fenômenos naturais dos mais simples em diante. Uma pedra é composta de cristais, elaborados de

²⁶ Um glossário dos termos em negrito encontra-se em **apêndice 1**.

moléculas, constituídas de átomos, formados por partículas sub-atômicas. Boulding observou que os níveis hierárquicos menores são, às vezes, incompreensíveis ao olhar superficial. A visão sistêmica ressalta esta **estrutura profunda**, conectando-a à entidade superior.

Segundo Boulding, toda a matéria inanimada, em **equilíbrio termodinâmico**, consta apenas uma fração pequena dos fenômenos naturais (ver **quadro 4**, p.43). É o desequilíbrio termodinâmico que acontece na maioria dos casos, através de um fluxo de energia tornando-o um **sistema dinâmico**. Isto permite alterações de comportamento que diferenciam estes sistemas da matéria inanimada. A passagem de energia alimenta mudanças que são peculiares e contra-intuitivas. O sistema complexo processa parte da energia que transfere e utiliza esta energia para alimentar sua estrutura. Embora, um assim chamado **sistema dissipativo** opere fora de equilíbrio termodinâmico, à beira de caos, mas ainda obedece as leis. A entropia da energia dissipada aumenta à medida que a ordem do sistema seja mantida. Esta ordem, proveniente de **controle descentralizado**, é conhecida como **auto-organização**.

Este fenômeno acontece, inclusive em matéria inanimada. Basta fornecer energia. Os turbilhões de Bénard (ver **figura 8**) se manifestam espontaneamente em uma camada de líquido, aquecido uniformemente por baixo. A ordem exibida consta a forma mais econômica energeticamente para transferir a energia de baixo para cima, e portanto acontece por ser o comportamento mais provável.

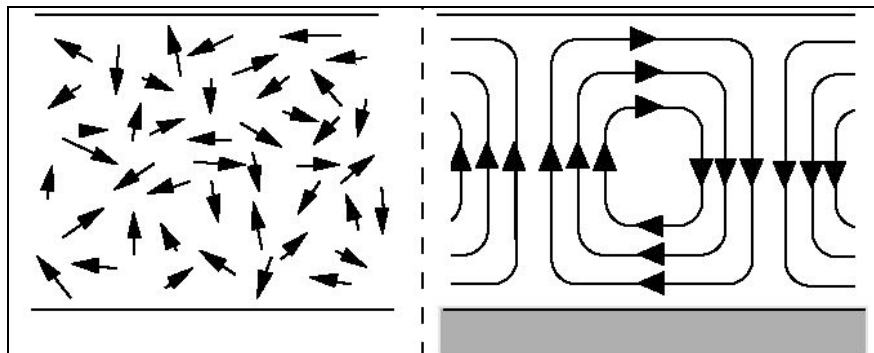


Figura 8: Duas maneiras de movimento de moléculas em líquido: Aleatória (à esquerda) e em Turbilhões de Bénard (à direita) . (Fonte: HEYLIGHEN, 1999)

Um fenômeno mais conhecido de auto-organização é o redemoinho formado pela água ao escoar pelo ralo. Muitas crianças experimentam o fascínio ao tentar desmanchar o funil formado pela água, que subitamente se manifesta novamente apesar das maiores tentativas (ver **figura 9**).



Figura 9: Redemoinho de Água. (Fonte: CAPRA, 2003, p.141)

Quando um estado de comportamento é muito engrenado, ou seja, muito mais provável que qualquer outro, se manifesta esta estabilidade, esta resistência a futuras mudanças. No caso, a água retorna incansavelmente ao **atrator**. Ashby (1957 e 1960), o ciberneticista, descreve detalhadamente o “homeostat”, uma máquina desenhada para encontrar um estado de comportamento estável apesar de flutuações em suas interações com o ambiente. **Homeostasis** descreve a propriedade de um sistema cuja atividade tende a manter sua estabilidade.

Observamos auto-organização em sistemas complexos animados também. Um cardume de peixes, cada um sendo uma entidade em si, é um agrupamento dinâmico manifestado porque cada peixe quer ficar aproximadamente a mesma distância dos seus vizinhos. O afastamento do grupo não favorece a sobrevivência. Às vezes, o cardume parece ter uma vida própria, além dos peixes. Interage com o ambiente e responde às ameaças de predadores.

Na economia, o mercado livre opera numa maneira semelhante, misteriosamente (e discutivelmente) encontrando um preço mais baixo por um determinado produto sob a força da mão invisível. Todos os atuantes no mercado, compradores e vendedores, regula a economia como se fosse através de uma força externa invisível, sem controle centralizado para “fazer quase a mesma distribuição dos bens que teria acontecido se toda a riqueza do mundo estivesse dividida igualmente entre todos os habitantes” (SMITH, 1759, parte IV, capítulo I, parágrafo X).

Nestes últimos exemplos o comportamento do sistema responde às exigências do ambiente. Às vezes, o estado estável é muito delicado e não percebemos uma tendência de ficar assim. Em outros, as flutuações ambientais, o **ruído**, são suficientes para causar um pulo para outro atrator. Desta maneira, o sistema se adapta às condições ambientais. O novo atrator, em muitos casos, é imprevisível, sendo uma escolha feita pelo sistema entre todas as possibilidades. A aparência de comportamento novos e imprevisíveis, frutos do sistema e não das partes, é conhecida como **emergência**.

A **adaptabilidade**, então, é o ato de diferenciar entre todos os atratores possíveis, procurando o mais provável. Em sistemas de alta complexidade uma pequena diferença em condições iniciais pode resultar na ocupação de um estado completamente diferente. Esta sensibilidade a mudanças nas **condições iniciais**, levando à possibilidade de grandes conseqüências resultantes de pequenas ações iniciais, passou a ser conhecida como o **efeito borboleta**, um termo empregado por Lorenz em palestras sobre seu artigo anteriormente mencionado (LORENZ, 1963). Um modelo destes sistemas, por necessidade, incluirá **soluções múltiplas**, cada uma acompanhada por uma probabilidade de sua ocorrência. Representa-se graficamente como uma divergência ou **bifurcação** no comportamento do sistema. No caso das moléculas de água se organizando para formar turbilhões de Bénard, cada molécula pode escolher entre várias trajetórias (ver **figura 10**), ou subindo, ou descendo, e finalmente seguindo o rumo mais provável.

A teoria de Gaia, formulada por James Lovelock (1979), descreve a biosfera da Terra como um sistema complexo. Logicamente incluídos neste sistema estão todos os animais vivos e plantas. Além deste material orgânico, Lovelock também inclui o

inorgânico como os gases da atmosfera, solo e rocha da superfície da Terra. Tudo isso participa num sistema complexo, interconectado, dinamicamente transformando o fluxo contínuo da energia solar nos movimentos e ciclos terrestres. Este **sistema dissipativo** é a base que cria a complexidade necessária para a criação e adaptação dos sistemas orgânicos: a **evolução** de vida, que por sua vez depende da dinâmica da biosfera para persistir.

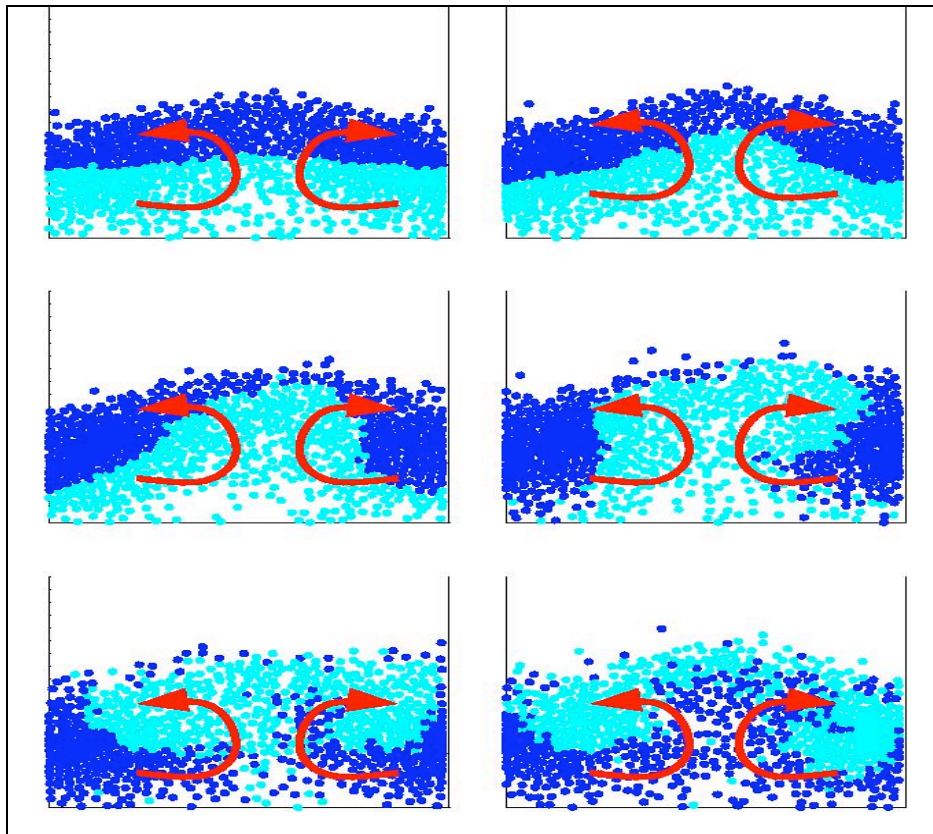


Figura 10: Convecção de um fluido granular. O processo de formação de turbilhões de Bénard, mostrando cada molécula procedendo em um sentido cíclico mais provável. (Fonte: *University of Chicago*, 2006)

Gaia manifesta muitos atributos da Teoria da Complexidade. Ela se organiza espontaneamente, e demonstra estrutura em muitos níveis diferentes. Ela também resiste à mudança das condições do ambiente. A temperatura absoluta do sol cresceu 25% (LOVELOCK, 2006, p. 39) desde o início de vida na Terra, entretanto a temperatura da biosfera se manteve dentro dos limites apropriados para a continuação desta vida. Ou seja, se a luminosidade do sol manteve uma temperatura na Terra de 15 graus centígrados há 4 bilhões de anos, teria aumentado hoje para 65 graus centígrados sem o mecanismo de controle fornecido por Gaia. A atração que o sistema sente para manter uma temperatura amena para

a vida na Terra é apenas um atrator. Com uma maior amplitude de ruído aproxima-se cada vez mais ao momento de bifurcação quando vai pular para uma temperatura diferente, um atrator novo. Lovelock adverte que, com a contribuição antrópica aos desequilíbrios da biosfera, o sistema já está em processo de pular, que vá, significativamente, alterar a temperatura global.

Até este ponto Gaia está se mantendo apesar das influências externas. **Autopoiese** (*Autopoiesis* em inglês) é o fenômeno manifestado por um sistema cuja função mantém e reforça sua integridade como sistema. Entretanto, a participação da vida à base de carbono não é necessariamente uma parte indispensável para a continuação de Gaia como um sistema.

2.8 Aplicações da Teoria da Complexidade

A Teoria da Complexidade surgiu durante o século XX a partir de avanços nas ciências que contradisserem a visão mecanicista das ciências clássicas. Foi necessária uma abordagem que compreendesse os fenômenos naturais levando em consideração sua posição como parte de um Universo mais abrangente, e não bastava o isolamento do entorno prevalente na hipótese clássica.

Para abordar o crescente leque de soluções que resultam dos cálculos cada vez mais envolvidos utilizam-se técnicas quantitativas, na maioria estatísticas, e percepções qualitativas para identificar suas qualidades e atributos, descrevendo estes não apenas em linguagem matemática, mas em termos de padrões.

Em meados do século XX, conhecimentos vindo de novas disciplinas avaliaram essa questão sistêmica. O estudo de sistemas complexos amadureceu na Teoria da Complexidade, que os descreve tanto pelas partes, em termos da definição de tais sistemas, quanto em geral, em termos de seu desempenho e comportamento.

A Teoria da Complexidade atualmente tem aplicações na explicação, previsão e controle de sistemas complexos, que estão, na maioria, longe de equilíbrio termodinâmico, e que têm um comportamento aparentemente caótico, mas demonstra uma ordem, embora esta não seja previsível exatamente.

Há aplicações da Teoria na medicina na previsão e correção de batimentos cardíacos irregulares, na economia, auxiliando a previsão dos mercados financeiros, e na concepção da Natureza, ajudando entender e avaliar o comportamento de ecossistemas diante das influências do ser humano.

No próximo capítulo, demonstraremos como a Teoria da Complexidade se manifesta na área de Arquitetura e Urbanismo, principalmente na modelagem do espaço urbano.

Capítulo 3: COMPLEXIDADE NA ABORDAGEM TEÓRICA DE ARQUITETURA E URBANISMO

O problema da manutenção e ampliação do ambiente construído no início do século XXI enfrenta uma complexidade sobre qual um argumento foi proposto no **capítulo 1**. Apesar de ser um fenômeno aparentemente sólido e estático quando construída, a cidade está em contínuo crescimento e movimento. A população, como um grupo de indivíduos, cada um participando simultaneamente em diversos níveis de culturas e sub-culturas, trabalha constantemente para modificar seu ambiente de acordo com suas necessidades, sejam elas físicas ou sociais (HOFSTEDE, 1994, p.10-11).

Esta dinâmica ocorre em todas as escalas, desde as pequenas e localizadas: o deslocamento das pessoas e as pequenas obras particulares, às vezes nada mais do que uma pequena alteração a uma edificação existente, até as intervenções grandiosas como o planejamento de Brasília ou mais recente impacto e reação físicos e culturais ao atentado em Nova Iorque de setembro de 2001. Projetos e obras públicas estão inseridos nesta dinâmica e interagem com os diversos e inúmeros outros eventos acontecendo ao seu redor. Para alcançar a conclusão satisfatória para qualquer implantação urbana exigem-se numerosas considerações teóricas para auxiliar no processo. Mesmo assim, não é possível identificar apenas uma teoria que seja capaz de abranger todas as situações. Novas teorias são desenvolvidas: cada uma é única em relação a sua autoria e abordagem.

No contexto deste trabalho, uma teoria busca avaliar o conhecimento sobre algum fenômeno através de uma descrição e uma explicação da sua evolução. Na prática projetual do ambiente construído isto também abrange o método da sua produção e visa sistematizar a realização de uma intervenção no ambiente construído. Identificamos, neste processo, vários momentos ou atividades chave:

- i) A decisão de fazer a intervenção;
- ii) O planejamento do alcance da intervenção;
- iii) A avaliação do estado inicial do objeto de estudo através da criação de uma abordagem teórica;
- iv) A definição do estado final ou o objetivo de uma intervenção pela extrapolação da abordagem teórica;
- v) O planejamento do procedimento de realização da intervenção que vai descrever o processo de passagem entre o estado inicial até o estado final;

- vi) Os testes na intervenção proposta ou pela produção de protótipos ou comparação com casos reais observados;
- vii) A execução ou fase de produção.

Para auxiliar na previsão de uma intervenção, faz-se necessária a criação de uma abordagem teórica para servir como analogia de uma situação real. Esta dissertação considera a criação e interpretação da base teórica de um ponto de vista do início do século XXI. O filósofo Manuel De Landa (1996), ao se referir ao modelo econômico capitalista, adverte que a conceituação atual destes modelos ainda emprega elementos concebidos há mais de 150 anos. O conhecimento humano tem avançado muito desde então até o século XXI. De Landa propõe uma avaliação interdisciplinar da teoria com o intuito de investigar se existe algum conhecimento que poderia auxiliar a atualização da teoria, ciente, principalmente, do fato da sociedade e comportamento econômico em geral não serem mais os mesmos para o qual a teoria foi elaborada.

Em outras palavras, ao usarmos os conceitos de Adam Smith ou de Karl Marx (...) estamos tentando ainda compreender o que é um fenômeno radicalmente novo em termos de classificações obsoletas, que pertencem a sistemas falidos. Está na hora de ir além dos admiradores das mãos invisíveis e dos comodificadores ²⁷ e tentar construir uma nova teoria econômica que não apenas dará uma compreensão melhor do futuro, mas quase tão importante, uma do passado, pois será impossível entender para onde vamos se não soubermos como chegamos aqui.

(DE LANDA, 1996)

De Landa defende uma atitude renovadora no uso do conhecimento para auxiliar uma atualização da teoria. Fatos descobertos posteriormente podem ser usados para reavaliar a veracidade dos modelos de análise, no caso, do sistema econômico capitalista. A discussão bibliográfica deste capítulo visa empregar a mesma filosofia numa avaliação de teorias de Arquitetura e Urbanismo, e examinar a incidência da Teoria da Complexidade aparente nestas teorias através de um estudo histórico seletivo: ao nosso olhar isto acompanha a metodologia sugerida por De Landa.

O presente capítulo discutirá uma seleção de textos escritos e algumas obras construídas a partir dos meados do século XX, cujas exposições teóricas continuam

²⁷ Referência à tese de Adam Smith (1976) que constata que o mercado econômico encontrará um preço justo por todos os produtos guiado por uma mão invisível, e à tese de Karl Marx (1887), que define toda mercadoria (*commodity*) em termos do seu valor de troca no mercado capitalista e relega seu valor de uso como de menor importância.

elementos da Teoria da Complexidade. As seleções são, em geral, conhecidas como influentes da sua época, e em alguns casos continuam sendo relevantes hoje. Comentamos sobre o material escolhido usando uma síntese elaborada por Holland (1997) e Heylighen (1999) entre outros, para estruturar os elementos sob o agrupamento da Teoria da Complexidade.

Focalizaremos primeiro nas propriedades estruturais do sistema complexo, a conectividade entre os elementos fundamentais, e sua formação em uma estrutura organizada com uma hierarquia em várias escalas. Tal estrutura demonstra propriedades de auto-semelhança entre os níveis hierárquicos conhecidos como fractais. Muitos destes sistemas complexos são dinâmicos, constantemente processando energia e matéria através das conexões, e são controlados pela realimentação ou transferência bidirecional de energia. Posteriormente ressaltamos as manifestações externas de um sistema complexo, tais como a auto-organização que estabiliza um estado inicial caótico, a emergência de propriedades novas e a adaptação e a evolução de comportamento diante mudanças no ambiente.

3.1 Complexidade

A transição pelas três etapas de desenvolvimento na história do pensamento científico ilustrada pelo **quadro 2** (p.16) foi examinada por Jacobs (2003, p.478) em 1961. A escritora concluiu a “Vida e Morte das Grandes Cidades” com um manifesto promovendo a reflexão sobre a cidade como um processo que não obscurecesse “suas relações complexas e inter-relacionadas com outros fatores e quantidades” (op. cit. p.490) e que combatesse “o mesmo tipo de mentalidade que vê apenas desordem na vida das ruas das cidades e fica ansioso por destruí-la, padronizá-la, transformá-la em subúrbio.” (op. cit. p.497).

Jacobs oferece uma abordagem da cidade como um caso de complexidade organizada, um fenômeno observado pelas ciências biológicas e retomado pela teoria geral de sistemas. Porém, na década de 60, aplicações mais diversas desta abordagem teórica foram apenas iniciando, e passaram algumas décadas para que o crescente conhecimento sobre complexidade atravessasse a fronteira entre disciplinas e achasse maiores reflexões em Arquitetura e Urbanismo. Entretanto, a

visão de Jacobs faz com que este capítulo continue sendo relevante para urbanismo ainda, quase 50 anos depois.

O arquiteto Robert Venturi abordou o conceito de complexidade na arquitetura em 1966. Para Venturi, a arquitetura não pôde continuar sendo baseada em arquétipos tradicionais, nem na busca pela simplicidade e eficiência na definição de ordem no programa. Sua obra “Complexidade e Contradição em Arquitetura” (1983) manifesta-se como uma reação contra a generalização do programa de arquitetura, principalmente contra o movimento moderno mais comercial, que tendia a esquecer os princípios e ideais, o que o arquiteto Rafael Moneo (2004, p.52) descreve como uma “trivialização da modernidade”. Moneo alerta o leitor sobre a inevitabilidade de o arquiteto selecionar as idéias e elementos para serem incluídos no projeto de acordo com seu gosto. O resultado deste recorte oculta outros elementos do programa que poderiam ser importantes, mas, quando liberto, produz uma arquitetura intensivamente pessoal.

A compreensão do projeto arquitetônico para Venturi é como um processo particular e não padronizado. “A arquitetura, quando executada através da experiência dos indivíduos, cria indiretamente uma arquitetura de sensibilidade” (MONEO, 2004, p.61): uma arquitetura pessoal que reflete a influência dos autores.

A obra de Venturi teve um impacto forte na arquitetura através da introdução de forças opostas, quebrando as normas do processo criativo e abrindo-o às diversas influências presentes no mundo. “Complexidade e Contradição” propõe a justaposição de elementos dialéticas e manipula o contexto, criando linguagens complexas com significados profundos. Posteriormente categorizada como arquitetura pós-moderna (JENCKS & KROPF, 2003, p.40), afastou-se da simplicidade geométrica da forma, e trouxe uma celebração de assimetria e dinâmica, com diferenças e tensões internas. Tal abertura do programa para uma maior diversidade de influências tornou possível a criação de novas obras, relevantes às necessidades multifuncionais contemporâneas, entretanto mantendo caráter original como a corajosa assimetria usada na casa da Vanna Venturi, uma obra que foi inserida no entorno padronizado de um subúrbio americano típico (**figura 11**).

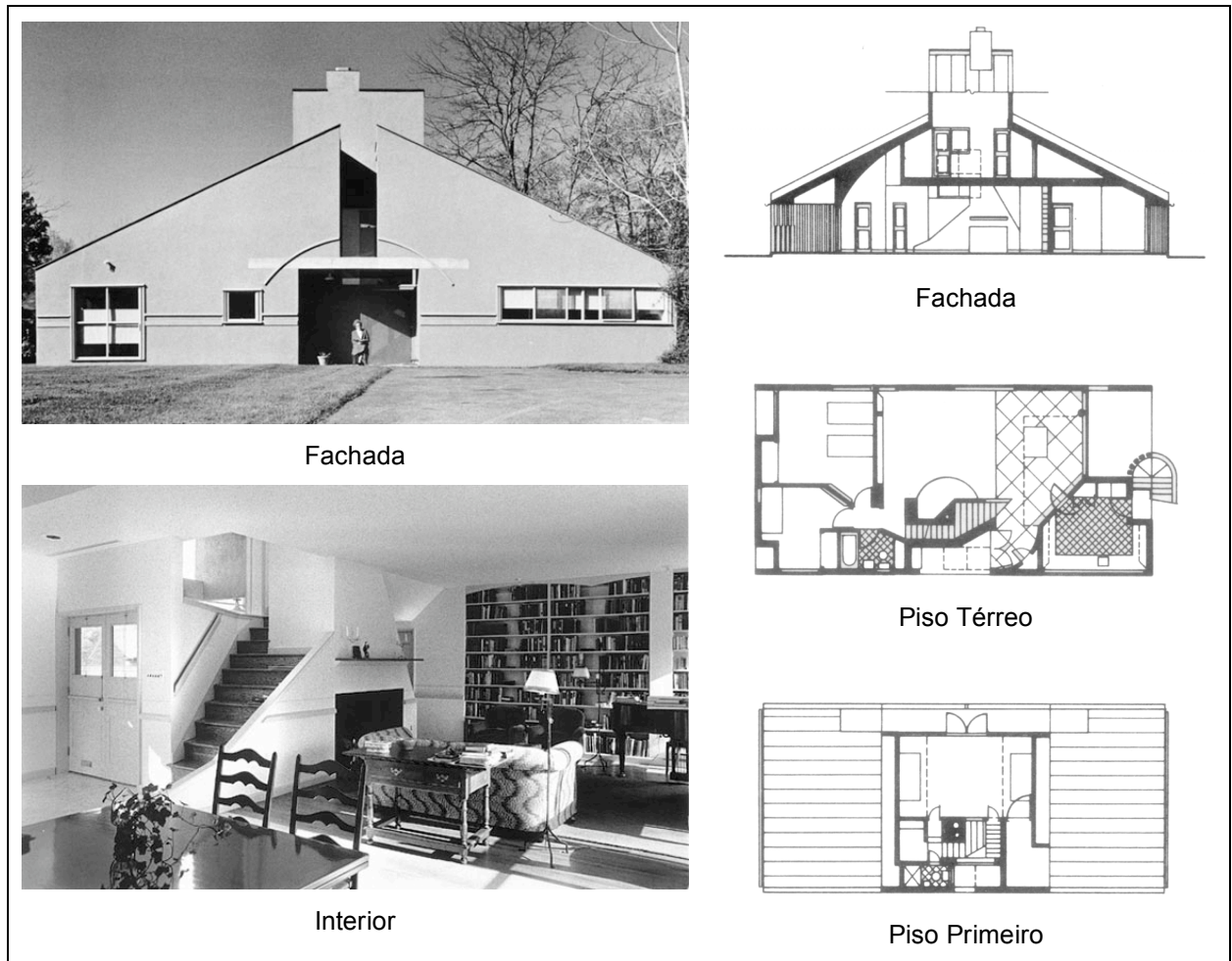


Figura 11: Residência em Chestnut Hill, Pennsylvania, Arquitetos: Venturi and Rauch, 1962. (VENTURI, 1983, p. 119 & 120, CLARK PAUSE, 1987, p.120)

3.2 Conectividade

Foi observado no **capítulo 2** que o sistema complexo se forma não apenas pelo fato de ter muitos elementos participando no sistema, mas, que entre os elementos há também uma necessidade de ter conexões. A arquitetura complexa de Venturi reconhece as diversas origens históricas e culturais dos elementos e considera a natureza destas relações na construção do todo. Isto é justificado, em parte, com referência ao trabalho de Herbert Simon sobre sistemas (VENTURI, 1983, p.88) que aborda sua estrutura hierárquica e o comportamento e medição dos mesmos. Presente em Venturi, observamos a ênfase nos elementos físicos que o arquiteto utiliza na sua composição. O crítico e professor de arquitetura, Kenneth Frampton (1998), porém, discute o casamento de influências diversificadas para combater a

homegenização do ambiente urbano. O problema a ser resolvido é, para Frampton, uma crescente incapacidade em arquitetura de representar o autor e o usuário.

A proposta de Frampton para resistir à universalização da arquitetura é de reunir a escala micro da valorização do habitar humano encontrado em Heidegger (2002) e a escala macro da esfera pública encontrada em Arendt (1991). Frampton define seis principais dialéticas (ver **figura 12**) que devam dirigir-se a uma produção arquitetônica mais sensível às necessidades e preferências do local. Cada dialética ou dualidade que Frampton discute revela tanto os conflitos internos de cada pólo da dialética, quanto as relações entre os conceitos. Frampton explica como cada dialética intercala com as outras, assim estruturando as conexões entre as partes.

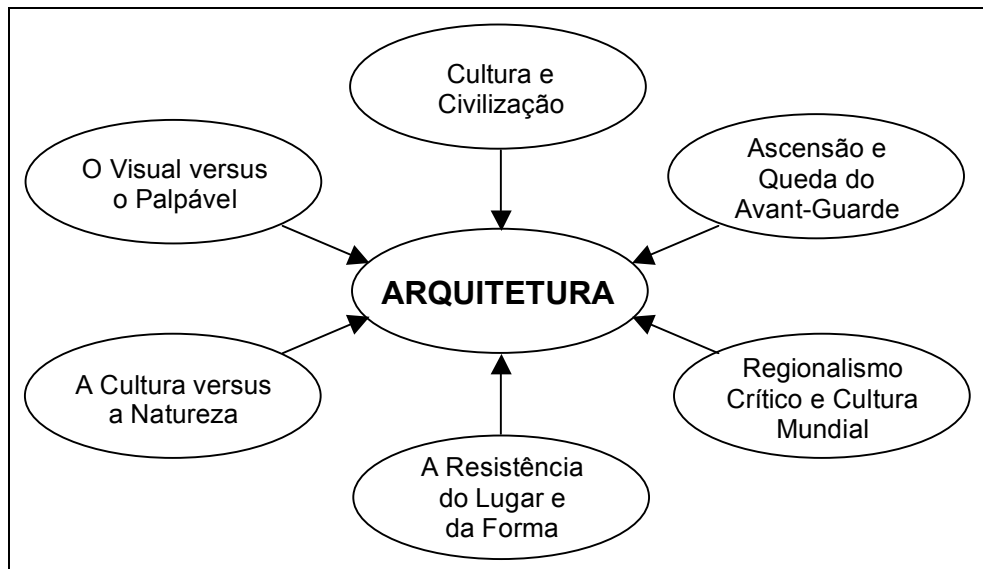


Figura 12: Os Seis Pontos para um Regionalismo Crítico (Trabalho do autor, baseado em FRAMPTON, 1998)

O caminho para resgatar a cultura local, para Frampton, está vinculado aos avanços tecnológicos que contribuem ao desenvolvimento da civilização humana, e por sua vez são expressões desta cultura: uma alimenta a outra. Frampton teme que a civilização globalizada esteja sufocando a cultura local através de um condicionamento da produção de arquitetura imposto pela indústria de construção com sua escolha dos materiais e técnicas prevalentes. Frampton aceita o projeto de modernização como inevitável, mas alerta o leitor sobre o caso dos movimentos vanguardistas, que durante certos períodos apoiavam o projeto e durante outros foram contra. No resgate do *avant-garde*, Frampton dota a possibilidade de resistir

a força dominante da homogeneização e reintroduzir uma diversidade ao repertório arquitetônico, com um olhar ao mesmo tempo para o futuro e para o passado, dividido entre a tecnologia universal, a história e as particularidades locais. A mistura inevitável de culturas que continua acontecendo em uma escala global não apaga as diferenças, mas espontaneamente diversifica e enriquece o conteúdo.

A simplificação do programa necessária para zoneamento não é adequada para um ambiente que considere as diversas camadas culturais. Frampton compreende os limites impostos pela sociedade, tanto pelo zoneamento quanto pela comunidade e pela família não como barreiras à universalização, mas, voltando à etimologia grega das palavras grifadas, a palavra peras tem o significado dos locais permeáveis onde se iniciarão as novas experiências.

Pelo mesmo motivo, o ambiente físico também não pode ser universalizado. Cada lugar tem seus atributos físicos como a topografia, o clima, e a luz, que devem ter seu próprio espaço na criação da forma arquitetônica. O conflito entre a cultura e a natureza não deve ser combatido pela imposição de força, mas pela solução em diálogo. Um plano uniformemente terraplenado e a dependência do ar condicionado com janelas fechadas, que observamos tanto em nossas cidades, são manifestações mais óbvias da força da tecnologia ao tentar conquistar a presença do lugar. Tais soluções destroem todas as características interessantes que motivaram a ocupação original do lugar. Se o ambiente urbano fosse uma obra de arte, Walter Benjamin (1936) diria que isto equivale à eliminação da aura do objeto, “sua presença no tempo e no lugar, sua existência única no local em que se manifesta”, aquela qualidade misteriosa presente no trabalho original que não está mais evidente na representação ou cópia.

Para Frampton, a aura liga-se diretamente à experiência poli-sensorial do lugar. Frampton explica que a visão se tornou o sentido mais dominante a partir da utilização de perspectiva em arquitetura. A perspectiva, “de acordo com sua etimologia, significa visão racional e olhar nítido, e como tal, pressupõe uma supressão consciente do olfato, da audição e do paladar, e um afastamento natural de uma experiência mais direta com o ambiente” (FRAMPTON, 1998, p.29). A experiência de arquitetura se tornará mais profunda e rica através da inclusão dos

outros sentidos, ressaltando a percepção de firmeza, de solidez, o peso e o cheiro e a própria sensação do lugar.

Uma outra abordagem da conectividade do espaço urbano é feita por Salingaros, professor de matemática na Universidade de Texas em San Antonio, e seus colaboradores. As conexões entre os muitos elementos diferentes que compõem este sistema complexo permitem que a cidade desenvolva propriedades diferentes às dos seus elementos, em um processo de emergência que em certos casos manifesta uma auto-organização.

Salingaros (1998), em Teoria da Teia Urbana, seleciona os elementos avulsos e os conecta progressivamente. Inicialmente separados, os elementos podem ser juntados, um a um, por ligações aleatórias, conectando os elementos em conjuntos. Cada conexão aumenta proporcionalmente o número de elementos conectados até um certo ponto crítico quando, subitamente, num fenômeno já identificado pela teoria dos sistemas, a conectividade salta para alcançar todos os elementos e as novas propriedades emergem. A partir deste momento os elementos conectados se comportam como uma entidade ou sistema complexo. Esta abordagem auxilia Salingaros a mensurar a conectividade entre os elementos da cidade. A partir do ponto em que a conectividade aumenta dramaticamente, há uma redundância de conexões que facilita uma ótima comunicação interna do sistema (ver **figura 13**).

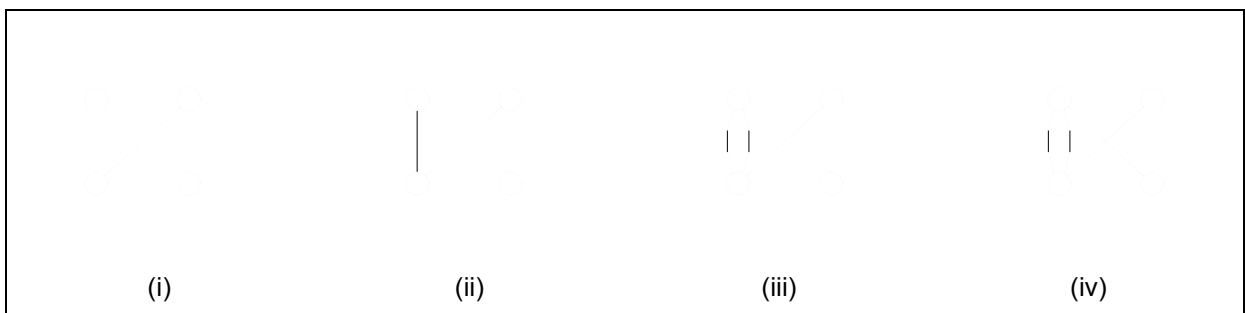


Figura 13: A Teoria da Teia Urbana. Ilustração muito simplificada demonstrando como uma ligação aleatória de pares de elementos resulta em uma malha conectando 80% do total “N” dos elementos com $N/2$ conexões. Na figura, parte (ii), 3 elementos dos 4 estão conectados com 2 conexões. (Reprodução pelo autor de figura 3, SALINGAROS, 1998)

No contexto de uma cidade, isto cria um ambiente eficiente para as operações comerciais e para o bem-estar dos habitantes (SALINGAROS, 1998). A redundância de conexões, conexões extras, proporciona uma resistência a possíveis defeitos na

malha urbana, tais como caminhos inacessíveis ou bloqueados. Com esta redundância em muitos casos há alternativas e sua presença permite a continuação da circulação pelo espaço.

3.3 Hierarquia e Escala

A “arquitetura de resistência” que vimos em Frampton propõe conexões entre elementos que já são sistemas complexos: que são compostos de outros elementos menores com conexões entre si, e assim *ad infinitum*. Tal estrutura mostra uma hierarquia, e isto é um fenômeno que aparece nas abordagens teóricas de Arquitetura e Urbanismo anteriores a Frampton, e continua se destacando em discussões mais recentes, às vezes junto com outros atributos da Teoria da Complexidade. Christopher Alexander “aplicou um rigor científico ao método de projetar” (JENCKS & KROPF, 2003, p.220), reconhecendo a complexidade que foi valorizada por Jacobs, e examinando a estrutura hierárquica dos elementos que poderiam constituir um sistema urbano.

Nos dois artigos que formam “A Cidade Não é Uma Árvore”, (ALEXANDER, 1965a & 1965b), o arquiteto e matemático utiliza representações diagramáticas para esclarecer a estrutura da cidade em forma de “semitreliça” (*semi-lattice*)²⁸. Para Alexander, a estrutura da cidade moderna planejada manifesta uma estrutura eficiente em termos de conexões: a de uma árvore, enquanto nas cidades não-planejadas, a estrutura contém um grau de conectividade maior que o mínimo presente na árvore. Em uma árvore, ao cortar um tronco, um galho inteiro cai. Numa estrutura em semitreliça, há outras conexões presentes para manter a integridade sem sofrer o isolamento que seria o caso de áreas alimentadas por apenas uma conexão. Alexander ilustra o caso de Middlesbrough na Inglaterra e compara a estrutura organizadora da cidade antes da segunda guerra mundial e depois da intervenção pós-guerra (**figura 14**). Num estilo dramático típico do autor:

Deve ser enfatizado, caso uma mente racional afaste-se aterrorizada de algo que não seja tão claramente articulado e categorizado como a forma da árvore, que esta idéia de cruzamento, ambigüidade, e a expressão de multiplicidade que foi introduzida no

²⁸ A palavra *lattice*, em inglês, significa uma estrutura reticulada, semelhante à treliça usada em construção para vencer vãos grandes. Para Alexander, é um conceito abstrato, que manifesta conexões entre pontos ou nós com um certo nível de redundância ou excesso, possibilitando diversas opções de caminho entre os pontos. No modelo árvore existe apenas um caminho entre os mesmos dois pontos.

conceito de semitreliça, não é menos ordenada do que a de uma árvore rígida, mas mais ordenada. Representa-se uma visão da estrutura que é mais forte, resistente, sutil e complexa.

(ALEXANDER, 1965b).

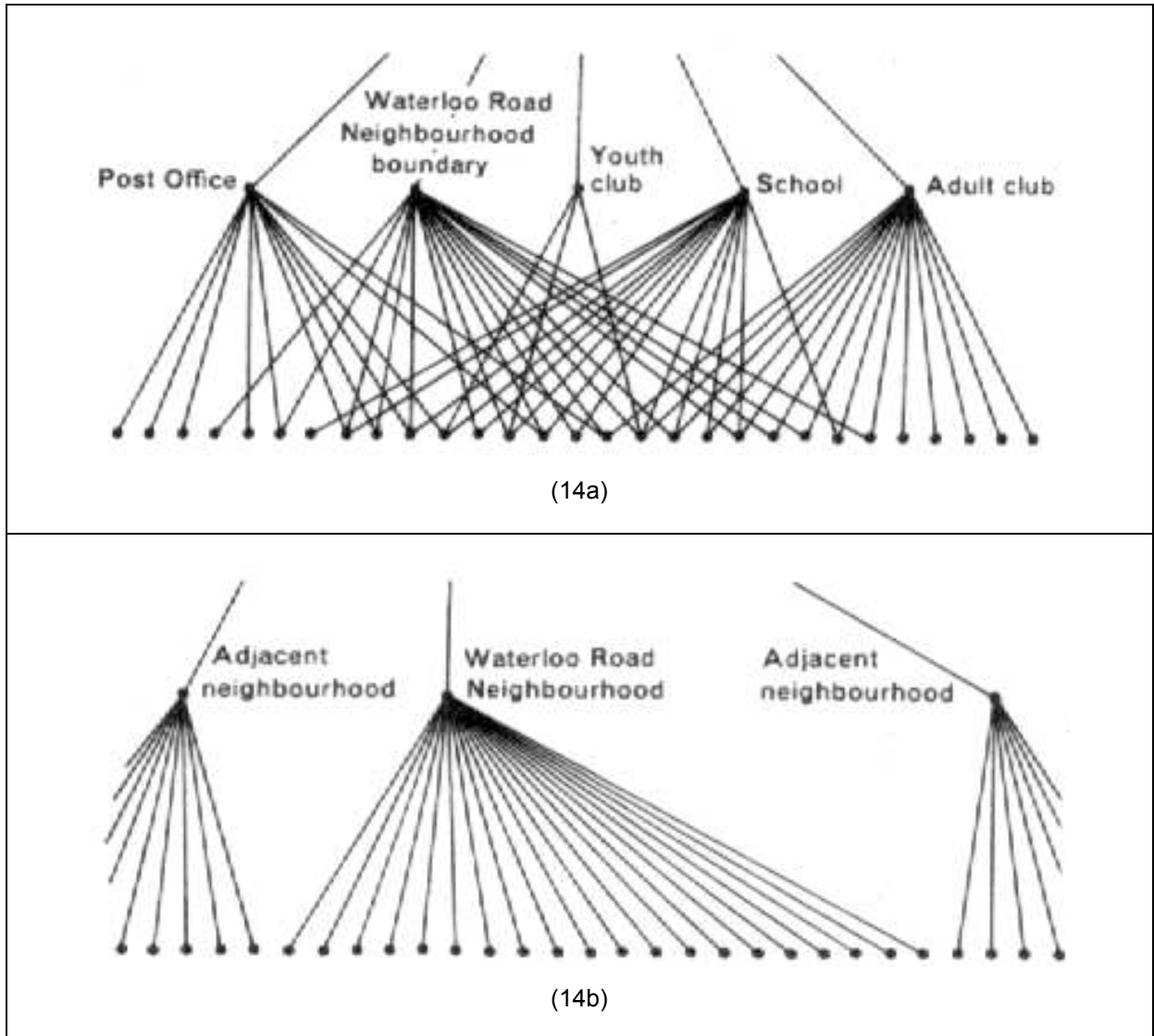


Figura 14: Estrutura semitreliça do Distrito de Waterloo, em Middlesbrough, Inglaterra, antes (14a) e do plano para modernização urbana após a segunda guerra mundial e a estrutura de árvore apresentada depois (14b). (ALEXANDER, 1965b, figuras 12 & 13)

Middlesbrough foi fundada em 1829 e cresceu rapidamente a partir de 1850 após a descoberta de minérios de carvão e ferro na região. A habitação desta época surgiu entre o porto e as siderúrgicas e demonstrava um alto índice de ocupação e muita baixa qualidade de infra-estrutura (WESTMINSTER, 2006). Pós-guerra, a prefeitura convidou uma comissão formada por Max Lock para desenvolver um plano para transferir a zona residencial para uma área afastada das imediações da indústria e a poluição. Alexander critica esta intervenção, que tirou a população de baixa renda da

zona insalubre, *St Hildas*, mas destruiu o bairro de *Waterloo* no processo. Ainda hoje a herança deixa marcas na forma urbana e na cultura local. A indústria se evaporou e a área ocupada virou um grande vazio poluído enquanto a zona residencial antiga foi reabilitada durante a década de 70 e 80, para mais uma vez ser desvalorizada e cair na decadência. Durante a década de 90 a construção do estádio de futebol novo prometia um grande retorno de comércio e residências, que ainda estão em desenvolvimento alguns dez anos depois. A prefeitura, porém, não desistiu, e alimenta uma nova proposta para o início do século XXI: a demolição de *St Hildas*, conhecida coloquialmente como “além da fronteira” (*over the border*) devido à sua separação da malha urbana pela ferrovia, para recomeçar a partir de uma *tabula rasa*.

Uma das manifestações mais óbvias de uma estrutura hierárquica sem redundância, conforme Alexander (1965a, 1965b), seria a separação de modos diferentes de transporte. Podemos imaginar esta separação entre veículos e pedestres através de barreiras: grades, cercas ou áreas pedestrianizadas, e o efeito na função da cidade. Se o vínculo entre os dois sistemas de circulação foi controlado para acontecer apenas no início e no fim da viagem, inviabilizará totalmente o transporte coletivo. Se fosse mantido apenas aos pontos de ônibus, este último poderia continuar circulando, porém, o táxi seria essencialmente excluído, impedindo sua necessidade de fazer paradas em qualquer lugar. O mesmo aconteceria com os atalhos necessários para facilitar as viagens de bicicleta e a liberdade dos pedestres de atravessar as ruas fora dos pontos autorizados. Informalidades, como a carona, também sofreriam restrições sérias. Na prática as medidas de separação total os pedestres do asfalto não funcionam pois ao invés de protegê-los, eles se colocam em posições perigosas para realizar suas interações necessárias.

Uma outra maneira de avaliar o ambiente urbano em termos de hierarquia foi feita no livro publicado em 1970, “*Exterior Design in Architecture*” (ASHIHARA, 1982) que introduz um contraponto interessante na sua consideração do espaço, vazio em si, como um elemento fundamental da cidade. O arquiteto denomina cada espaço com um atributo de acordo com seu uso ou função, que corresponde a um valor de privacidade: na **figura 15** correspondem aos valores 1, 2 e 3.

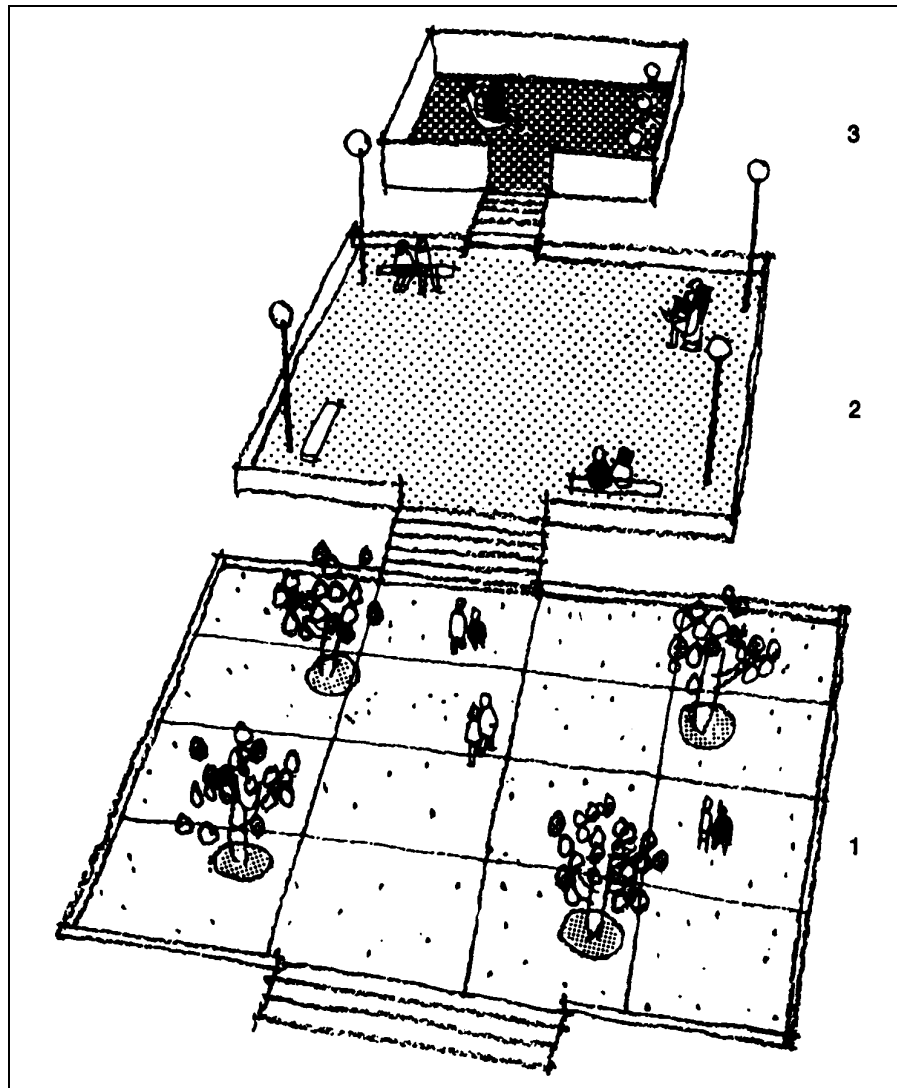


Figura 15: A Hierarquia dos Espaços Externos, oferecendo diferentes níveis de privacidade (ASHIHARA, 1982, p. 83)

Seguindo algum percurso escolhido sobre uma malha urbana existente, a estrutura do conglomerado de espaços toma uma forma hierárquica. Se deslocar de um espaço público no sentido de um local mais privado, o caminho passa por vários espaços de crescente privacidade e termina num espaço sem saída. Para sair do espaço relativamente privado, faz-se necessária uma volta aos espaços mais públicos. Não há como atravessar subitamente do privado de volta para o público nem entre espaços privados de percursos separados. Esta estrutura hierárquica tem o efeito de administrar, de certa maneira, o uso de um determinado espaço, independentemente da função imposta pelo projetista. Em muitos casos a função é realizada espontaneamente de acordo com o grau de privacidade. Esta abordagem pode explicar porque uma rua sem saída dotada de uma hierarquia gradual oferece uma privacidade confortável enquanto um atalho abrupto entre um espaço muito

privado e outro muito público pode ser visto como uma instabilidade de função levando a usos marginais.

Ao nosso ver, há um aparente conflito entre as propostas de Ashihara e de Alexander. A de Ashihara é claramente comparável com uma árvore, enquanto Alexander disse que deve ser uma semitreliça. Esta diferença pode ser resolvida por uma comparação de escala, equivalente às posições relativas na hierarquia, ou seja, um lugar mais privado estará ao outro extremo hierárquico de um lugar público. Alexander, na sua avaliação do espaço urbano, examina apenas o espaço público, uma escala urbanística. Os atalhos e as conexões redundantes não atravessam hierarquias de privacidade. Ashihara se concentra na relação entre o público e o privado, e não considera em tanto detalhe a relação entre pontos do espaço público.

Quando Ashihara aborda esta questão de escala é com um enfoque limitado às composições arquitetônicas: não os espaços e sim os objetos arquitetônicos. O exemplo ilustrado por Ashihara (1982, p.52-55) é de uma fachada, que quando vista de longe se manifesta apenas como uma forma quadrada. Ao aproximar-se à fachada o observador percebe outros detalhes menores, e progressivamente, cada aproximação revela um nível de detalhe maior quanto mais de perto é visto. Estas diferenças de escala podem ser mensuradas. Por exemplo, a relação entre o todo e uma porta ou janela, o próximo detalhe a ser percebido, e entre a janela e uma unidade de construção como a esquadria. As formas observadas são quadrangulares, em geral, semelhantes à forma do todo, e é possível expressar a diferença de escala como um fator, em uma maneira semelhante à expressão de um fractal (MANDELBROT, 2000) que receberá uma discussão particular nas próximas páginas.

A hierarquia, como relação entre escalas diferentes, um sistema de proporções, se encontra na arquitetura desde os tempos antigos, na geometria das Ordens Clássicas, a Proporção Áurea e a Série Fibonacci. Salingeros & West (1999) partem de um estudo das diversas escalas evidentes na obra de arquitetura e identificam os intervalos que, para eles, são necessários entre cada patamar de escala para possibilitar uma interação complexa entre elas. A forma desta hierarquia segue uma expansão geométrica descrito pelo fator “e” = 2,718 (o logaritmo natural). Em

comparação, o fator geométrico da proporção áurea corresponde aproximadamente a um valor de 1,618 enquanto na série Fibonacci a expansão é feita pela soma dos dois valores anteriores. A **figura 16** demonstra a relação entre estas três séries ajustando os valores de tamanho para representar unidades porcentuais da mesma dimensão máxima. Observamos que a proporção áurea é mais reta, correspondendo a uma distribuição mais uniforme de elementos em cada nível da estrutura. Nota-se que as outras proporções ilustradas não sobem acima desta reta. A série Fibonacci concentra seus valores nas escalas menores e a proporção de Salingeros & West encontra-se entre estes dois.

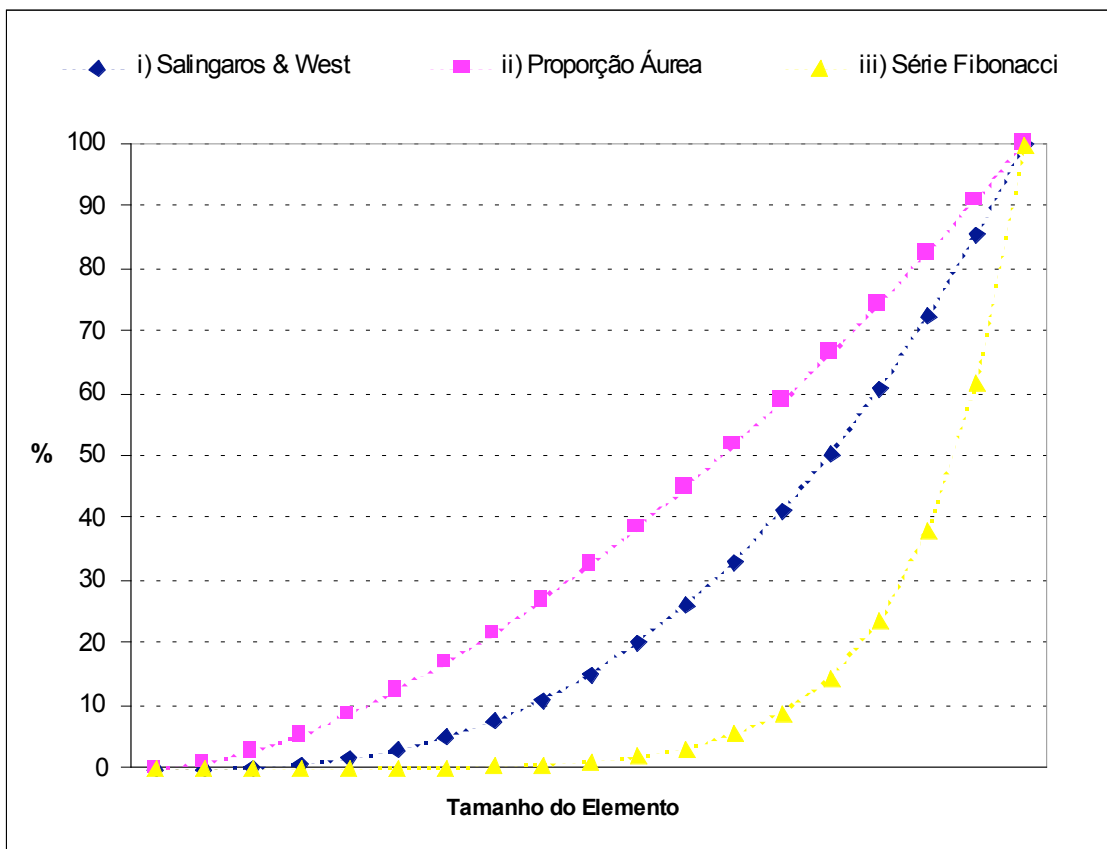


Figura 16: Comparação das séries geométricas: i) Salingeros & West, 1999, ii) Proporção Áurea, iii) Série Fibonacci (preparado pelo autor)

Salingeros & West descrevem como usar a medição de escala para avaliar uma fachada ou um campo visual. A partir da escala menor percebida pelo usuário, que depende da distância mínima que uma pessoa possa alcançar, cada ponto na seqüência deve ter alguma feição funcional ou decorativa dominante ou visível na fachada. Se, por exemplo, o usuário tem acesso muito próximo, a escala menor

seria em torno de 6mm que corresponde a uma decoração detalhada ou então a alguma textura grossa. As próximas escalas seriam múltiplos de 'e' que pertencem às unidades de construção como tijolos e colunas, cada vez aumentando até a dimensão máxima da obra. No caso de uma casa familiar de dois andares com tijolo à vista estas dimensões poderiam ser aproximadas como os seguintes elementos: decoração do reboco ($\approx 6\text{mm}$); detalhes de persianas ($\approx 16\text{mm}$); textura de telhas ($\approx 44\text{mm}$); juntas dos tijolos ($\approx 120\text{mm}$); painéis de esquadrias ($\approx 327\text{mm}$), portas ($\approx 890\text{mm}$), diferenciações entre andares ($\approx 2.419\text{mm}$), altura da casa ($\approx 6.575\text{mm}$), largura da fachada ($\approx 17.870\text{mm}$), tamanho do lote ($\approx 48.573\text{mm}$).

3.4 Elementos Fundamentais e os Fractais

As abordagens anteriores sobre a arquitetura e o urbanismo consideram o problema como sendo composto de partes conectadas, que por sua vez também são grupos constituídos de elementos mais fundamentais. Em "A Linguagem dos Padrões" Alexander *et al* (1977) propõem uma identificação das partes do programa em muitos níveis hierárquicos de escala e função e descrevem como um nível hierárquico desencadeia a estrutura do nível adjacente, ou seja, o processo de agregação das partes para formar um sistema complexo. O método começa com a identificação da escala maior, e conduz ao desenvolvimento do projeto até aos elementos menores, progressivamente dividindo o programa em suas partes ou padrões e expondo cada uma para a atenção do projetista.

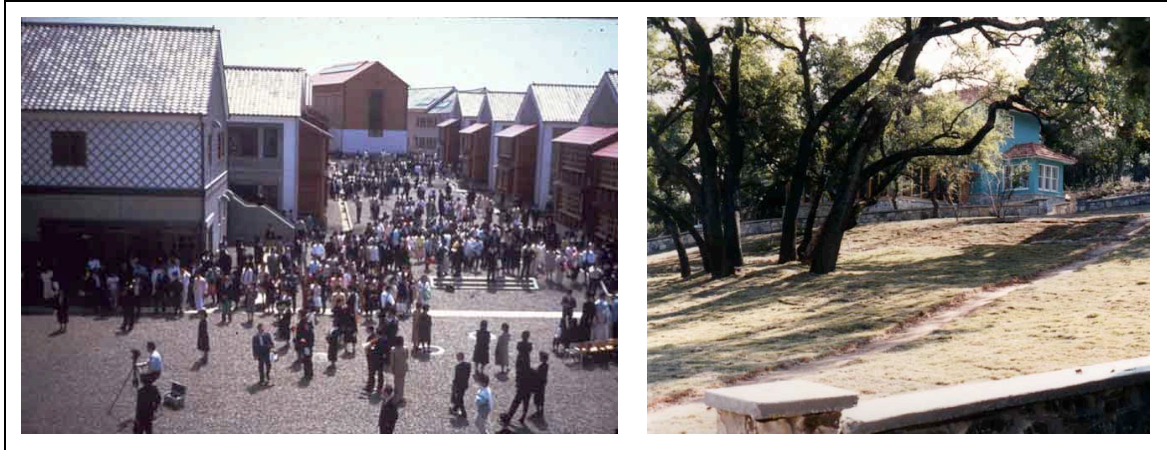
A aplicação da Linguagem dos Padrões é sugerida para a construção de habitação, comunidades e cidades pelos usuários. Parte-se do princípio fundamental que tudo é feito com o usuário em mente, e a composição de elementos e conjuntos que formam a cidade é calibrada para manter a ligação com esta escala. O vocabulário dos padrões identificados entre a escala macro das considerações regionais e a escala micro do detalhamento decorativo se organiza de acordo com a "gramática" da linguagem hierárquica. A região está subdividida em elementos cada vez de menor porte: a cidade, a comunidade e vizinhança, os lugares de circulação e pontos de encontro e contato entre indivíduos até a diferenciação entre o espaço público e o íntimo. É neste último que se encontra a unidade familiar que forma a medida base do padrão residencial.

A construção da casa é organizada com base nos componentes e elementos naturais do lugar, e encaixa os vários espaços internos aproximadamente dentro dos limites permitidos. A circulação é planejada e os cômodos mais importantes posicionados. Neste ponto, a comunicação com o exterior é especificada, orientando a organização dos espaços externos neste entorno. Os espaços internos são selecionados para croquisar a posição das paredes e os outros definidores de espaços funcionalmente distintos.

Com a relação dos espaços assim organizada o padrão de construção é escolhido com a definição da filosofia estrutural, e continua com o detalhamento dos espaços assim fixando a posição dos elementos principais da construção. Somente com a estrutura feita pode-se terminar a detalhar a circulação e os elementos de comunicação entre espaços. Segue-se o acabamento e decoração pessoal.

Seguindo esta metodologia, Alexander *et al* (1977) acreditam criar uma arquitetura espontânea e criativa, que seja relevante às necessidades dos usuários, e rica em detalhamento, providenciando uma boa conectividade que contribui para a integração social em vários níveis (ver **figura 17**). Alexander *et al* realçam o fato desta metodologia ser bastante diferente dos mecanismos usados para projetar as grandes intervenções urbanísticas do pós-guerra que simplificaram a relação complexa entre a natureza e a cultura.

A Linguagem dos Padrões identifica os módulos em várias escalas e demonstra como cada um é composto de módulos menores. Em busca destes mesmos princípios fundamentais do projeto, o arquiteto contemporâneo norte-americano, Peter Eisenman, também investiga a estrutura profunda (*deep structure*) que gera a arquitetura. Eisenman não se afasta de outras disciplinas nesta missão, e consegue trazer, traduzir e adaptar princípios provenientes de outros contextos para auxiliar o programa arquitetônico. Sua abordagem de lingüística produz uma analogia para a criação de formas arquitetônicas.



Consideração da comunidade e a relação da casa familiar com a vizinhança



Interação com o entorno



Detalhamento de acessos e decoração do interior

Figura 17: Um lugar se torna mais agradável com atenção ao usuário durante o projeto. Imagens de projetos de Christopher Alexander ilustrando a atenção em diferentes escalas hierárquicas. Fonte: KATARXIS3, 2002

Peter Eisenman (EISENMAN *et al*, 1975) utiliza uma analogia da gramática gerativa de Noam Chomsky (apud. ARANTES, 2000, p.77; apud. JENCKS, 2002, p.208) em que a linguagem humana é construída através de regras fundamentais que atuam sobre os elementos lingüísticos. A complexidade e a criatividade podem ser descritas em termos destas unidades simples e as relações entre elas.

Os projetos para as casas da década de 70, quatro das quais foram construídas, demonstram esta abordagem de identificar os elementos básicos da casa, e usá-los para criar uma casa. Eisenman trabalha com um paradoxo em que “a geração é mais importante que a construção” (JENCKS, 2002, p.208). O efeito deste método é evidente nas residências que aparentam uma forma e composição tradicional, embora sejam muito diferentes.

Nas ilustrações (ver **figura 18**) das casas Eisenmanianas, *House II* e *House III*, a forma tradicional retangular foi tão reorganizada que não deixa claro se o resultado ainda cumpre sua função como residência e o espectador enfrenta dificuldade na interpretação do objeto como casa ou escultura.

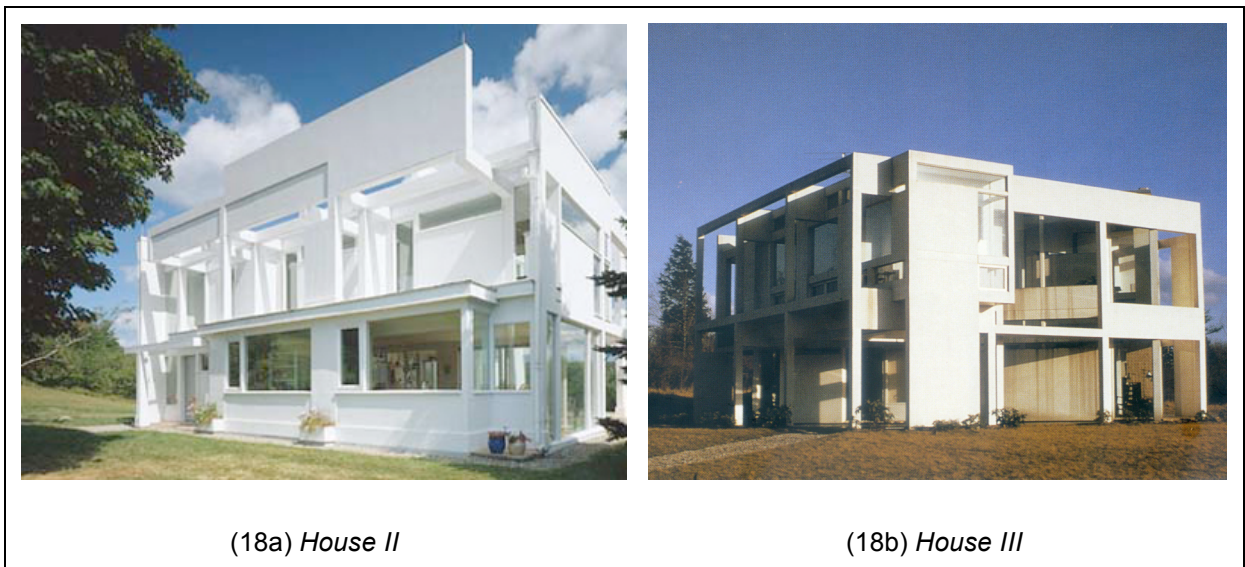


Figura 18: Casas de Eisenman a) *House II*, Hardwick, Vermont, Estados Unidos, Eisenman Architects, 1969-1970, Fonte: FLOORNATURE.COM, 2006; b) *House III*, Lakeville, Connecticut, Estados Unidos, Peter Eisenman, 1971, Fonte: JENCKS, 2002, p.43.

Em *Choral Works*, uma colaboração entre Eisenman e o filósofo francês, Jacques Derrida, criador da técnica de análise literária chamada “desconstrução”, introduz-se

a geometria de fractais. “Escala, auto-semelhança e auto-referência estão todos presentes em *Choral Works*, entretanto, aqui estas operações se manifestaram numa presença mais filosófica e menos geométrica” (OSTWALD, 2001). Observa-se este desenvolvimento da geometria fractal: a geometria do caos, em outras obras de Eisenman, salientando as propriedades de semelhança em termos de forma, orientação e tamanho, ao invés de ser limitado às operações Euclidianas de simetria e repetição (ver **figura 19**). Os elementos básicos são transformados através de varias operações matemáticas, algumas simultâneas, para gerar o resultado final.

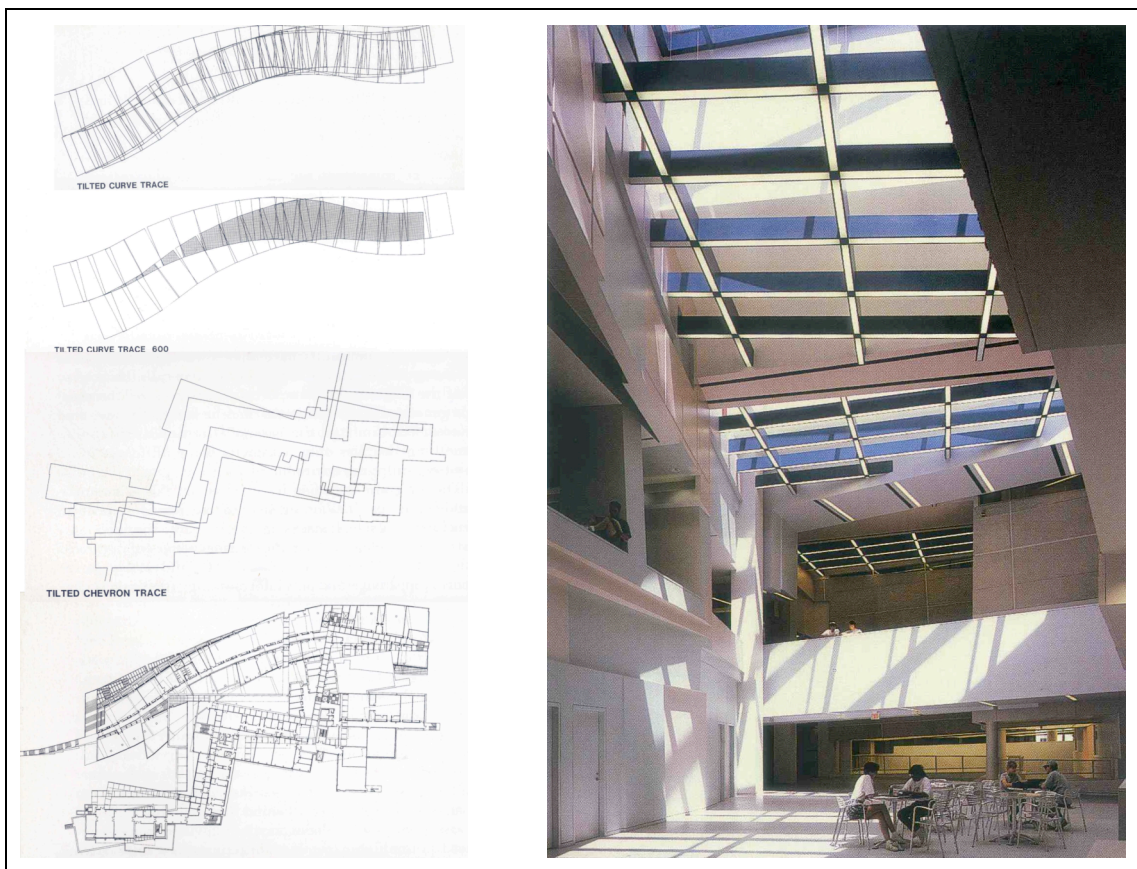


Figura 19: Aronoff Center for Design and Art, University of Cincinnati, Estados Unidos, Eisenman Architects, 1988, Fonte: JENCKS, 2002, p. 212 & 214.

Um fractal é uma forma geométrica que exhibe semelhança infinita recursiva, ou seja, em qualquer escala de representação as mesmas formas estão presentes. Exemplos ocorrem com frequência na Natureza. O primeiro exemplo citado por Mandelbrot (2000, p.25) no livro que introduziu o conceito é o da medição da costa de Grã Bretanha. O autor mensura o comprimento do litoral britânico usando mapas de várias escalas. Tanto mais detalhado o mapa, quanto maior o comprimento da mesma costa. Este é o caso até com as escalas tão detalhadas que mensuram as

formas de cada grão de areia. Os perfis irregulares desenhados em cada mapa demonstram uma natureza semelhante entre si, permitindo que cada uma seja reconhecida como litorânea. Mesmo sendo diferentes, o padrão se repete em todas as escalas.

A forma fractal manifesta-se em diversas situações naturais. Mandelbrot demonstra como o fractal é gerado, como a seqüela da agregação dos elementos básicos, que se juntam segundo regras simples, e proporcionam ao conjunto sua estrutura profunda. As formas criadas são cheias de detalhes em muitas escalas diferentes devido à repetição quase infinita das operações básicas atuando sobre elementos de pequeno tamanho (ver **figura 20**).

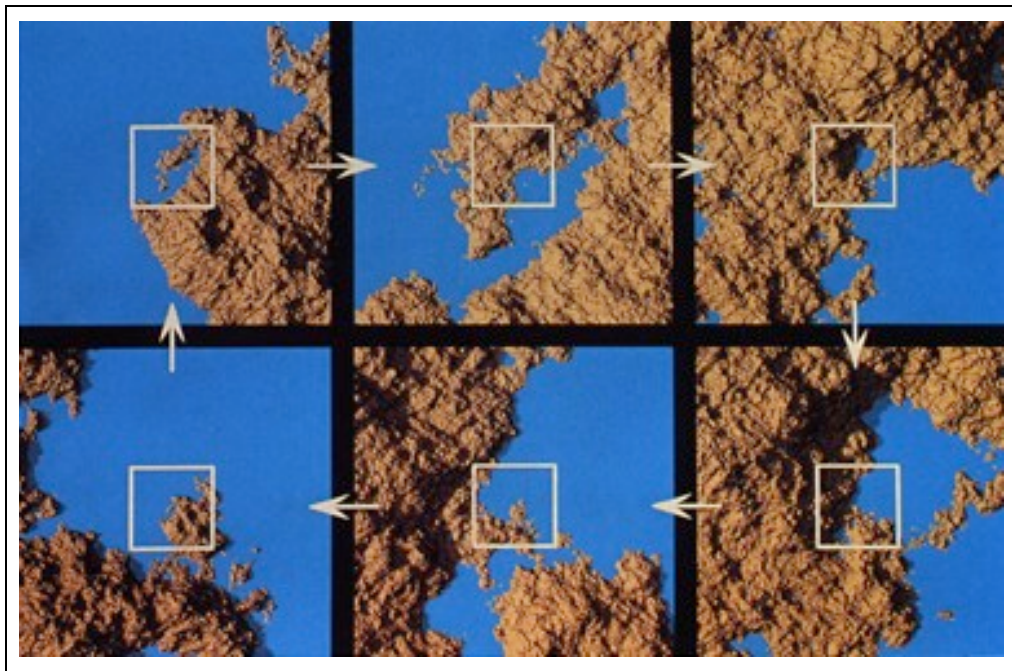


Figura 20: Uma área do litoral britânico. Cada seleção no sentido indicado corresponde a um aumento de escala. A padronização de cor permite que todas as imagens demonstrem auto-similaridade independente de escala. Fonte: BULEN, 2001

Como o fractal é uma descrição que utiliza informação sobre os elementos básicos e define as escalas que descrevem uma estrutura hierarquizada, é análogo ao método de Hillier & Hanson (1997) para descrever a forma da cidade. Em “*The Social Logic of Space*” (primeira publicação em 1984), os autores identificam um módulo básico da cidade como uma unidade construída acompanhada por um espaço em frente que corresponde à entrada à edificação. O computador auxilia na operação aleatória

e repetitiva de agregação destes módulos seguindo apenas uma regra: a de agregar os módulos dando preferência para proximidade de entradas. O modelo criado, após muitas etapas, toma uma forma em que os espaços se organizam em anéis. Esta mesma forma é identificada pelos autores em conjuntos de edificações de cidades medievais. A forma criada, que parece um conjunto de anéis ou colares de jóias, é nomeada *beady ring*, e os autores demonstram sua manifestação pela análise de vários conjuntos urbanos não-planejados (ver **figura 21**).



Figura 21: O conjunto urbano de *Somerstown* representado (a) em sólidos e volumes e (b) pelos elementos fundamentais e as conexões entre si manifestando a forma de *beady ring*. Fonte: HILLIER & HANSON, 1997, p.136 &137, coloração pelos autores.

O fractal é empregado na teoria e na prática de arquitetura, tanto como formas de análise de estilos arquitetônicos (SALA, 2000; LORENZ, 2002; CAPO, 2004 entre outros) quanto o ponto de partida para obras criativas como no caso de Eisenman. Embora o nível de detalhamento presente no conceito do fractal puro seja infinito, a medição de auto-semelhança em exemplos de Arquitetura e Urbanismo é feita dentro de limites truncados.

O estilo fractal em arquitetura, como definido pelo crítico de arquitetura, Charles Jencks (2002), inclui algumas das obras mais espetaculares a serem construídas em anos recentes. A obra do novo museu de Guggenheim em Bilbao, Espanha (ver **figura 22**), tão inovadora como a igreja Ronchamp de Le Corbusier e a Ópera de Sidney, de Jorn Utzon, demonstra semelhança de formas e agregação tipicamente fractal, porém, as escalas que manifestam esta semelhança não são infinitas.



Figura 22: Museu Novo Guggenheim, Bilbao, Espanha, 1992-97, arquiteto Frank Gehry. Fonte: JENCKS, 2002, p.252.

O *Storey Hall* em Melbourne, Austrália leva o tema fractal aparente na fachada para o interior em um exemplo arquitetônico colorido inserido numa quadra existente (ver **figura 23**).

A geometria fractal já promete aplicações nas ciências econômicas como modelo de previsão para o sistema econômico, e na informática como um algoritmo mais eficiente de compressão digital de imagens baseado na identificação de semelhanças e repetições. Utiliza-se uma analogia à expressão matemática do fractal também para explicar a eficiência das estruturas de memória e percepção humanas e através desta abordagem mais uma vez surgem aproximações com a arquitetura. A percepção do espaço influencia o comportamento do usuário em um determinado ambiente. Se o usuário não consegue compreender o espaço haverá alguma dificuldade no uso deste espaço. Para tornar a compreensão mais fácil, a informação observada deverá ser suficiente para alimentar a tomada de decisões,

mas se há um excesso de informação, muita redundância, o processamento é dificultado e o ambiente fica muito cheio e confuso.



Figura 23: Storey Hall, Melbourne, Austrália, 1993-96, arquitetos Ashton Raggatt McDougall. Fonte: JENCKS, 2002, p.240.

Na sua análise da composição dos elementos da cidade Lynch (1960, p.111) reconheceu esta problemática de como a pessoa percebe o ambiente urbano. A monotonia e a dificuldade associadas à falta de contraste entre elementos são sinais de uma composição com pouca informação. O usuário assimila rapidamente a informação oferecida e com um ambiente rico em feições e detalhes ele se sente confortável e consegue adaptar às novas situações e percursos que proporcionam a liberdade necessária para habitar uma cidade grande. Duas cidades comparadas pela pesquisa de Lynch são as cidades Boston, fundada em 1630, e Jersey, fundada em 1820.

Na cidade mais antiga, **figura 24a**, há uma densidade maior dos elementos que os habitantes e usuários utilizam para perceber a cidade: caminhos, limites, distritos, nós e pontos de referência. O resultado de um maior grau de informação é que a cidade é percebida como mais confortável pelo usuário. A sensação em Jersey (**figura 24b**) é de um ambiente mais difícil de navegar (op. cit. p.15).

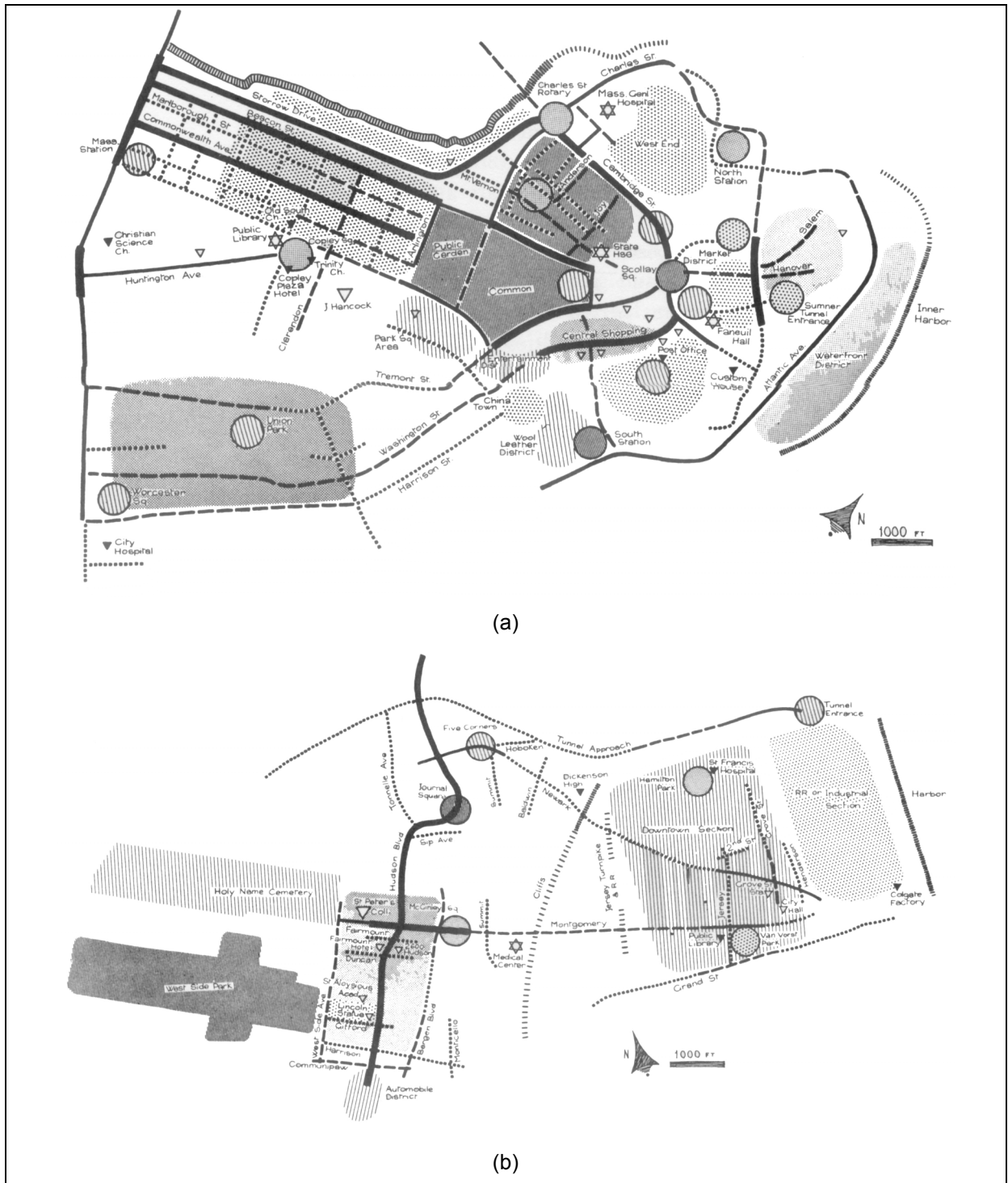


Figura 24: Mapas mentais das cidades (a) Boston e (b) Jersey demonstrando o maior densidade de detalhamento das imagens produzidas pelos habitantes em Boston. (LYNCH, 1960, p.146 & 148)

Se o cérebro emprega o princípio do fractal para economizar o uso da memória e na percepção de um ambiente, surge uma hipótese de que se o ambiente fosse mais fractal em sua aparência, auxiliaria a memória visual. Uma avaliação fractal do campo visual poderá oferecer uma maneira de quantificar a facilidade com que o

usuário o compreendesse. Seguindo esta hipótese, Nikos Salingaros e colaboradores (SALINGAROS, 1997; MITIKEN, SALINGAROS & YU, 2000; KLINGER & SALINGAROS, 2000; SALINGAROS & TEJADA, 2000) desenvolvem abordagens quantitativas para avaliar se a informação apresentada pelo ambiente é suficiente para transmitir a informação desejada sem aproximar a uma situação caótica. Salingaros *et al* comparam esta quantidade de informação à temperatura emitida pelo ambiente. Os limites máximos e mínimos descrevem uma zona de conforto.

3.5 Sistema Dinâmico e Retro-Alimentação

Como observou Boulding (ver **quadro 4**), os sistemas complexos naturais não são, na maioria, estáticos, em equilíbrio termodinâmico. Há um fluxo energético que alimenta o sistema e possibilita sua adaptação e organização espontânea. Até este ponto consideramos apenas a forma física do sistema, as partes e as conexões. No sistema complexo o fluxo de energia é a força que alimenta a dinâmica que por sua vez gera a vida. Edmund Bacon (1995) sistematiza a dinamicidade do projeto de planejamento urbano no seu livro *Design of Cities*. Para Bacon, o projeto urbano não existe como um processo facilmente isolado de outras fases, épocas ou intervenções. O processo envolve a integração com o entorno físico da cidade e depende da história do local como é manifestado pelas intervenções anteriores, sejam formais ou informais, planejadas ou espontâneas. O projeto é apenas um trecho da continuidade espaço-tempo. O processo, para Bacon, parte de uma avaliação do cenário de intervenção que deve levar em consideração o processo que criou o lugar. O projeto faz parte de um sistema aberto cujos limites não podem ser definidos mais do que arbitrariamente devido à natureza evolutiva do programa.

O método de Bacon é baseado num estudo histórico do crescimento das cidades e na sua experiência de projetar a reforma do centro de Filadélfia no Estados Unidos. Valoriza-se o uso de maquetes transparentes em três dimensões empregando setas de cor como maneiras visuais de representar a quarta dimensão: o movimento. Para Bacon, o projeto não é limitado a ser o produto de projetistas profissionais, mas incorpora e aprecia a participação pública. Ilustrando esta evolução, o projeto de Filadélfia passou por várias etapas para ser aprovado pelo Prefeito e o público,

seguindo um processo cíclico de revisão e realimentação (BACON, 1995, p.259). Conforme este raciocínio, o projeto não pode ser considerado um processo linear. A dinâmica possibilita revisões, cada vez aprimorando a solução. Naturalmente, no método Baconiano de sistemas simultâneos de movimento (*Simultaneous Movement Systems*) as formas arquitetônicas não são definidas no início, o que restringiria o leque de soluções, mas são desenvolvidas ao longo do projeto. O processo projetual circula tomando uma forma que Bacon ilustra como um espiral, tri-dimensional, representado em planta baixa na **figura 25**. Cada iteração do ciclo leva em consideração influências gerais e particulares e trabalha com as forças contraditórias das exigências dos indivíduos, a comunidade e dos objetivos institucionais para tornar as idéias em ação e realizar um projeto.

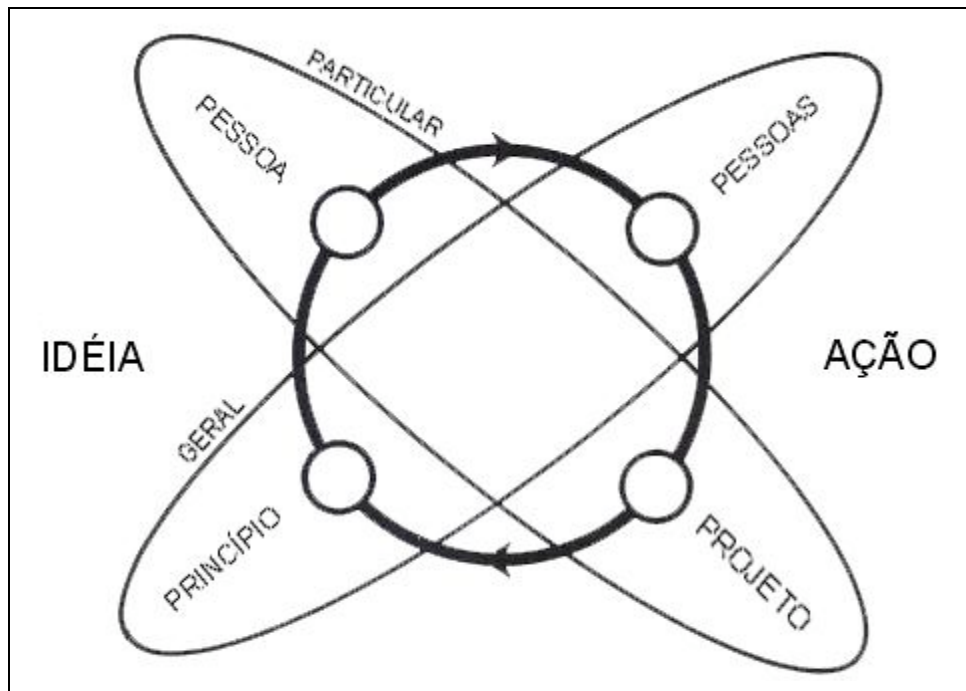


Figura 25: O Projeto como um Sistema Simultâneo de Movimento (BACON, 1995, p.254)

Carl Steinitz (1993) descreve uma estrutura metodológica para o desenvolvimento de projetos urbanos e regionais. Baseada em sua experiência com Sistema de Informações Geográficas (SIG), Steinitz formulou uma série de perguntas que se levantam durante o processo de avaliação e estão em comuns com o processo projetual independentes do contexto.

O método parte de uma descrição do objeto de estudo, seguido por uma investigação do processo dinâmico. Uma avaliação poderá então ser feita para determinar se há alguma necessidade para mudança. Assim, o conhecimento específico sobre o passado e o presente está empregado para identificar várias possibilidades para o futuro e posteriormente analisar o impacto de cada uma delas. Através de parâmetros sócio-culturais, os impactos poderão ser comparados para dar informações sobre o valor respectivo de cada futuro cenário.

Neste ponto, uma decisão preliminar será formulada, entretanto, ela será modificada por uma repetição em reverso do processo. Seguem-se várias iterações assim, no mínimo três vezes, permitindo um aprimoramento das informações que fundamentarão a decisão final. O processo é dinâmico e evolutivo com uma cadeia retro-alimentativa (ver **figura 26**).

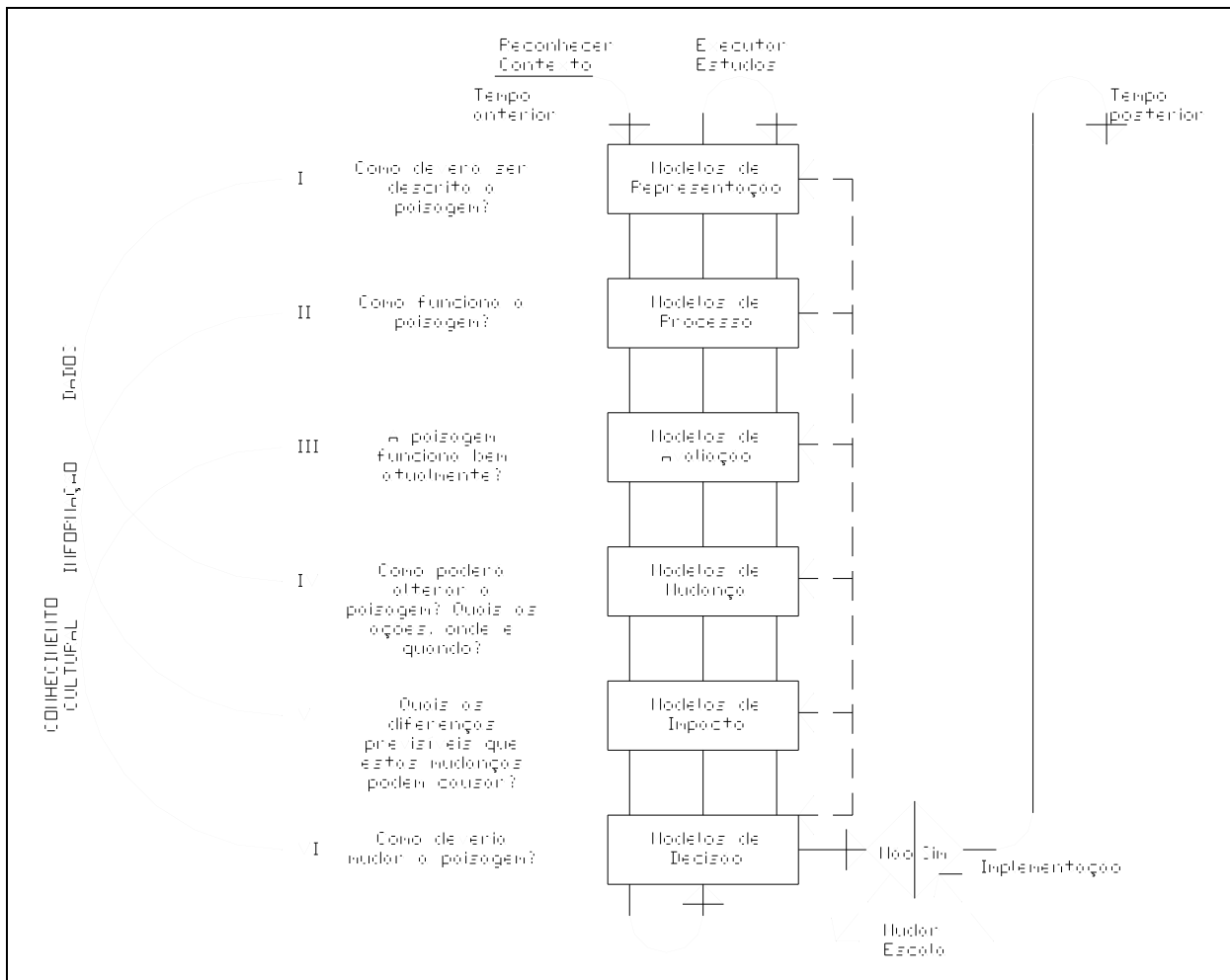


Figura 26: A estrutura do processo para avaliação incorporando realimentação bi-direcional Fonte: STEINITZ, 1997b, p.8, reproduzido e traduzido pelo autor.

Para ampliar o âmbito do estudo para conter mais variáveis, o método aborda enfoques diferentes simultaneamente. O processo acima descrito é feito priorizando as influências categorizadas como geológicas, biológicas, visuais, demográficas, econômicas e políticas (STEINITZ, 1995). Possíveis soluções são identificadas em cada enfoque, baseadas na mesma fonte de informação inicial, ou seja, várias soluções são geradas a partir de um ponto inicial: uma analogia à bifurcação no futuro comportamento de um sistema complexo (ver **figura 27**). Desta gama de possibilidades uma avaliação de um ou mais possíveis “futuros” poderá ser feita.

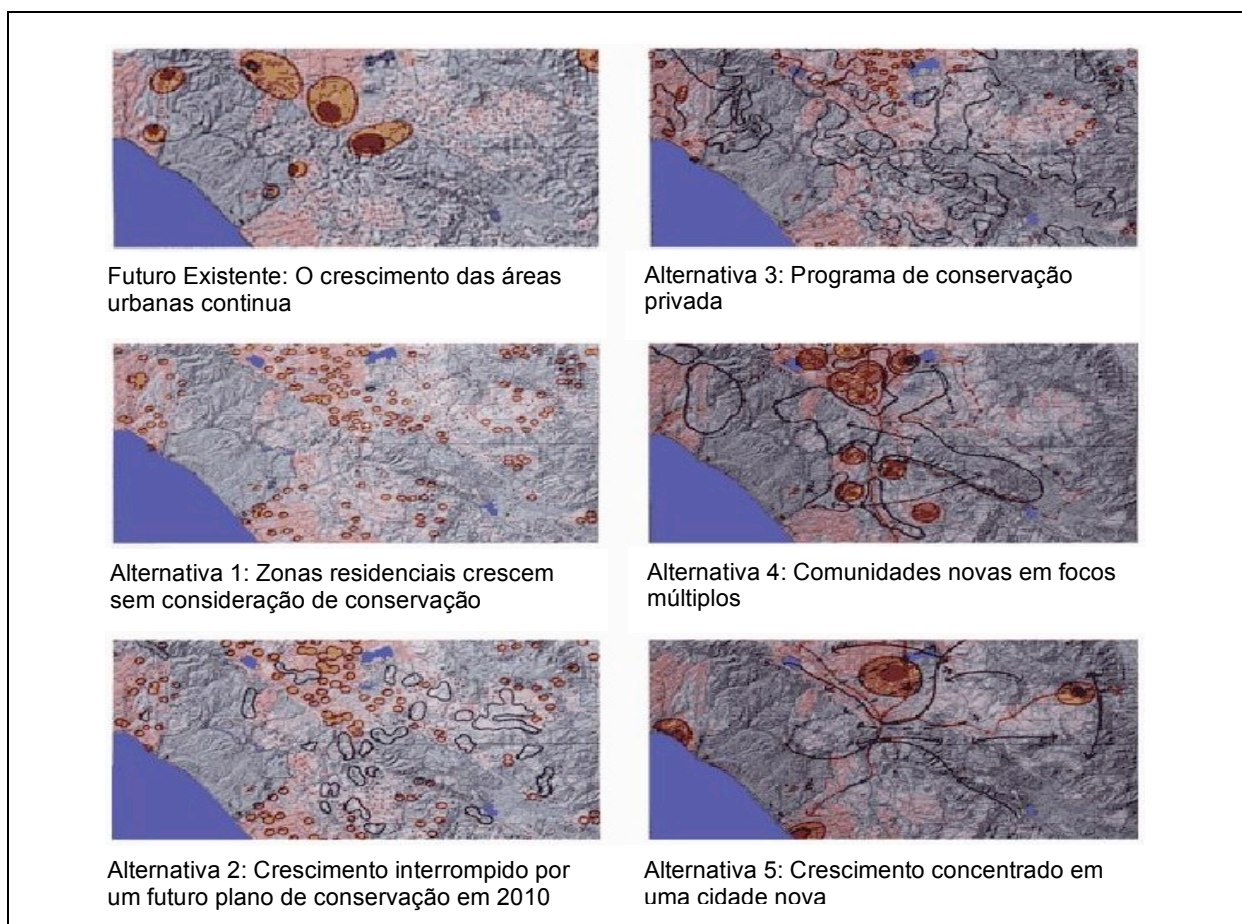


Figura 27: Desenvolvimento de um Futuro Alternativo para a Região de *Camp Pendleton* em Califórnia. A estrutura do processo para avaliação regional com várias abordagens distintas. Isto permite a bifurcação de possibilidades e a geração de soluções múltiplas.

Fonte: STEINITZ, 1997, p.16.

A complexidade implícita neste processo correlaciona as variáveis diversas, em uma estrutura que compreende e inclui espaço para a evolução do projeto em muitas direções sem ter delimitação prévia e produz informações detalhadas suficientes para a tomada de decisões.

3.6 Manifestações Externas da Complexidade - Auto-Organização, Emergência e Evolução

Um sistema pode ser definido como complexo quando exhibe certos atributos na montagem da sua estrutura. A discussão anterior salienta estes atributos dos textos escolhidos. Uma outra maneira de avaliar um sistema complexo é por observação do seu comportamento. Com esta abordagem, o capítulo final do livro de Jacobs descreve o ambiente urbano através da sua capacidade auto-organizadora e deduz a natureza da complexidade interior. Para Jacobs (2003), o método de desenvolvimento urbano exposto pelos modernistas como Moses, e seus grandes planos de modernização só destruíam a complexidade natural da cidade. A visão de Jacobs mostra o caminho para uma possível alternativa a estes planos, identificando e priorizando uma diversidade que gera a complexidade. Assim, reconstruindo um sistema complexo, ele mesmo tomaria conta da sua sobrevivência, um atributo conhecido como autopoiese, o processo de auto-sustentação e regeneração contínua através de destruição e transformação que os organismos vivos e outros sistemas complexos manifestam ²⁹.

Um fator chave para o desenvolvimento de auto-organização, segundo Ashby (1962), parte da necessidade de economia energética que é crucial para todos os sistemas dinâmicos. Abordando o comportamento de sistemas como um processo de ações e tomada de decisões, a proposta de Ashby descreve a auto-organização como a escolha de uma opção entre várias. Esta linha de pensamento, para o arquiteto Patrik Schumacher (2002), pode ser aplicada ao processo de projetar arquitetura: processando exigências funcionais pela seleção entre as possibilidades, conduzindo à produção de um resultado estável.

Schumacher declara o processo de projetar ser uma manifestação de um sistema autopoietico. Arquitetura, segundo Schumacher, opera dentro de “uma sociedade contemporânea que é complexa e dinâmica demais para estabelecer hierarquias de valor/prioridade claras e fixas que poderiam permitir que a divisão de trabalho na sociedade fosse concebida como cadeias de comunicação”. A arquitetura, como

²⁹ Nota-se um paralelo interessante com Berman (1983) que descreve este processo dinâmico de destruição e renovação manifestado pela cidade enfrentando um processo de modernização.

modo de funcionar diante desta complexidade, está condenada a negar a realidade de todas estas interdependências e a se auto-organizar como um sistema independente para poder sobreviver à acusação de irrelevância. Esta manifestação de independência para lutar para a sobrevivência é típica de um sistema autopoietico, e para Schumacher, isto ilumina um caminho para o futuro da arquitetura:

O sistema autopoietico, assim como um sistema complexo evolutivo, sempre aproveita do tempo para agrupar um leque tão grande de fenômenos para formular suas respostas ao ambiente, que se torna fora de cogitação o conceito de correlações simples e diretas entre o impacto ambiental e as respostas do sistema (...)

A arquitetura deverá reagir às mudanças tecnológicas e sociais. Deverá manter sua habilidade de fornecer soluções. Porém, os problemas não são estáticos e bem definidos. De fato, estes problemas são funções da autopoiese em arquitetura. A arquitetura precisa tomar um salto no escuro, na confiança de que bastantes fragmentos de arquitetura se lançarão à trajetória futura desta profissão multifacetada.

(SCHUMACHER, 2002)

Ao nosso ver, o “salto no escuro” mencionado por Schumacher aparenta ser uma compreensão do projeto arquitetônico como um processo artístico sem ser fundamentado por um método sujeito a uma análise científica. Este conceito do processo de projetar como sendo iniciado em uma caixa preta contrasta com a seqüência lógica de nosso trabalho, cujo intuito é demonstrar a transparência da caixa ³⁰.

Entretanto, nossa abordagem empregando a Teoria da Complexidade levanta uma outra maneira de analisar esta constatação. Vimos que o processo dinâmico em um sistema complexo não é previsível, mas o sentido poderá ser estudado estatisticamente, ou seja, mesmo que acontece no escuro, teremos algumas pistas sobre seu comportamento. O sistema complexo também manifesta a propriedade de auto-organização e podemos, portanto, esperar um futuro comportamento estável sem precisar conduzir o processo através de um controle centralizado. O próprio sistema alcançará seu objetivo. A indicação por Schumacher que o sistema é autopoietico demonstra uma confiança que o resultado deste processo será uma situação benéfica para o próprio sistema.

³⁰ Este conceito foi discutido na disciplina Idéia, Método e Linguagem, uma avaliação histórica do processo do projeto arquitetônico, ministrada por Profa Dra Sonia Afonso da Universidade Federal de Santa Catarina para o PósArq (Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo), 2004 (AFONSO, 1990).

Manuel De Landa (2001) na sua apresentação na *Tate Modern Gallery* em Londres, considera que o processo de projetar possa ser automatizado se fosse estruturado e executado a partir dos fundamentos de um sistema complexo adaptável. Aplicativos informáticos empregando autômatos celulares e inteligência artificial podem conduzir o processo permitindo maiores níveis de adaptabilidade às condições do programa. O aplicativo poderá aprender da sua atuação, evoluindo e produzindo soluções surpreendentes e altamente criativas.

O levantamento bibliográfico deste capítulo salientou os atributos estruturais e as manifestações externas de sistemas complexos que estão presentes em uma seleção de escritos sobre o projeto e a prática de Arquitetura e Urbanismo³¹. Sem dúvida a pesquisa feita aqui poderá ser ampliada. O casamento das partes da Teoria da Complexidade com Arquitetura e Urbanismo tem uma longa história e amplo material a ser estudado. Há, entretanto, poucas propostas unificadoras que expressam claramente a aplicação da teoria como um todo.

Jencks (2002, p.1) critica a arquitetura fundamentada na Teoria da Complexidade como uma tendência contemporânea, talvez se interpreta isto como dizer que é um modismo. Pesquisadores da especialização de geografia urbana, Batty & Torrens (2001) e Machado (2003), criam abordagens sistemáticas do ambiente urbano, empregando não apenas certos elementos da Teoria da Complexidade, como os urbanistas anteriormente mencionados. Nesta área de estudo, há um discurso mais abrangente e transdisciplinar³² do conceito do ambiente urbano como sistema complexo.

Nossa interpretação é outra ainda. Talvez seja melhor considerar estas teorias, e as avaliações quantitativas e qualitativas como estímulos a uma abertura da mente para um novo paradigma, o de pensar a complexidade (MORIN e LE MOIGNE, 2004, p.199). “Não se trata, pois, de abandonar os princípios de ordem, de separabilidade e de lógica, mas de integrá-los numa concepção mais rica” (MORIN e LE MOIGNE, 2004, p.212).

³¹ O levantamento feito neste capítulo foi resumido e abreviado no quadro em **apêndice 02**

³² Transdisciplinaridade: “ ‘uma ampliação da compreensão’ (CAMPOMORI, 2004) não negando a existência e valor de especialização, mas sim estimulando um alargamento de repertório” (LAMB & AFONSO, 2004)

Tais instrumentos formariam um *kit* de ferramentas e abordagens diferentes a ser empregado de acordo com o contexto. Não estaremos limitando-nos ao uso de certas teorias de Arquitetura e Urbanismo, mas partindo do princípio de que todas têm seu próprio campo de aplicação que poderão coincidir. O pensamento complexo também traria a compreensão de que a veracidade de qualquer teoria ou abordagem seria apenas transitória, necessitando uma contínua atualização para acompanhar o objeto de estudo.

Capítulo 4: EXEMPLO ILUSTRATIVO

“É preciso repensar o modelo de mobilidade urbana que vem privilegiando o automóvel e reconquistar nossas cidades e torná-las mais humanas e saudáveis para seus próprios cidadãos”

(CÂMARA, 2005).

Neste capítulo ilustra-se uma visão da Teoria da Complexidade aplicada à Arquitetura e Urbanismo, através de uma avaliação das ciclovias no centro de Florianópolis na Ilha de Santa Catarina, no sul do Brasil. Argumentamos no **capítulo 3** que a teoria e a prática de Arquitetura e Urbanismo manifestam vários sinais da Teoria da Complexidade há algum tempo e propusemos que uma maior compreensão desta Teoria poderá provocar uma compreensão original do projeto neste contexto. No contexto escolhido para esta discussão, avaliaremos a situação atual e algumas propostas para futuras intervenções nas ciclovias em Florianópolis, e comentaremos este objeto utilizando uma abordagem da Teoria da Complexidade.

A metodologia desenvolvida para esta avaliação parte de um estudo geral sobre infra-estrutura cicloviária de vários países, levando em consideração os aspectos que influenciarão na tomada de decisões durante a fase de projeto, tais como os elementos físicos, legislativos, e sócio-culturais. As diferentes categorias e os elementos definidos em cada categoria são resumidos em **quadro 5**. A **seção 4.1** discute vários destes elementos e o quadro cicloviário (**quadro 6**, p.93) ilustra cada elemento com exemplos.

CATEGORIA		ELEMENTOS
I	Elementos Físicos	Distância, Bicletários e Paraciclos, Locomoção, Preferência, Integração, Segurança, Sinalização
II	Elementos Políticos e Legislativos	Sobre Instalações, Redução do uso do Carro
III	Elementos Ambientais e Ecológicos	Poluição, Energia e Congestionamento
IV	Princípios de Planejamento Urbano	Segurança, Continuidade, Facilidade, Padronização, Diversidade
V	Elementos Sociais e Econômicos	Ativismo e Promoção, Cultura, Superioridade da Bicicleta, Saúde Pública

Quadro 5: Estrutura do quadro cicloviário

Os exemplos mencionados no quadro não são exclusivos dos locais citados, pois a comunicação internacional proporciona uma rápida distribuição de idéias pelo mundo. No contexto de nossa área de estudo, o quadro serve como um repertório, ou uma caixa de ferramentas que possa ser aplicada à vontade do projetista.

A próxima parte do capítulo sintetiza a situação em Florianópolis (ver **seção 4.2**). Seguindo as mesmas categorias do quadro cicloviário, descrevemos os elementos presentes ou planejados dentro da nossa delimitação geográfica. A infra-estrutura cicloviária de Florianópolis é avaliada com uma abordagem da Teoria da Complexidade, a metodologia específica está na **seção 4.3**, e comentada com este enfoque em **seção 4.4**. **Seção 4.5** avalia a mesma infra-estrutura em termos do conceito de arquitetura melhor-sucedida, introduzido no **capítulo 1**.

As avaliações das ciclovias de Florianópolis à luz da Teoria da Complexidade e o conceito de arquitetura melhor-sucedida são resumidas no **quadro 8** (p.131) localizado no final deste capítulo. Este quadro, que segue a mesma estrutura do quadro cicloviário, identifica os elementos presentes na infra-estrutura cicloviária de Florianópolis e salienta a relação de cada item com a Teoria da Complexidade e também, empregando uma escala de valores, indica o grau de sucesso de cada elemento.

4.1 O Lugar da Bicicleta na Cidade

A cidade grande do início do século XXI enfrenta graves problemas em sua função, manifestações que são impedimentos à circulação viária e o desperdício de recursos humanos e energéticos. O impacto da poluição do ambiente compromete a saúde dos habitantes e a economia urbana (ver **figura 28**). Perde-se muito tempo esperando em filas, gastando preciosos recursos materiais e degradando valores comunitários. A morfologia de muitas cidades hoje está influenciada principalmente pelas exigências da rede viária e as outras necessidades dos habitantes tomam o segundo plano de prioridade.

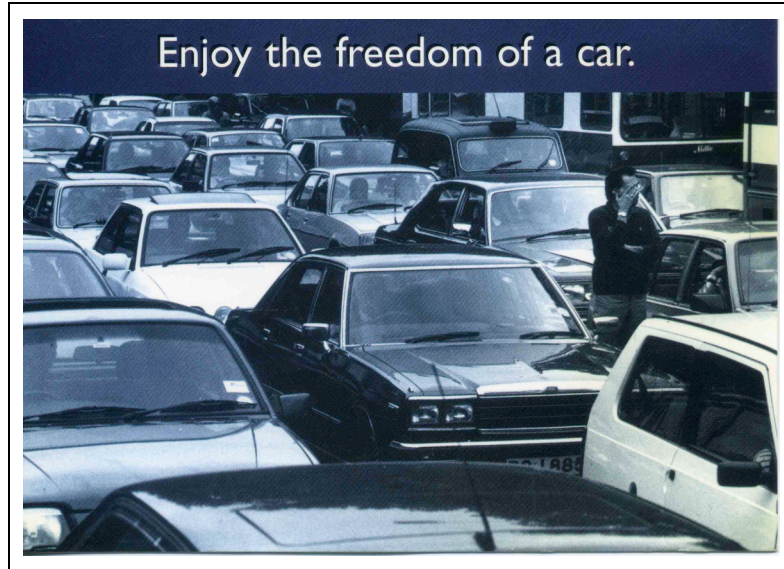


Figura 28: Desfrute da liberdade do carro. (Cartão Postal: acervo do autor)

A proliferação do automóvel como meio de transporte encoraja uma vida sedentária, que leva a graves conseqüências para a saúde da população.

Em comparação ao automóvel, a bicicleta constitui um modo de transporte não-poluente que ocupa pouco espaço tanto em uso quanto estacionada, e proporciona um exercício físico que mantém o ciclista em contato com seu espaço urbano imediato, proporcionando todos os benefícios que isto possa oferecer. A bicicleta é um meio de transporte, de uso diário por uma parcela da população que não tem condições financeiras de usar o ônibus ou ser proprietário de carro privado e que jamais possuirá um automóvel (BROWN, 2003, p.219). Neste contexto a bicicleta demonstra-se como um meio de transporte econômico cuja promoção apresenta um símbolo da inclusão social.

Considera-se a bicicleta, portanto, parte da solução para os problemas funcionais da cidade mencionados anteriormente, além de ser um recurso recreativo.

Embora os 11,5 milhões de cariocas tenham um recurso de 140 km de ciclovia ³³ (GLOBO, 2005), o planejamento urbano no Brasil ainda resiste em aceitar o uso da bicicleta para deslocamento diário por ela estar associada à pobreza, resultando

³³ Londres tem 506km de vias dedicadas aos ciclistas (LCN, 2005) para uma população de 8,5 milhões de habitantes (UNS, 2005).

numa falta das instalações necessárias para facilitar este modo de transporte. Essa carência faz com que o ciclista seja obrigado a usar espaços perigosos, ressaltando mais ainda a falta de respeito que a sociedade do automóvel tem para as demais alternativas. Para os jovens privilegiados da classe média, a viagem para a escola em muitos casos é feita por carro, mesmo quando a viagem é curta, e os jovens começam suas vidas dependentes do carro e perdem a importantíssima experiência de liberdade e exercício e a aventura de descobrimento que a bicicleta é capaz de dar.

A bicicleta possibilita um uso eficaz de espaço, ocupando menos de um sexto do que um carro na rua e um vigésimo quando estacionado (BROWN, 2003, p.213).

Figura 29 representa graficamente como os vários meios de transporte se comparam em termos da eficiência espacial para o transporte de pessoas.

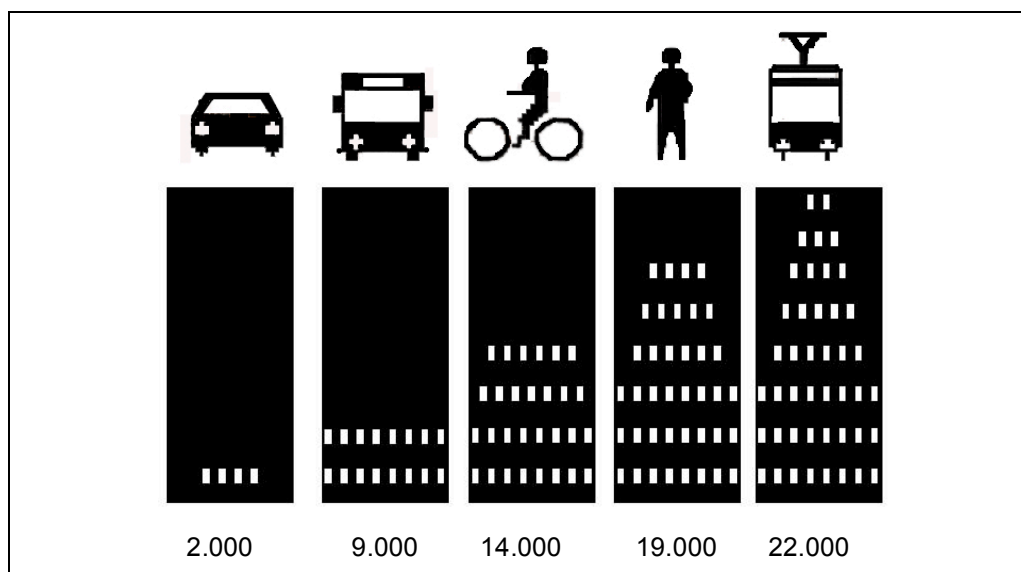


Figura 29: A quantidade de pessoas que circulam por hora num espaço urbano de 3,5m de largura. O automóvel particular é, de longe, menos eficaz que os outros meios de transporte urbanos. O espaço ocupado pelo estacionamento de automóveis aumenta esta diferença. (COMISSÃO EUROPEIA, 2000)

Em termos do uso de energia a bicicleta também é mais eficaz. Não há como disputar a comparação entre uma bicicleta de 20 kg que transporta uma pessoa de 70 kg, e o carro de 1000 kg para transportar a média de 1,59 pessoas (DFT, 2005, p.6). Para viagens curtas, menores de 5 km a bicicleta é mais rápida³⁴, e o carro

³⁴ Dr Paulo Câmara, da Prefeitura de Merton em Londres, Inglaterra, coordena cada ano uma etapa do *Commuter Challenge* (Desafio da viagem ao trabalho), um evento para comemorar a semana de mobilidade

consome mais combustível ainda neste período inicial da viagem até esquentar o motor. Além de inserir um exercício físico na vida de uma população cada vez mais sedentária para melhorar ativamente a saúde pública, incentivos ao uso da bicicleta poderão reduzir os gastos de matéria-prima para a construção ou manutenção de ruas e estacionamentos e a poluição do ar, melhorando passivamente a saúde pública. Oferece, portanto, economias financeiras impressionantes.

Quando existe uma integração entre modos de transporte, como entre a ferrovia e a bicicleta, o alcance do sistema de transporte vai de porta à porta, ou seja, manifesta uma integração total. Ainda incipiente, o programa de permitir o transporte da bicicleta no metrô do Rio de Janeiro aos domingos é um bom exemplo de como adicionar conexões entre modos de transporte (TRANSPORTE ATIVO, 2005). A diversidade de uma cidade com várias opções simultâneas de deslocamento pode aumentar a eficiência do sistema de circulação, além de ser um ambiente mais interessante.

Apesar de trazer as claras vantagens já mencionadas, a implementação de um sistema cicloviário viável enfrenta alguns obstáculos, dos quais o que tem maior impacto direto e imediato sobre os ciclistas é a questão da segurança. O desafio é como compartilhar um espaço viário com outros usuários, principalmente com os veículos motorizados.

Ao mesmo tempo, esta aparente necessidade na separação coincide com um requerimento de conexão, pois, às vezes, a distância de uma viagem obriga o usuário a aproveitar de outros modos de transporte, transferindo-se entre eles. Neste último caso a continuação da viagem enfrenta uma interrupção quando a baldeação junto com a bicicleta não é permitida.

Diante disso, a bicicleta, mais um veículo compartilhando a rua, não é muito comum e as interações que ocorrem nas ruas causam reações violentas, tanto na parte dos ciclistas quanto dos outros usuários ³⁵.

(MERTON, 2005). Voluntários competem sobre vários percursos urbanos na hora do pico se deslocando a pé, correndo, de bicicleta, ônibus, metrô, taxi e carro particular. A bicicleta sempre ganha (DFT, 2004).

³⁵ O movimento mundial de ciclistas *Critical Mass* (Massa Crítica) promove manifestações mensais, pedalando em grandes grupos pelas avenidas principais de grandes cidades durante a tarde da última sexta feira no mês.

Quando o ciclista chega ao destino muitas vezes há uma carência de bicicletários ou outros lugares seguros protegidos de furto e vandalismo e convenientes para se vestir para trabalhar. Estas dificuldades, perigos e inconveniências, fazem com que o ciclismo não se integre ao estilo de vida da população brasileira, e deixa o espaço público para o lobby insustentável das indústrias petrolífera e automobilística. Entretanto, a legislação brasileira já reconhece as possibilidades. A Prefeitura promove o ciclismo em Florianópolis como modo de transporte viável, sustentável em demanda (PMF, 2001) e o Código de Transito Brasileiro (BRASIL, 1997) insere o ciclista no cenário viário.

Há várias medidas que podem ser implementadas em termos de ampliações e modificações de infra-estrutura cicloviária. Providencia-se um espaço para a bicicleta na cidade através de uma rede de ciclovias adequadamente sinalizadas, separadas ou compartilhadas com pedestres e/ou veículos motorizados. Uma das preferências para a ciclovia é que ela percorra o caminho mais direto, sem interrupções. Isto pode ser alcançado por meio de semáforos que dão preferência às bicicletas, e quando for possível sem exigir paradas. A ciclovia, se for mais direta, poderá transitar na contra-mão ou passar por calçadas, sem impedimento excessivo às outras formas de deslocamento. A remoção de algumas das demais barreiras ao uso da bicicleta poderá ser feita através da construção de bicicletários bem-localizados e seguros, que fornecem os serviços de vestuários e lavagem de roupa para os ciclistas (GLOBO, 2005). O bicicletário ocupa pouco espaço e até utiliza os espaços SLOAP³⁶ (ver **capítulo 1**), que não têm outro uso. Este tipo de projeto é previsto na legislação de Florianópolis, com mais umas restrições valiosas: que a construção e operação do bicicletário deverão promover construção, uso de energia e sistemas de conforto ambiental sustentáveis, e que o preço, quando cobrado, “não poderá exceder a metade da tarifa mínima do transporte coletivo municipal” (PMF, 2001, artigos 4 e 5).

As passeatas de Nova York não são bem-recebidas pela polícia, que prendem os ciclistas e confiscam as bicicletas. Durante o ano depois de agosto de 2004, mais de 500 ciclistas foram presos. (WORLD CARFREE NETWORK, 2005)

³⁶ A sigla SLOAP significa os espaços planejados mas não usados pela população, que se tornam sub-utilizados, residuais ou abandonados.

A diversidade iniciada por um sistema de circulação mais inclusivo poderá encorajar a diversificação do uso do solo também. A densidade de ocupação resultante de maior eficácia do uso do espaço público cria naturalmente a necessidade de outros serviços, tais como alimentação, lazer, passeio, descanso, entretenimento e comércio, gerando empregos e dinamizando a economia.

Nas vizinhanças das estações centrais de metrô em Londres, em geral existem pequenos centros comerciais. O terminal de Victoria é um ponto de passagem importante da cidade, um lugar onde uma visita não apenas começa ou termina mas onde pode ser continuada também. Aqui, espalhados por uma área generosa, encontram-se um terminal ferroviário local, um nacional e até recentemente um internacional, uma estação de metrô, um terminal de ônibus urbano, e a rodoviária que oferece viagens para as cidades nacionais e as européias mais próximas. Há uma diversidade de espaços públicos, parques, praças, avenidas, lojas, restaurantes lanchonetes, pontos turísticos e culturais, escritórios, gabinetes governamentais, moradia e alojamento. Tudo pode ser acessado em, no máximo, quinze minutos a pé.

Nos Estados Unidos, implementou-se, em algumas cidades, estímulos financeiros para as pessoas que são usuárias de transporte coletivo. Para reduzir o uso do carro na cidade, há um programa de hipotecas preferenciais para famílias usuárias freqüentes de transporte público, reconhecendo o custo mais baixo, tanto para a família quanto para o ambiente, de deixar o carro em casa (BROWN, 2003, p. 221). O mesmo pode ser adaptado facilmente para incluir ciclistas e pedestres, aumentando o alcance do programa geograficamente e incluindo populações mais diversas.

Bons exemplos de promoção do uso da bicicleta vêm dos setores público e privado. Os motivos são justificados pela superioridade da bicicleta considerando-se outros meios de transporte. Na Inglaterra, a “bike-entrega” (*bicycle courier*) é comum nos centros das grandes cidades, e este serviço está crescendo no Rio de Janeiro devido aos baixos custos, rapidez, e confiabilidade diante do congestionamento imprevisível na cidade (GLOBO, 2005). Primeiros socorros agora são fornecidos por médicos ciclistas em Londres, a “bike-patrolha” policia várias cidades no Brasil,

inclusive Curitiba, Joinville e o norte da Ilha de Santa Catarina, e o Corpo de Bombeiros mantém uma equipe a pedal em Blumenau (CÂMARA, LAMB, XAVIER, 2006). Além de economizar recursos nacionais, o contato com o público que o policial ciclista tem é mais próximo, criando confiança e mantendo boas relações enquanto consegue prender mais ofensores do que seus companheiros motorizados.

O potencial para desenvolvimento da rede cicloviária em Florianópolis é grande. Resultados de pesquisas demonstram que o ciclismo existe como modo de transporte essencial (XAVIER et al, 2004) e se for dado uma posição de acordo com a hierarquia de preferência prevista no Código de Trânsito Brasileiro ³⁷ (BRASIL, 1997), aumentaria a diversidade e eficiência da cidade, estimulando o comércio e possivelmente criando, em Florianópolis, um lugar de viver bem.

³⁷ Nesta hierarquia o pedestre tem prioridade, seguido pelo ciclista. Depois, vêm outras formas de transporte não motorizados, a tração animal, o transporte coletivo, e, por último, o automóvel particular. Veículos de emergência têm prioridade caso necessário.

Quadro 6: QUADRO CICLOVIÁRIO

I: ELEMENTOS FÍSICOS:

I – 1

DISTÂNCIA:

O ciclista necessita de atalhos, rotas diretas e curtas, para chegar ao seu destino. No caso de transporte veicular, devido a sua maior velocidade e alcance, um desvio não faz muita diferença para a duração do percurso.

Copenhagen, Dinamarca:

A rede de ciclovias em Copenhagen consta de 32km de ciclovias verdes que passam por lugares inapropriados para os veículos motorizados como parques e à beira dos lagos. (COPENHAGEN, 2006)



Fonte: Urban Transport Technology, 2006

Inglaterra:

Um pequeno dispositivo, no caso uma rampa de largura 20cm, pode facilitar a subida e descida de escadas, assim oferecendo caminhos mais diretos para o ciclista.



Fonte: SRA, 2004

Londres, Inglaterra:

Ciclistas e pedestres podem ir direto ao destino enquanto os veículos, barrados por postes, e são obrigados a fazer um contorno maior. Na foto, em Londres, o ciclista aproveita um atalho entre casas.

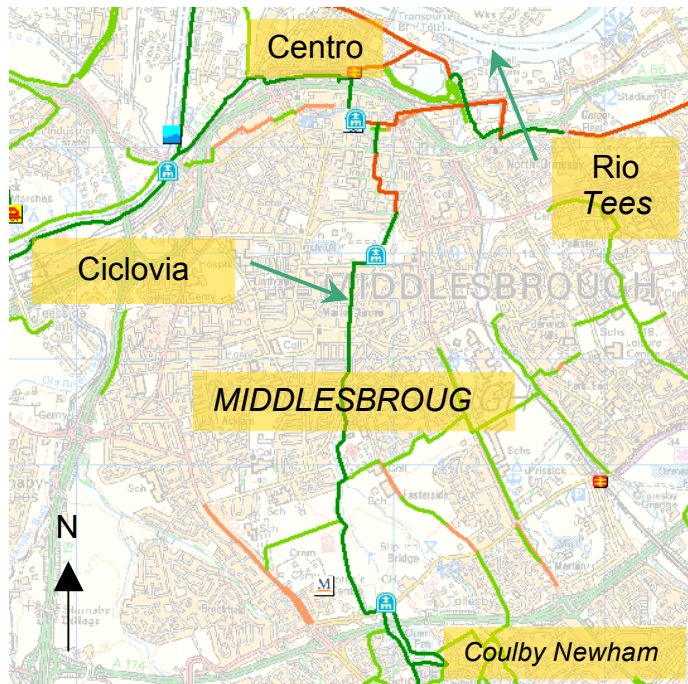


Fonte: LCC, 2005

Quadro 6: QUADRO CICLOVIÁRIO

Middlesbrough, Inglaterra:

A extensão da cidade britânica segue do centro perto do rio Tees, até os bairros de *Coulby Newham* e *Hemlington*, 6km e 8km ao sul. Uma ciclovia conecta estes pontos, seguindo ruas residenciais e os parques ao longo das linhas de drenagem. A rota evita os morros e é mais direto que o percurso para veículos. A rede cicloviária em *Middlesbrough* utiliza uma combinação de ciclovias, ciclofaixas e ruas secundárias anotadas em cores diferentes.



Fonte: Sustrans, 2003 (anotações pelo autor)
(Escala: A largura do mapa é 6,4 km ou 4 milhas)

Londres, Inglaterra:

Uma ciclovia ocupa um espaço menor que uma faixa viária. Assim, ela pode ser projetada na contra mão e o ciclista aproveitar de um atalho contra o fluxo normal de trânsito.



Fonte: LCC, 2004 a



Fonte: LCC, 2003

1 - 2

BICICLETÁRIOS & PARACICLOS:

Em algum momento, o ciclista continua a viagem a pé ou em outro meio de transporte. Para ser útil e integrado com as demais atividades na cidade, é necessário ter lugar seguro e conveniente para deixar a bicicleta.

Florianópolis, SC:

O bicicletário em construção ao lado do terminal da Lagoa da Conceição é conveniente e seguro para os ciclistas continuando a viagem de ônibus. (VIACICLO, 2005)



Quadro 6: QUADRO CICLOVIÁRIO

Fonte: Cortesia Giselle Xavier (Pedalafloripa), 2005

Londres, Inglaterra:

O pequeno dispositivo adicionado ao poste torna a mobília de rua em um paraciclo. Neste caso a instalação aproveita de um registro de pagamento de estacionamento veicular. Veja na foto o baixo custo e uso de espaço.

As instalações de paraciclo podem ser menores ainda. Uma argola metálica conectada ao muro poderá tornar um lugar favorito de deixar a bicicleta em um paraciclo seguro.



Fonte: LCC, 2004 b



Fonte: LCC, 2004 b

Copenhague, Dinamarca:

Bicicletários ocupam pouco espaço comparado com estacionamento para carros. Bicicletários multi-piso podem abrigar milhares de bicicletas.



Fonte: Cortesia João Guilherme Lacerda (Transporte Ativo)

Rio de Janeiro, RJ:

A chuva e o calor são dois fatores difíceis para o ciclista. Um bicicletário que oferece chuveiros e lavagem de roupa ajuda a combater o desconforto. (GLOBO, 2005)

Londres, Inglaterra:

A reserva central que separa as faixas de trânsito das avenidas largas é ideal para funções que ocupam pouco espaço. O paraciclo situado aqui é conveniente e seguro e proporciona um ponto perto da área comercial para até 20 bicicletas. O local está alcançado pela faixa de pedestre. Veja a foto na próxima página também.



Fonte: LCC, 2004 b

Quadro 6: QUADRO CICLOVIÁRIO

Londres, Inglaterra:

Para moradores de prédios a subida da bicicleta pelo elevador pode ser evitada com a instalação de um bicicletário no térreo. Um modelo que apóia a roda dianteira num gancho ocupa menos de meio metro quadrado de espaço por bicicleta.

(imagem não incluída)



Fonte: TfL, 2005

I – 3

LOCOMOÇÃO:

Os diversos usuários da rede de transporte compartilham um espaço limitado. Espaço deverá ser criado de acordo com sua vulnerabilidade e necessidades. A continuidade do percurso deverá ser maximizada. Além do ciclista compartilhar o espaço de veículos, existem várias alternativas.

Londres, Inglaterra:

Uma ciclofaixa em mão ocupa apenas um metro de largura da pista. Com uma indicação adequada pintada no asfalto, ou se for necessário, uma separação física de vez em quando como vista na foto ao lado, torna-se um espaço seguro para ciclistas.



Fonte: LCC, 2004

Florianópolis, SC:

A ciclovia exclusiva oferece um espaço cicloviário separado da circulação veicular por uma barreira. É uma solução mais cara, apropriada para trânsito pesado ou em áreas em que a ciclofaixa impede a circulação de veículos.



Fonte: Acervo do autor

Quadro 6: QUADRO CICLOVIÁRIO

Bogotá, Colômbia:

Interrupções na rede cicloviária impedem a continuidade das viagens. Cruzamentos convenientes de pistas altamente trafegadas ou de outras barreiras físicas podem ser facilitados por passarelas, assim como são para os pedestres. Observa-se na imagem ao lado o balizamento entre ciclistas e pedestres



Fonte: I-CE, 2006

Blumenau, SC:

A bicicleta ocupa pouco espaço. Uma ciclofaixa dupla pode ser instalada com uma largura mínima de até 2m.



Fonte: Viaciclo, 2005

Londres, Inglaterra:

Ciclofaixa com ilhotas. A instalação periódica de ilhotas não bloqueia o cruzamento pelos veículos para fazer manobras. As ilhotas servem como obstruções para impedir a passagem ocupando longos trechos. O veículo mais rápido tende a manter distância.



Fonte: LCC, 2004

Quadro 6: QUADRO CICLOVIÁRIO

Copenhaga, Dinamarca:

Ciclistas e pedestres podem compartilhar o mesmo espaço, entretanto as interações deverão ser manejadas com sinalização vertical e horizontal. Sinalização por cor, textura, postes ou placas informam os usuários que neste lugar há pedestres e ciclistas, sem impedir a livre passagem de nenhum.



Fonte: I-CE, 2006

I – 4

PREFERÊNCIA:

Para encorajar o uso da bicicleta, torna-se necessário o uso de meios para auxiliar a fluidez. Preferências podem liberar a passagem da bicicleta, enquanto o carro é controlado.

Londres, Inglaterra:

No semáforo fechado, os usuários sobre duas rodas podem ir para a frente da fila. Um espaço da largura da via, *advanced stop line*, é dedicado exclusivamente para que os ciclistas e motoqueiros possam esperar na frente dos outros veículos. Os ciclistas são visíveis aos motoristas, aumentando a segurança.



Fonte: LCC, 2004

Londres, Inglaterra:

A faixa mais próxima à calçada é para uso exclusivo da bicicleta e o ônibus. Câmeras podem registrar infrações, tanto as câmaras estacionárias quanto as micro-câmeras montadas nos ônibus urbanos.

A multa em Londres é equivalente a R\$ 200,00 e o sistema automático emite a multa direto pelo correio. Se não pagar no prazo o fato aparece na base de dados da polícia e na carteira de motorista.



Fonte: TfL, 2005

Quadro 6: QUADRO CICLOVIÁRIO

Middlesbrough, Inglaterra:

Ao longo da ciclovia os sinaleiros são ativados por sensores e o ciclista passa os cruzamentos sem parar.

Copenhagen, Dinamarca:

O semáforo (sem imagem) especial abre antes do dos veículos motorizados para dar preferência para o ciclista, permitindo que atravesse o cruzamento de ruas livre de trânsito.



Fonte: Devon County Council, 2006

I – 5

INTEGRAÇÃO:

Uma viagem acontece entre dois pontos na malha urbana. Na maioria dos casos estes dois pontos não constam na mesma rede de transporte e alguma baldeação ou troca torna-se necessária. A integração das diversas redes de transporte pode ser agilizada nestes momentos e locais.

Leuven, Bélgica:

Bicicletários próximos aos terminais de ônibus facilitam a integração para viagens de ida e volta que usam a bicicleta em apenas um trecho.



Fonte: Portland State University, 2003

Quadro 6: QUADRO CICLOVIÁRIO**Queensland, Austrália:**

A instalação do porta-bicicleta em táxi e ônibus permite a continuação da viagem por bicicleta depois da baldeação.



Fonte: Australian Bicycle Council, 2002

Alemanha:

Facilidade para entrar em trem, embarcação ou avião com a bicicleta permite a continuação da viagem por bicicleta depois da baldeação.



Fonte: Fahrradbibliothek, 2005

Quadro 6: QUADRO CICLOVIÁRIO

I - 6

SEGURANÇA:

A bicicleta é mais vulnerável a defeitos na pista de rolamento do que outros veículos, em parte devido à roda fina, em parte pela baixa estabilidade de duas rodas. Em interações entre veículos e bicicletas, a segurança do ciclista deveria ser priorizada. No caso de interação de ciclistas com pedestres, é o último que deverá receber este benefício.

“É um fato que a maior incidência de ciclismo em nossas ruas trará maior segurança às mesmas”
(THORNBERRY, 2006)

Londres, Inglaterra:

O ciclista deverá ter um nível de proteção ou separação elevado para a passagem de pontos difíceis de circulação como trevos. Na foto, há uma separação física da ciclofaixa ao longo do trevo



Fonte: LCC, 2004 b

Londres, Inglaterra:

O ciclista deverá procurar ser visível, principalmente à noite, tanto aos motorista quanto aos pedestres e outros ciclistas. Usar ruas com iluminação pública, roupa clara, refletiva e lanternas dianteiras e traseiras.

Estados Unidos:

Buracos no asfalto, desníveis na pista e aberturas devido à drenagem são perigos comuns para o ciclista. Uma atenção especial à qualidade da pista de rolamento no local ocupado pela bicicleta traz claros benefícios ao ciclista.



Fonte: TfL, 2005

Quadro 6: QUADRO CICLOVIÁRIO

Londres, Inglaterra:

Separação será necessária em ambos lados de uma ciclofaixa para controlar a interação entre o ciclista e os veículos e pedestres.



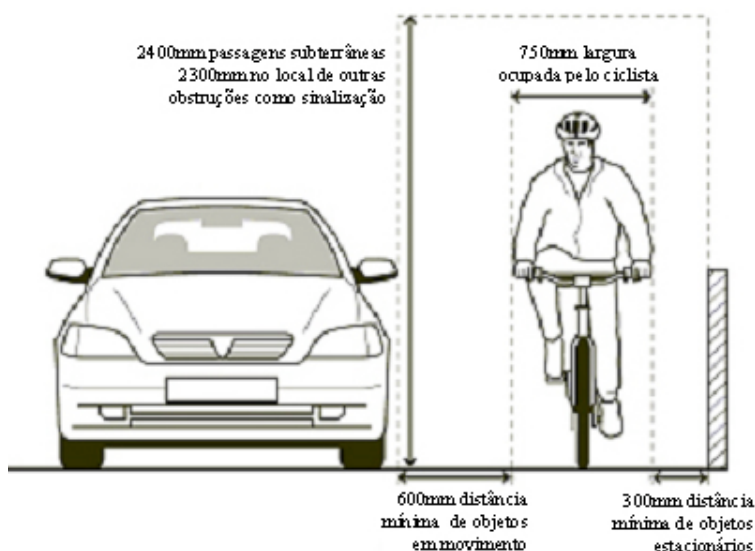
Fonte: LCC, 2005

Reino Unido:

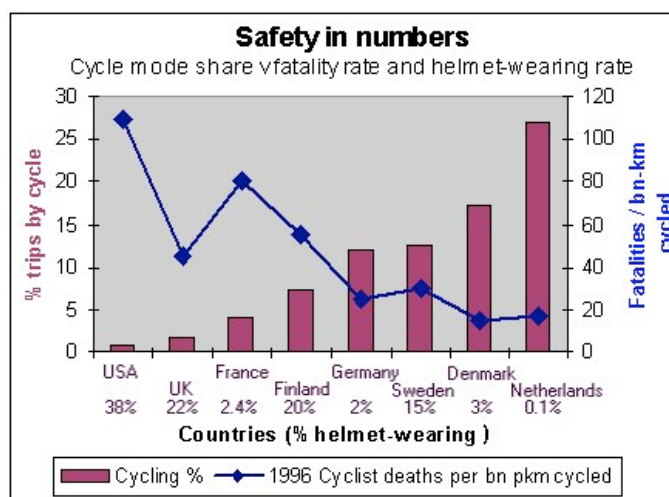
Uma largura mínima da faixa viária de 3,25m será suficiente para permitir a passagem segura de veículos ultrapassando ciclistas.

Reino Unido:

O capacete protege o ciclista e reduz o risco de acidentes graves no trânsito, entretanto, a legislação que obriga o uso de capacetes para ciclistas tem o resultado de desencorajar o uso da bicicleta, e, portanto, aumentar o risco à saúde de uma vida menos ativa. Da mesma forma, em certos casos o ciclista usando um capacete se arrisca mais no trânsito. A conclusão mais definitiva das pesquisas sobre segurança de ciclistas confirma que quanto maior o número de ciclistas, menor o índice de acidentes.



Fonte: TfL, 2005



Fonte: BHRF, 2003

Quadro 6: QUADRO CICLOVIÁRIO

I – 7

SINALIZAÇÃO:

Todo ambiente na rede de transporte é único, e as preferências e riscos são diferentes em cada lugar. Sinalização vertical e horizontal são usadas para comunicar informação e facilitar a adaptação de comportamento dos usuários. Sinalização pode ser informativa ou de regulamento e deverá ser utilizada em locais de choque, conflito ou interação entre meios de transporte diferentes.

Londres, Inglaterra:

Sinalização horizontal e vertical de informação e regulamento para motoristas, ciclistas e pedestres, alerta os usuários da presença de outros e informa sobre as preferências que cada usuário deverá observar neste local.



Fonte: LCN, 2000 a

Londres, Inglaterra:

Indicação da trajetória de ciclovias pelo uso de uma cor diferente para a pista rodagem cicloviária.



Fonte: TfL, 2005

Florianópolis, SC:

A coloração vermelhada do asfalto em locais de maior interação entre pedestres e ciclistas salienta a necessidade de cuidado.



Fonte: Acervo do autor

Quadro 6: QUADRO CICLOVIÁRIO

Londres, Inglaterra:

Informações dadas ao ciclista auxiliam na navegação pela rede cicloviária.

A placa ao lado indica as distâncias em milhas para outros bairros (uma milha é 1.600m). O número cercado pelo retângulo significa a numeração da rota na rede cicloviária de Londres (LCN).



Fonte: LCN, 2000

II: ELEMENTOS POLÍTICOS/LEGISLATIVOS:

II – 1

SOBRE INSTALAÇÕES:

Florianópolis, SC:

Facilidades para estacionar bicicletas são obrigatórios em “toda e qualquer área pública que gere tráfego de pessoas e veículos” (SANTA CATARINA, 2001)

Copenhagen, Dinamarca:

A Prefeitura instalou um sistema de bicicletas gratuitas para o uso público. O programa é financiado pela propaganda pintada no quadro das bicicletas. (COPENHAGEN, 2006)

Florianópolis, SC:

A lei complementar controla a cobrança para uso de bicicletários no município. A tarifa diária “não poderá exceder a metade da tarifa mínima do transporte coletivo municipal” (SANTA CATARINA, 2001)

Copenhagen, Dinamarca:

A prefeitura da cidade implementou uma avaliação bienal do uso da bicicleta e a infra-estrutura chamada “*Bicycle Account*”. O objetivo é melhorar a circulação de trânsito e a qualidade de vida através do uso da bicicleta. (COPENHAGEN, 2004)

II – 2

REDUÇÃO DO USO DO CARRO:

Copenhagen, Dinamarca:

É proibido entrar no centro histórico da cidade em carro particular (I-CE, 2006)

Londres, Inglaterra:

Para entrar no centro da cidade durante o dia, 2ª a 6ª feiras, cada veículo é cobrado oito libras esterlinas por dia, equivalentes a R\$ 32,00. (CÂMARA & MACEDO, 2004)

Bogotá, Colombia:

Durante os dias da semana, 30% dos carros particulares são proibidos de circular na cidade. (I-CE, 2006)

Vários Países:

Por um dia do ano, em 2006 será o dia 22 de setembro, o programa “Na Cidade sem meu Carro” promove alternativas ao carro para ir ao trabalho. Entre elas o transporte coletivo, caminhando e pedalando.

Quadro 6: QUADRO CICLOVIÁRIO	
III: ELEMENTOS AMBIENTAIS/ECOLÓGICOS:	
III – 1	III - 2
POLUIÇÃO:	ENERGIA & CONGESTIONAMENTO:
<p>Ontário, Canadá: A concentração de poluição na região de uma rua urbana está mais elevada na faixa central na altura dos veículos, diminuindo-se até as calçadas laterais e com elevação acima do asfalto. Nas áreas ocupadas por pedestres e ciclistas o ar está menos poluído. (DIAMOND & PARKER, 2004)</p> <p>Estados Unidos: Poluição dentro dos carros é aumentada pelos materiais estofados que liberam gases nocivos sob a ação solar. (GEARHART & POSSELT, 2006)</p> <p>Londres, Inglaterra: O ar respirado pelo ciclista e pedestre tende a conter um maior teor de partículas, porém, a atividade aeróbica de caminhar ou pedalar ajuda limpar o organismo humano desta contaminação e a pessoa se desloca fora da área de engarrafamento. (ADAMS, NIEUWENHUIJSEN & COLVILE, 2002)</p> <p>São Paulo, SP: A atmosfera, o barulho e cheiro da cidade são advindos dos carros. As emissões de carros particulares contribuem com 70% da poluição do ar na capital. Há uma redução de dois anos, em média, na expectativa de vida dos habitantes. (NUNES & BENICCHIO, 2004)</p>	<p>Estados Unidos: O aumento na quantidade de veículos nas ruas é um fator contribuinte para os engarrafamentos. Nos EEUU estima-se o custo anual de congestionamento em 63 bilhões de dólares. As grandes áreas urbanas sofrem mais. (SCHRANK & LOMAX, 2005)</p> <p>Estados Unidos: Aproximadamente 1100 calorias são utilizadas por um carro normal por cada quilômetro percorrido, enquanto o ciclista precisa de apenas 25 calorias para pedalar a mesma distância. (KIFER, 1999)</p> <p>Estados Unidos: A falta de altruísmo na parte do motorista resulta em impedimentos ao fluxo do trânsito. Pequenas mudanças no fluxo do sistema complexo resultam em efeitos amplificados e congestionamento. (LIVE SCIENCE.COM, 2006)</p> <p>São Paulo, SP: São apenas 1,2 habitantes por carro particular na capital. Não há espaço nas ruas para todos estes veículos, e menos ainda para os estacionamentos. O helicóptero particular está cada vez mais conhecido, usado por pessoas para evitar o congestionamento, porém, contribuindo gravemente ao problema da poluição. (NUNES & BENICCHIO, 2004)</p>

Quadro 6: QUADRO CICLOVIÁRIO

IV: PRINCÍPIOS DE PLANEJAMENTO E PROJETO:

“as três coisas principais que as pessoas nos pedem em projetos para rotas cicloviárias são segurança, continuidade e facilidade”

Michael Bridgeland, Cycling Officer, London Borough of Lambeth
(LCN, Planning and Design, 2000)

IV – 1 SEGURANÇA:	IV – 2 CONTINUIDADE:
<p>Interação com veículos: Ao ultrapassar, o vácuo gerado por um veículo grande pode desequilibrar o ciclista. O espaço necessário entre o veículo e o ciclista para pedalar em segurança aumenta com a velocidade do trânsito.</p> <p>Interação com pedestres: O pedestre interage com o ciclista ao atravessar a rua e ao entrar e saltar de veículos, principalmente saindo do ônibus e do carro estacionado. Em lugares compartilhados com pedestres, deverá ficar clara a prioridade.</p> <p>Compreensão das necessidades do ciclista: O ciclista precisa de um espaço adequado para pedalar em segurança: i) um asfalto liso sem buracos; ii) meios de controlar excesso de velocidade e a proximidade dos veículos; iii) visibilidade nas e das ruas para ver e ser visto. (LCC, 2004 c)</p> <p>Informação ao ciclista: O ciclista deveria ser informado da melhor maneira de pedalar com segurança tanto no trânsito quanto em áreas pedestrianizadas, durante o dia e à noite em diversas condições de tempo.</p>	<p>O projetista deverá considerar a continuidade da ciclovia entre pontos de conexão com vários meios de transporte.</p> <p>O projeto deverá incluir infra-estrutura para a transferência entre outros meios de transporte.</p> <p>A transferência entre meios de transporte necessita tanto de facilidades seguras para estacionar quanto de dispositivos para transporte de bicicletas para permitir a transferência da bicicleta junto com o ciclista.</p> <p>Equilibrabilidade: Para estimular o uso da bicicleta é necessário melhorar as facilidades para o uso deste meio de transporte. Uma viagem de bicicleta deverá ser conveniente e mais barata, sendo possível aproximar ao destino com mais facilidade do que por carro, evitando barreiras físicas e tornando o uso do carro menos preferível.</p> <p>Vandalismo de ciclovias: Uma garrafa quebrada na ciclovia torna uma viagem de bicicleta em uma dificuldade enorme se furar o pneu. Vigilância e manutenção pelos usuários e as autoridades são importantes para evitar esta inconveniência.</p>

Quadro 6: QUADRO CICLOVIÁRIO

IV – 3
FACILIDADE: A proximidade de estacionamento de bicicleta deverá ser mais conveniente ao destino, do que para o motorista. O fato do espaço ocupado pela bicicleta estacionada ser 10 vezes menor auxilia na inserção destas facilidades dentro da malha urbana existente.

Minimizar o Esforço:
 Economia de esforço para o ciclista é uma limitação que o transporte motorizado, em geral, não enfrenta.

Além do efeito do vento contra um ciclista, as distâncias sendo percorridas e as declividades das vias são mais críticas em influenciar o esforço investido.

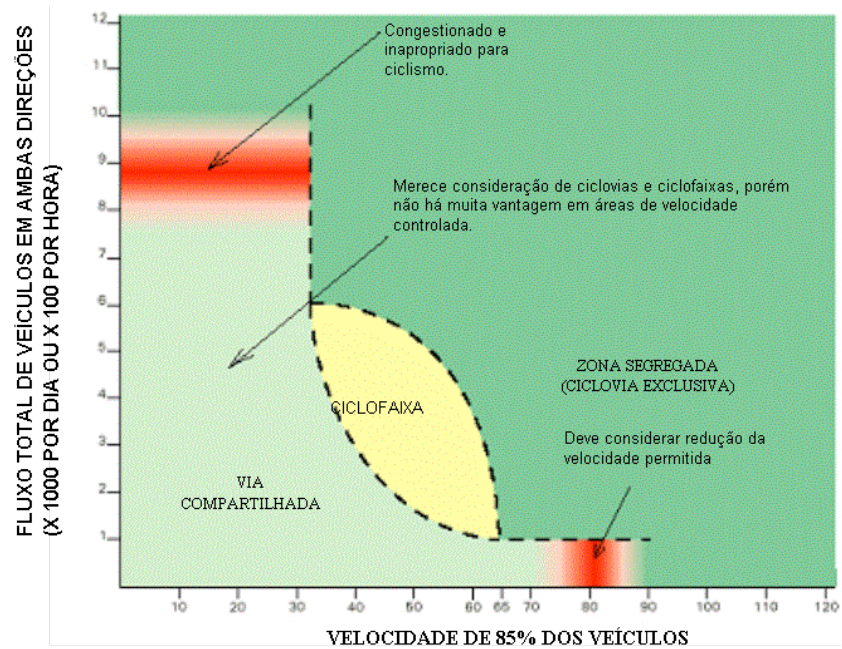
O objetivo de um bom planejamento de uma rota cicloviária seria minimizar a exposição aos ventos fortes, e tomar o percurso mais plano e mais curto.

Segurança da bicicleta contra crime:
 Furto e vandalismo de bicicletas são comuns. Bicicletários seguros serão necessários, e esta segurança pode ser alcançada ou pela construção de lugares fechados ou pela situação dos bicicletários próximo aos destinos dos ciclistas.

Reino Unido:
 A polícia mantém um cadastro especial de bicicletas, para identificar o dono legítimo em caso de furto. Cada bicicleta tem um número único estampado no quadro, assim como o motor de um automóvel. Também se usa marcadores ultravioletas permanentes para identificação das bicicletas.

IV – 4
PADRONIZAÇÃO: Padronização de procedimentos auxilia o projetista, que não precisa reinventar soluções para os mesmos problemas. Auxilia também o usuário a compreender rapidamente o ambiente, os perigos e o jeito certo de se deslocar.

Reino Unido:
 Modelos para identificar a solução, como este quadro para determinar se uma ciclovia ou ciclofaixa é a solução apropriada. O quadro foi extraído do manual “Cycling by Design”

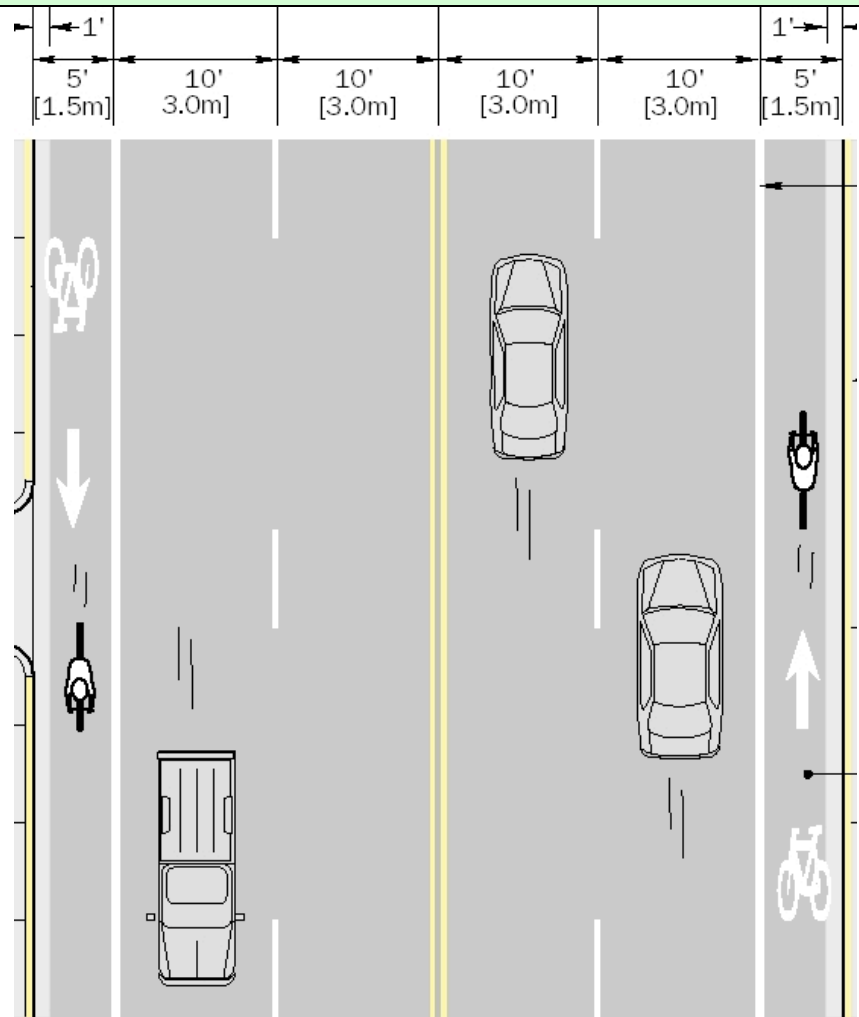


Fonte: Scottish Executive, 2000

Quadro 6: QUADRO CICLOVIÁRIO

Estados Unidos:

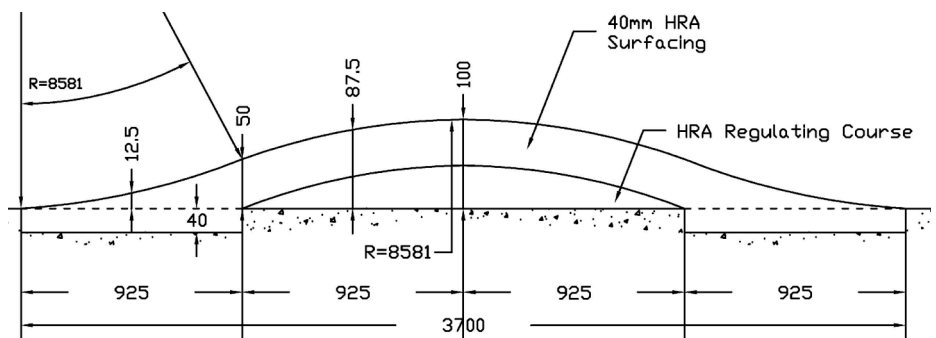
A largura e geometria das facilidades para todos os usuários estão definidas em desenhos padronizados.



Fonte: Chicago, 2002

Inglaterra:

O detalhamento da infra-estrutura pode facilitar ou criar problemas para seu uso pelo ciclista. Aqui, a solução para uma lombada demonstra uma atenção ao conforto do ciclista sem diminuir sua eficácia como controle de trânsito.



A. 100mm High Hump

Fonte: TfL, 2005

Quadro 6: QUADRO CICLOVIÁRIO

IV – 5

DIVERSIDADE:

Estados Unidos:

A ONG PPS (Projeto para Espaços Públicos) desenvolveu uma metodologia que estrutura o desenvolvimento de um projeto partindo da inclusão de todos os elementos sociais interessados e uma diversidade de objetivos funcionais. A inclusão destes ingredientes resulta num projeto com acesso universal e vários usos (*multifuncional*), promovendo adaptabilidade e evolução. (PPS, 2003)

Reino Unido:

A Comissão para Arquitetura e o Ambiente Construído (*CABE*) constata a diversidade em ambientes públicos como um dos atributos chaves para a criação de lugares bem-sucedidos. A diversidade de elementos permite uma multiplicidade de usos, que por sua vez da vida a um determinado lugar. Com esta vida, os usuários e órgãos públicos valorizam mais o ambiente e naturalmente buscam maneiras de protegê-lo de alguma influência negativa. (*DETR/CABE*, 2000)

V: ELEMENTOS SOCIAIS/ECONÔMICOS:

V – 1

ATIVISMO e PROMOÇÃO:

Roadwitches (Bruxas de Rua), Inglaterra:

Muitos grupos sociais não-governamentais promovem o uso da bicicleta. Abordagens são, em geral, a favor da redução de veículos motorizados nas ruas por questões ambientais, de segurança e de inclusão social. Aqui, um ativista inventa uma maneira incomum de salientar o fato de que a rua atravessa um bairro residencial.



Fonte: BBC News, 2005

Quadro 6: QUADRO CICLOVIÁRIO

O Projeto para Espaços Públicos (PPS), EEUU:

O objetivo da organização PPS, com fins não-lucrativos, é criar ou resgatar o espaço público para o uso de todos, através de planejamento inclusivo.



Fonte: PPS, 2005.

Massa Crítica Mundial:

Na última sexta feira do mês, em várias cidades, cicloativistas manifestam-se em uma passeata conhecida entre os participantes como uma *bicicletada*.



Fonte: *Critical Mass*, 2003

Florianópolis, SC:

O ciclismo como esporte é um espetáculo, como a etapa brasileira do Ironman Triathlon. A presença da bicicleta nas ruas entra na consciência urbana através de contato e visibilidade.

V – 2 CULTURA:

Cada grupo da sociedade tem suas características. As diversas culturas distintas dos usuários da rede de transporte têm influência na prática do ciclismo.

Florianópolis, SC:

Diferenças culturais variam mesmo entre cidades catarinenses. Em Blumenau sempre houve uma tradição de andar de bicicleta, mas em Florianópolis, talvez devido ao terreno acidentado, a bicicleta é usada apenas para lazer. (VIACICLO, 2005)

Florianópolis, SC:

O índice de ciclistas pedalando nas ruas da cidade é muito baixo. O motorista, portanto, não está acostumado a compartilhar o asfalto e a atividade de ciclismo torna-se mais perigosa do que deveria ser.

Florianópolis, SC:

Existe um certo preconceito contra pessoas que usam a bicicleta como meio de transporte. (VIACICLO, 2005)

Quadro 6: QUADRO CICLOVIÁRIO

V – 3

SUPERIORIDADE DA BICICLETA:

Com frequência, a bicicleta demonstra sua superioridade sobre outros meios de transporte. Em particular a bicicleta supera trânsito pesado, reduzindo poluição e chegando com rapidez. Estas alternativas oferecem soluções mais baratas do que os veículos motorizados e são mais humanas, estimulando contato entre pessoas.

Londres, Inglaterra:

No centro da cidade, as ruas estreitas são ocupadas por pedestres e a passagem de veículos é fácil apenas durante certos horários noturnos. O bicitáxi é ideal para percorrer distâncias de 1 a 2km.



Fonte: Promobikes, 2006

Copenhaga, Dinamarca:

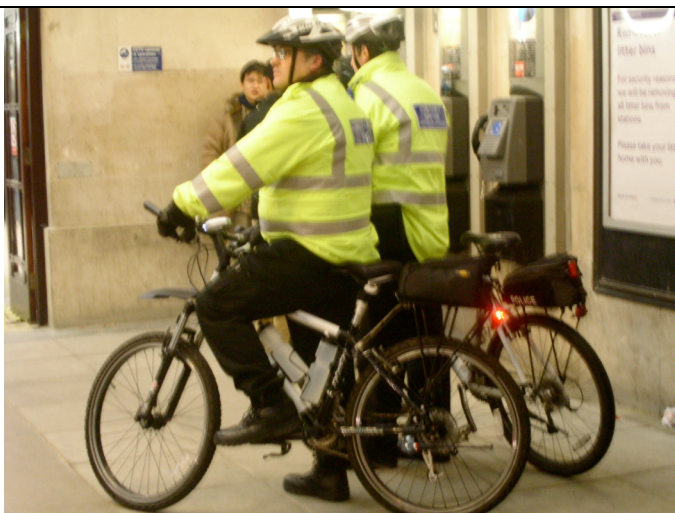
Serviços de entrega por bicicleta (*courier*) são mais rápidos em cidades com problemas de circulação de transporte.

Londres, Inglaterra:

O programa “Commuter Challenge” demonstra que a bicicleta é a forma mais rápida de locomoção sobre percurso até 20km.

Londres, Inglaterra:

Em cidades com muitos problemas de circulação veicular, os serviços de emergência utilizam a bicicleta como o meio de transporte urbano mais rápido, mais econômico e com interação melhor com a comunidade.



Fonte: Câmara, Lamb, Xavier, 2006

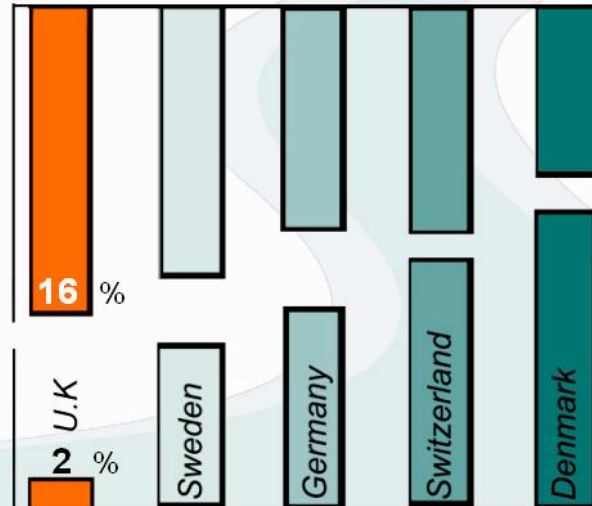
Quadro 6: QUADRO CICLOVIÁRIO

V – 4
SAÚDE PÚBLICA

Ciclismo é uma atividade sem impacto que fortalece os sistemas cardiovascular e muscular e contribui à perda de peso e redução de stress.

Reino Unido:
Dados do grupo Sustrans demonstram que o índice de obesidade infantil é relacionado ao uso da bicicleta. No gráfico, o maior uso da bicicleta corresponde a menor índice de obesidade infantil.

Índice de Obesidade em Crianças de 10 anos
Source: IOTF, 2002



Índice de Ciclismo em Países Seleccionados

Fonte: Câmara, 2004

Reino Unido:
A participação em atividade física desde jovem é um ótimo começo para uma vida saudável. As rotas seguras planejadas auxiliam o uso da bicicleta para ir para a escola, aproximando a finalidade de melhor saúde para todos, e diminuindo a quantidade de viagens feitas por carro.



Fonte: Sustrans, 2004

4.2 A Situação Cicloviária em Florianópolis

A área avaliada no centro de Florianópolis apresenta um terreno variável, com áreas essencialmente planas e outras mais acidentadas, a maior parte até a cota de 20m acima do nível do mar, contornando as encostas do Morro da Cruz, cuja altura máxima é 283m. Uma malha viária ortogonal se intercala com várias ruas em formato mais adaptado à topografia, e seguem as curvas de nível ou sobem em zigue-zague (AFONSO, 1999, p.345).

Em Florianópolis, a distribuição dos habitantes entre vários meios de transporte ocorre conforme o **quadro 7**:

MEIO DE TRANSPORTE	PORCENTAGEM DA POPULAÇÃO
Bicicleta	2
Transporte Coletivo	38
Carro Particular	60

Quadro 7: Comparação dos meios de transporte usados pela população de Florianópolis, SC Fonte: SILVA *et al*, 2006

A media brasileira para o uso urbano da bicicleta é 3% (XAVIER *et al*, 2005).

O espaço dedicado ao ciclista na área central de Florianópolis é somente do tipo ciclovia exclusiva, e constam apenas dois trechos longos e dois trechos curtos anotados na **figura 30** como os trechos azuis:

- i) O trecho da Beira-Mar Norte, com uma extensão aproximada de 11km entre a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e a Ponte Pedro Ivo Campos, com uma extensão adicional em ambos lados da rodovia SC-401 desde o trevo do CIC (Centro integrado de Cultura) e o trevo de Itacorubi;
- ii) O trecho da Beira-Mar Sul que segue paralelo à nova pista duplicada (Rodovia Governador Aderbal Ramos da Silva) entre a saída dos túneis do Morro da Prainha e o Mangue do Rio Tavares, um percurso de aproximadamente 5km;
- iii) Recém inaugurado trecho sobre a Avenida Hercílio Luz entre as ruas Anita Garibaldi e Hermann Blumenau com extensão de aproximadamente 0,5km.
- iv) Ao perímetro do campus da Universidade Estadual de Santa Catarina (UDESC)

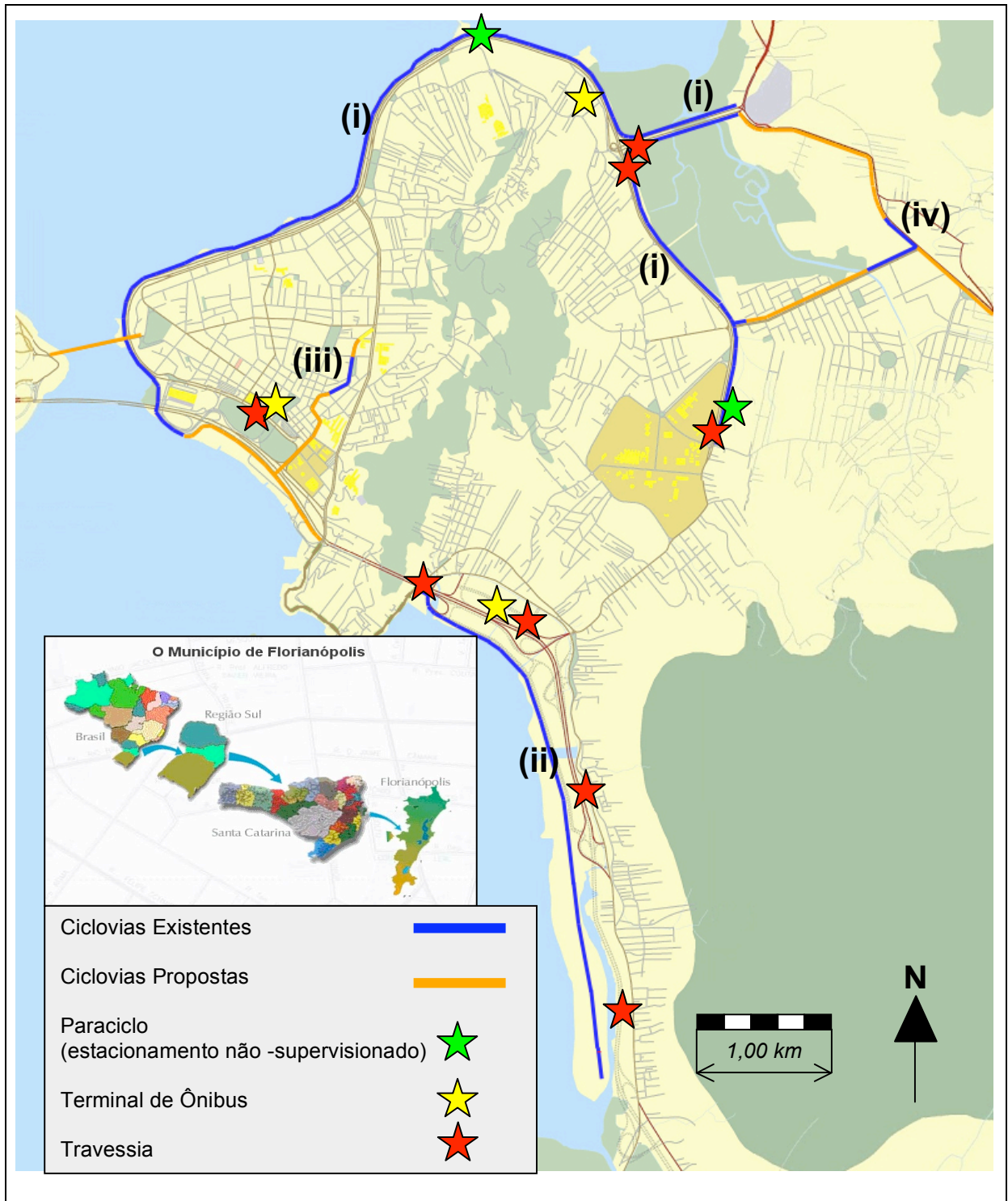


Figura 30: Infra-estrutura Cicloviário no distrito sede de Florianópolis, SC (Trabalho do autor sobre mapa base, PMF/IPUF, 2003)

Há planos para ampliar a extensão das ciclovias nesta região e em outras regiões da Ilha, principalmente nos bairros de Ingleses, Canasvieiras e Santo Antônio de Lisboa no norte da Ilha.

Infra-estrutura para ciclistas, além de espaço para circulação, proporciona provisão para estacionamento. Há 2 locais de paraciclos (ver **figura 31**) ao longo do trecho Beira-Mar Norte e bicicletários são propostos em vários terminais de ônibus tanto no centro quanto nos outros bairros. Os locais dos terminais de ônibus Centro, Trindade e Saco dos Limões, (este último foi recentemente desativado) estão anotados na **figura 30**. O primeiro bicicletário, a ser o modelo para os futuros, está instalado ao lado do Terminal da Lagoa da Conceição, no leste da Ilha (ver **figura 32**) e oferece um estacionamento gratuito, coberto e seguro, equipado com chuveiros.



Figura 31: O modelo de paraciclo instalado na ciclovia Beira-Mar Norte ao lado de equipamentos de lazer (acervo do autor)



Figura 32: Bicicletário do terminal de ônibus Lagoa da Conceição (acervo do autor)

As ciclovias são externas à malha urbana em geral, e o acesso é feito em pontos específicos através de várias faixas para pedestres, duas passarelas no trecho Beira-Mar Norte (ver **figura 33**), três no trecho Beira-Mar Sul e uma passagem

subterrânea no trecho Beira-Mar Norte ligando a ciclovia à Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Sinalização especial voltada à comunicação ou advertência entre meios de transporte limita-se à experiência no trecho Avenida Beira-Mar Norte (ver **figura 34**), e à interação entre ciclistas e pedestres no trecho Avenida Hercílio Luz, (ver **figura 35**), não havendo informação aos usuários sobre a existência das ciclovias nem sobre as preferências entre pedestres e ciclistas nas demais interações.



Figura 33: Passarela multiuso ligando a ciclovia e calçadão ao Centro Integrado de Cultura no trecho Beira-Mar Norte (acervo do autor)



Figura 34: Experiência em padronização de sinalização no trecho Avenida Beira-Mar Norte (acervo do autor)



Figura 35: Sinalização ao longo do trecho Avenida Hercílio Luz (acervo do autor)

Em Florianópolis há vários programas de pesquisa e grupos ativistas agindo em prol da bicicleta. De destaque é a pesquisa sobre o uso da bicicleta para ir para a escola (XAVIER et al, 2005) e o estudo sobre a integração Ilha-Continente procurando vencer a barreira da travessia da Ponte Pedro Ivo Campos (XAVIER et al, 2004).

O grupo não-governamental Viaciclo trabalha em parceria com o IPUF (Instituto de Planejamento de Florianópolis) para desenvolver os projetos para as novas ciclovias já mencionadas. Viaciclo e o IPUF também participam em programas internacionais como o projeto *URB-AL* para a integração da bicicleta na planificação do tráfego em cidades medianas na América Latina e Europa, e *Locomotives (Low-Cost Mobility Initiatives)* iniciado pelo *Interface for Cycling Expertise (I-CE)*. Há transferência de tecnologia, conhecimento, verbas internacionais, e eventos promovendo o uso da bicicleta e o desenvolvimento sustentável das cidades.

Legislação municipal e estadual torna obrigatória a instalação de paraciclos em construções novas e em prédios públicos. Vias urbanas novas serão construídas já com ciclovias desde o projeto.

O dia 22 de setembro foi oficializado como o dia catarinense sem carro (SANTA CATARINA, 2003) e o dia do ciclista no dia 8 de dezembro (PMF, 2001). Este último documento estipula também a educação dos usuários das vias públicas,

motorizados ou não, com a criação de programas de orientação voltados para a acomodação de todos os usuários da cidade.

Planos para a ampliação das ciclovias e da infra-estrutura cicloviária no centro incluem os seguintes trechos (PMF, 2003; AN CAPITAL, 2000), representados na **figura 30** (p.114) como Ciclovias Propostas:

- i) A conexão da ciclovia na Avenida Hercílio Luz (Anita Garibaldi até Hermann Blumenau) até a passarela do Centro de Convenções;
- ii) A ligação da ciclovia Beira-Mar Norte com a ciclovia ao sul da ilha;
- iii) Ampliação da ciclovia em Santa Mônica e Itacorubi e conexão com trecho Beira-Mar Norte;
- iv) Ligação do Terminal Rita Maria até a Rua Silva Jardim;
- v) Acessos aos terminais do Sistema Integrado de Transporte Coletivo no sul da ilha e bicicletários nos terminais;
- vi) Uma passarela compartilhada com pedestres na Ponte Hercílio Luz;

Planos para novas ciclovias em outros bairros incluem:

- vii) Ciclovias novas nos bairros de Ingleses e Canasvieiras no norte da Ilha;
- viii) Ciclovia ao longo da rua Osni Ortiga do Porto da Lagoa até a Avenida das Rendeiras à beira da Lagoa da Conceição no leste da Ilha;
- ix) Conexão entre Santo Antônio de Lisboa e Sambaqui, também no norte da Ilha;
- x) Alto Ribeirão no sul da Ilha.

4.3 Avaliação das Ciclovias em Florianópolis

A complexidade em arquitetura e urbanismo (**capítulo 3**) e o quadro cicloviário (**quadro 6**) contribuem para uma compreensão da infra-estrutura cicloviária presente em, e proposta para, a região central de Florianópolis. A avaliação de intervenções no ambiente urbano descrito no **capítulo 1** acrescentará a possibilidade de determinar o grau de sucesso da situação presente e da proposta, conduzindo o projetista em direção ao projeto melhor-sucedido.

Para facilitar a apresentação de informação foi elaborado o **quadro 8** com o intuito de resumir os elementos provenientes do quadro cicloviário e relacioná-los com uma avaliação baseada numa abordagem complexa. Cada elemento cicloviário está associado aos elementos da Teoria da Complexidade.

Levando em consideração a definição de arquitetura melhor-sucedida discutida no **capítulo 1**, foi empregada a técnica de “Escala de Valores” como meio de

representar resumidamente a conclusão de tal avaliação. Os valores da escala são os seguintes:

(1) mau; (2) normal; (3) bom.

O valor (1) designa que não há evidência de compreensão do problema manifestada pela área estudada. O valor (2) designa que há evidência de compreensão do problema, porém, não foi executada uma extensa implementação de soluções. O valor (3) designa que há evidência de compreensão do problema e considerável implementação de soluções.

Enfatizamos que a presente avaliação examina apenas a infra-estrutura cicloviária e uma avaliação integral das ciclovias deverá considerar outras abordagens teóricas e um leque maior de fenômenos urbanos.

Tanto um projeto quanto uma avaliação de algum cenário, mesmo que sejam baseados em fundamentos científicos, serão de certa forma subjetivos. O **quadro 8** consta uma avaliação pelo autor das ciclovias de Florianópolis, com uma abordagem da Teoria da Complexidade e será discutida a seguir: a primeira parte com a abordagem da Teoria da Complexidade e seguindo o formato do repertório cicloviário do **quadro 6**, e a segunda parte retoma uma avaliação de sucesso, empregando os termos da *CABE* listados no **capítulo 1** (p.11-12).

4.4 Discussão da Complexidade da Infra-Estrutura Cicloviária em Florianópolis

4.4.1 Conectividade

As ciclovias estão isoladas do restante da malha urbana e como tal formarão um sistema fechado. A conexão com outros elementos da cidade não se apresenta muito desenvolvida no caso estudado. Apenas os paraciclos e bicicletários oferecem conexões com outros meios de transporte e etapas de viagens, mas estes estão situados próximos a destinos de viagens e não nos locais que poderão possibilitar mais conexões.

Existem, porém, projetos de construir bicicletários em terminais de ônibus que deverão melhorar esta integração. A legislação municipal voltada à construção de bicicletários em prédios públicos e novos também fortalecerá este aspecto e as propostas para futuras ciclovias no centro têm o intuito de fazer conexões entre as ciclovias existentes. Com isto, espera-se desenvolver uma conectividade adequada que poder gerar complexidade.

Como em muitas cidades, o planejamento voltado para o uso do carro continua desenvolvendo sistemas isolados e fechados, manifestado pelo mono-uso das ciclovias de Florianópolis.

4.4.2 Complexidade

A circulação cicloviária é interrompida em quase todas as interações com outros sistemas de circulação. Não há chance de gerar complexidade nestas circunstâncias. As ciclovias novas que poderão surgir em pequenos trechos localizados perto de obras novas (ver **figura 36**) vão gerar um eventual sistema complexo quando os trechos se juntam, entretanto, a maneira de gerar o sistema estimula apenas a geração das partes e não atende à conexão necessária para gerar complexidade. Isto dificultará a finalidade.



Figura 36: Ciclovias nova com extensão de 30m ao longo da fachada da nova construção do shopping Santa Mônica, Avenida Madre Benvenuta, Florianópolis (acervo do autor)

Esta limitação de integração se apresenta no sistema de transporte coletivo em Florianópolis que segue uma estratégia de conectividade localizada somente entre terminais. O sistema está simplificado ao invés de gerar complexidade. Apesar desta rigidez, o mesmo sistema de transporte coletivo poderá ser incluído numa circulação multi-modalidade para gerar uma crescente complexidade com apenas uma ampliação da natureza das conexões entre modalidades para permitir continuação das viagens com a bicicleta. No contexto ciclovitário, o uso de diversas opções de infra-estrutura e de baldeação poderá contribuir para as combinações que levarão à complexidade.

O papel de Viaciclo e parceiros, que aborda os outros benefícios de ciclismo, não apenas para transporte, mas como lazer, liberdade, saúde e redução de poluição, deverá ser chave no enfoque multidisciplinar necessário para este futuro.

4.4.3 Hierarquia e Escala

Em Florianópolis, as ciclovias são todas exclusivas, formando uma estrutura muito horizontal e sem níveis hierárquicos. Uma consequência natural desta estrutura, com o olhar da Teoria da Complexidade, é o mono-uso. No presente contexto há uma clara vantagem deste modelo, pois o ciclista é mantido isolado do tráfego e em maior segurança.

Quando a questão de hierarquia está voltada às preferências de circulação, observa-se que em todas as interações com ciclistas, os outros meios de circulação têm prioridade. A hierarquia promovida pela legislação, porém, é diferente, em que segue de baixo para cima, ou seja, os usuários mais lentos têm prioridade, seguidos em níveis hierárquicos pelos cada vez mais velozes e os que serão mais protegidos contra acidentes.

4.4.4 Elementos Fundamentais e os Fractais

O asfalto avermelhado provê informação sobre o uso do local através do seu contraste com o entorno. O fato de o autor testemunhar uma interpretação incorreta desta informação (utilização pelos pedestres) talvez implique uma carência de

clareza nesta área. Considera-se necessária uma avaliação de informação disponível para verificar o que poderá ser feito com uma avaliação fractal do campo visual seguindo a técnica de Salingaros & West (1999).

4.4.5 Sistema Dinâmico e Retro-Alimentação

As ciclovias em Florianópolis seguem percursos planos, demonstrando uma compreensão da economia de energia necessária para manter um sistema dinâmico funcionando, entretanto isto se faz ao custo de limitar a área servida, evitando maiores excursões às regiões mais acidentadas. A circulação plana das ciclovias não supera o desvio grande que a ciclovia da Beira-Mar Norte toma ao redor do centro. Um percurso mais direto, porém, um pouco ondulado poderá oferecer uma economia energética maior.

Em termos de circulação de ciclistas nas ciclovias, isto procede sem impedimento excessivo devido ao gabarito adequado, porém, a circulação viária não foi projetada para velocidades tão diferentes e a ultrapassagem de bicicletas nas rodovias é perigosa devido à largura inadequada e visibilidade às vezes encurtada pelas curvas e impedida pelo mobiliário viário e outros elementos instalados próximos ao meio-fio. Este perigo está aumentado pela baixa qualidade de asfalto prevalente na faixa mais usada pelos ciclistas, próxima ao meio-fio, que gera um desperdício desnecessário de energia para o sistema cicloviário. Uma atenção maior na instalação deste detalhe poderá facilitar dramaticamente a circulação. Isto se manifesta nas ciclovias também (ver **figura 37**) O asfalto novo avermelhado das instalações mais recentes oferece uma superfície muito confortável.

A proposta de educação de motoristas sobre os cuidados em interações com ciclistas e outros usuários poderá ser considerada como a transferência de informação através de um sistema dinâmico. Com a divulgação de informação a todos uma forma de retro-alimentação ocorre e efetivamente gera complexidade entre diversos modos de circulação. A mesma complexidade poderá ocorrer com a questão de visibilidade que deverá passar em ambas direções. No contexto do ciclismo nas rodovias, há um impedimento de visibilidade devido ao alinhamento horizontal de certos trechos, e o espaçamento entre postes da iluminação noturna é

grande, tanto assim que os ciclistas, sendo mais lentos de passagem entre postes, passam maior tempo nos escuros, um fato que prejudica serem vistos pelos motoristas.



Figura 37: Condição de asfalto na ciclovia Beira-Mar Norte (acervo do autor)

Da mesma forma, a sinalização poderá ser considerada como uma transferência de informação. Para gerar complexidade deverá acontecer em ambas direções entre os vários elementos circulando nas ruas. A sinalização na ciclovia da Avenida Hercílio Luz não avisa os motoristas com antecedência sobre a presença da travessia de ciclistas. Na **figura 38**, o motorista entra no retorno para imediatamente encontrar-se em cima da travessia.



Figura 38: Travessia de pedestres e ciclistas na Avenida Hercílio Luz (acervo do autor)

Os subsídios cedidos ou cobranças impostas para estimular o uso da bicicleta poderão ser compreendidos como alguma priorização do sistema cicloviário, e prejudicando transporte motorizado, entretanto, o custo da poluição causada pelos últimos não é cobrado. Tais benefícios oferecidos aos ciclistas poderão ajudar a equilibrar as vantagens excessivas desfrutadas pelos motoristas.

No final das contas, o ciclismo demonstra ser um sistema eficiente no Brasil, pois seu uso é associado com as pessoas de baixa renda e com as crianças, setores da sociedade sem acesso livre a outros meios de transporte que poderão usufruir da bicicleta como meio de transporte viável.

4.4.6 Manifestações Externas da Complexidade - Auto-Organização, Emergência e Evolução

A disposição da rede cicloviária em Florianópolis é linear e não oferece percursos alternativos. Neste momento, não se manifestam sinais de adaptabilidade.

Quando há uma transferência retro-alimentada de informação entre os sistemas de circulação, isto ajuda a comunicação nos pontos de interação, e poderá oferecer melhor segurança sem ser necessário um controle externo, ou seja, a segurança toma conta de si mesma e os sistemas se auto-organizam. Na **figura 39**, os balizamentos instalados na interseção entre veículos e ciclistas na Beira-Mar Sul oferecem esta comunicação bi-direcional. A intenção original neste local foi proibir a entrada de veículos na ciclovia, mas serve uma outra função também.



Figura 39: Balizamento do Trecho de ciclovia Beira-Mar Sul (acervo do autor)

4.5 Discussão do Sucesso da Infra-Estrutura Ciclovária em Florianópolis

A seguir, a discussão das ciclovias contextualiza-se em termos das categorias de sucesso da *CABE* elaboradas em capítulo 1:

4.5.1 Função

A diversidade de usos não está bem desenvolvida na rede ciclovária de Florianópolis, entretanto, a função voltada para atividades que promovem exercício físico faz com que estas instalações tenham um valor alto para a comunidade. Há, porém, uma dificuldade de acessar as ciclovias devido ao seu isolamento do entorno.

Considerações sobre a transferência de informação entre usuários são parciais, principalmente nos locais de cruzamento de meios de circulação diferentes. Iniciativas de treinamento que possam informar os indivíduos sobre as necessidades de outros usuários são propostas. Entretanto, este enfoque deverá dar apoio à ampliação de elementos arquitetônicos e sinalização para promover maior eficiência em circulação.

4.5.2 Qualidade

Ao examinar a qualidade de acabamento da infra-estrutura ciclovária, observa-se a necessidade de manutenção da qualidade da superfície de rolamento. O catálogo de defeitos inclui desníveis de juntas nas pontes do trecho Beira-Mar Sul e áreas esburacadas significativas no trecho Beira-Mar Norte. Passando para a rede viária em geral, encontra-se uma ausência de consideração sobre o perigo que os buracos na pista de rolamento e as descontinuidades entre pista e acostamento poderão gerar para ciclistas, em lugares descritos popularmente como um barranco, o que promove o desconforto do ciclista e em certos casos poderá causar a perda de controle da bicicleta.

As instalações mais recentes de ciclovias demonstram uma maior consideração de qualidade, tanto de pista quanto de informação e segurança. O gabarito é tal que

várias faixas de velocidade e competência poderão circular simultaneamente nas ciclovias sem grandes impedimentos ou perigos. Porém, há uma carência de espaço para ciclistas fora da circulação geral, como por exemplo, lugares para fazer paradas e para crianças e aprendizes.

4.5.3 Eficiência

A decisão de instalar apenas ciclovias exclusivas faz com que uma instalação exija um espaço relativamente grande. Isto, talvez, aumente os custos por metro linear, e como tal, limitará maiores intervenções.

4.5.4 Economia

Por sua vez, no entanto, os dois trechos principais de ciclovias foram instalados como parte dos projetos da Avenida Beira-Mar Norte e da Vias Expressa Sul, e desta maneira sua instalação aproveitou-se de uma economia maior. A legislação que exige futuras instalações feitas junto com obras, também, terá esta vantagem, simultaneamente com outras intervenções de maior envergadura.

4.5.5 Sustentabilidade

A promoção de ciclismo e de atividades físicas está de acordo com uma mentalidade sustentável. A dificuldade de uso da bicicleta como meio de circulação enfatiza, porém, uma dependência ao carro.

4.5.6 Sensibilidade

Todos os trechos de ciclovia no centro de Florianópolis aproveitam bem de espaços que poderiam estar, de outra maneira, sem uma utilização tão produtiva. No caso dos trechos maiores (ver **figura 30**, p.114, trechos i e ii), estes locais no perímetro da área urbana, entre avenida e praia ou entre avenida e manguezal, seriam difíceis para serem usados para outra função. Os dois trechos curtos (ver **figura 30**, p.114, trechos iii e iv) demonstram também, a possibilidade de aproveitamento de espaços que poderiam ser facilmente abandonados, mas com planejamento estão

resgatados para uso benéfico. A ocupação destes espaços pelas ciclovias, portanto, é um uso apropriado por trazer benefícios ao local.

4.5.7 Impacto

Em termos de harmonia, a ciclovia, por natureza, não tem um impacto forte. Poderá, entretanto, ser muito mais integrada na malha urbana existente sem ter um grande impacto negativo, o efeito benéfico sendo de maior significância.

4.5.8 Estilo

Não há atualmente um estilo bem característico para as ciclovias, mas os projetos e experiências instaladas no primeiro semestre de 2006 utilizam um padrão de asfalto vermelho (**figura 40**) e sinalização colorida (**figura 41**)



Figura 40: O padrão de asfalto e sinalização oferece um visual distinto para as ciclovias (acervo do autor)

Os bicicletários (**figura 42**), paraciclos e passarelas (**figura 43**) são fabricações tubulares metálicas, e são em geral treliçadas soldadas ou modeladas com prensas mecânicas. Estas técnicas lembram a forma de construção do quadro da bicicleta, e considera-se um estilo apropriado.

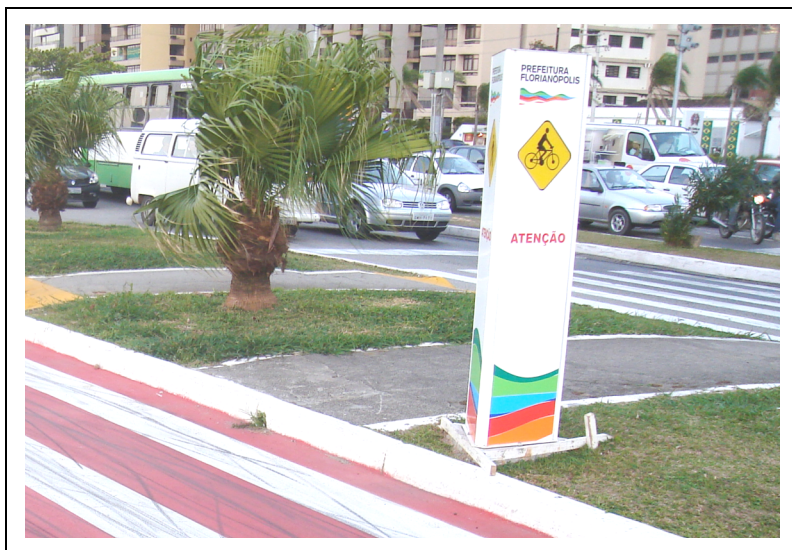


Figura 41: A sinalização cicloviária com um desenho efetivo e individual (acervo do autor)



Figura 42: A forma de construção do modelo para o bicicletário tem um telhado de vão livre em estrutura metálica treliçada (acervo do autor)



Figura 43: As passarelas são estruturas metálicas tubulares treliçadas (acervo do autor)

4.6 Futuros Projetos para as Ciclovias em Florianópolis

As ciclovias ocupam espaços que em outros contextos não seriam aproveitados ao nível que esta função permite. O impacto visual é baixo e a construção dos trechos maiores junto com as avenidas traz economias na sua construção. O trecho mais central, na Avenida Hercílio Luz, exemplifica, porém, a despesa adicional necessária para obras inseridas na infra-estrutura existente.

No primeiro semestre de 2006, houve novas implantações, introduzindo uma padronização de asfalto avermelhado e a primeira ciclovia inserida numa rua tradicional no centro da cidade. Há intenções também de desenvolver o uso da ciclofaixa, uma via compartilhada com o trânsito em que a separação é proporcionada por meio de sinalização horizontal ou barreiras intervaladas. Tendo mais opções oferece as ferramentas necessárias para a produção de projetos mais diversificados, que serão necessários na criação de um sistema cicloviário realmente conectado e integrado na malha urbana e mais econômico na sua implementação.

A integração das ciclovias foi identificada como inadequada e a maior barreira à sua popularização e sua utilização para usos além de lazer. Mas, a geografia do centro de Florianópolis e a malha viária dominante em forma ortogonal dificultam a implantação de ciclovias, e um projeto que tenha como objetivo uma maior integração será bastante complexo em comparação aos projetos antecedentes.

Os órgãos públicos e do terceiro setor que estão ativos em Florianópolis demonstram uma consciência adequada do valor de diversidade em transportes. As soluções propostas, porém, são de repertório limitado, que tem o efeito de aumentar custos e conseqüências de tais intervenções, e talvez seja uma barreira a maiores realizações.

A promoção do uso da bicicleta para trazer mais ciclistas às ruas deverá resolver algumas questões. Uma demanda maior talvez justifique mais investimento financeiro, e a presença de ciclistas em quantidades crescentes levará a uma interação mais freqüente e moderada com outros usuários.

A legislação em vigor no Município demonstra uma vontade política de se posicionar a favor de uma mobilidade urbana mais diversificada, e compreende o papel da bicicleta neste objetivo. Medidas para obrigar os órgãos públicos e o setor privado a implantar elementos cicloviários são positivas, porém, a questão de conectividade não ganha uma atenção especial. Desenvolvimento seguindo esta legislação poderá resultar em uma integração parcial devido à natureza isolada das exigências destes instrumentos.

O espaço público é multifuncional e compartilhado por todos. O programa para acessibilidade urbana universal (BRASIL, 2005a) e o Anteprojeto de Lei da Política de Mobilidade Urbana (BRASIL, 2005b) colocam uma ênfase maior voltada ao aspecto de inclusão social e funcional que poderá iniciar uma utilização urbana mais igualitária, e permitir mais freqüentes e mais seguras interações entre os diversos meios de circulação. Acesso aos recursos que a cidade oferece é um direito universal e as ferramentas de projeto e orientação estratégica que estes documentos abordam promete transformar esta finalidade em realidade.

Segue-se o quadro 8, que sintetiza as avaliações das ciclovias à luz da Teoria da Complexidade e em termos de arquitetura melhor-sucedida.

Quadro 8: AVALIAÇÃO DAS CICLOVIAS EM FLORIANÓPOLIS À LUZ DA TEORIA DA COMPLEXIDADE						
ITEM	ELEMENTO AVALIADO	ELEMENTO DA COMPLEXIDADE	AVALIAÇÃO À LUZ DA TEORIA DA COMPLEXIDADE	SUCESSO (1 a 3)		
I Elementos Físicos						
I – 1 Distância	Terreno plano	Entropia	As cicloviias procuram seguir as curvas de nível, economizando o esforço do ciclista e facilitando o passeio de bicicleta. Entretanto, as rampas das passarelas interrompem este padrão. Muitos ciclistas não conseguem subir este gradiente pedalando e são obrigados a empurrar a bicicleta sobre estes trechos curtos. Os rebaixamentos do meio-fio executados nos locais das passarelas em setembro de 2006 ajudam, pois o ciclista pode começar a subida já com momento.		2	
	Atalhos	Sistema Fechado	A principal extensão de ciclovia segue uma rota que faz um contorno do perímetro do centro, afastada do restante da malha urbana. Barreiras físicas impedem a maior integração.	1		
I – 2 Bicicletários & Paraciclos	Localizados em terminais de ônibus	Conectividade	Lugares para estacionamento de bicicletas são localizados próximos aos terminais de ônibus. Isto aumenta a conectividade entre sistemas de circulação, porém, apenas nos terminais.		2	
	Localizados apenas próximos aos pontos de treino	Conectividade	Os paraciclos do trecho de ciclovia da Beira-Mar Norte oferecem interação entre o sistema de circulação e uma possível destinação voltada ao uso como lazer. Entretanto, o paraciclo adjacente a um ponto isolado não desenvolve maior integração com outros destinos na malha urbana.		2	

Quadro 8: AVALIAÇÃO DAS CICLOVIAS EM FLORIANÓPOLIS À LUZ DA TEORIA DA COMPLEXIDADE						
ITEM	ELEMENTO AVALIADO	ELEMENTO DA COMPLEXIDADE	AVALIAÇÃO À LUZ DA TEORIA DA COMPLEXIDADE	SUCESO (1 a 3)		
I – 3 Locomoção	Limitado a ciclovias exclusivas	Hierarquia Escala	A ciclovia é uma intervenção espaçosa comparada com outros tipos de espaços destinados aos ciclistas. Entre o nada e o tudo não há muitos níveis hierárquicos. Estes outros níveis da hierarquia, como os diversos tipos de ciclofaixa e vias compartilhadas, não aparecem em Florianópolis.	1		
	O uso do sistema viário	Entropia	A largura da faixa deverá ser suficiente para a ultrapassagem sem perigo. O gabarito de ruas no centro é variável. Quando não há espaço suficiente, o acostamento deve oferecer uma superfície adequada. Em muitos casos as rodovias apresentam carências neste detalhe.		2	
I – 4 Preferência	Não há instalação que dê preferência para a circulação de ciclistas	Sistema complexo	A circulação cicloviária é obrigada a ceder tanto ao pedestre quanto ao automóvel. O ciclista que utiliza outras redes de circulação tem as mesmas obrigações. Mono-função de infraestrutura e a presença de barreiras ao fluxo cicloviário limitam o desenvolvimento de maior complexidade.	1		
I – 5 Integração	Bicicletários localizados em terminais de ônibus	Conectividade, Bifurcação, Interação, Realimentação	A situação de bicicletários nestes locais permite uma só conexão de ciclismo com o sistema de transporte coletivo em cada viagem. A ausência de facilidades para a continuação da viagem de bicicleta após uma baldeação não permite um alcance maior nem uma ligação à rede cicloviária.		2	
	Ciclovias isoladas de outras redes de circulação (viária ou cicloviária)	Conectividade	As ciclovias estão separadas do centro da cidade por uma avenida de alta velocidade que consta como barreira. Há poucas conexões às áreas residenciais de outros bairros através de faixas de pedestre, passarelas e à UFSC através de um túnel.	1		

Quadro 8: AVALIAÇÃO DAS CICLOVIAS EM FLORIANÓPOLIS À LUZ DA TEORIA DA COMPLEXIDADE						
ITEM	ELEMENTO AVALIADO	ELEMENTO DA COMPLEXIDADE	AVALIAÇÃO À LUZ DA TEORIA DA COMPLEXIDADE	SUCESSO (1 a 3)		
I – 5 Integração cont...	Extensão total, alcance	Adaptabilidade, Evolução	Quando as ciclovias são extensas e com uma conectividade significativa a oportunidade para diversos usos e percursos aumenta, assim criando um sistema complexo. As ciclovias em Florianópolis se encontram atualmente como um sistema fechado, principalmente adjacente ao centro, e não manifestam os sinais externos da complexidade.	1		
	Múltiplos destinos	Conectividade	As conexões com outros elementos da cidade não são muito bem desenvolvidas, limitando a diversidade de usos e usuários.	1		
	Múltiplas opções de caminho	Adaptabilidade, Evolução	Um sistema complexo de circulação terá possíveis percursos alternativos, facilitando a adaptabilidade às necessidades dos usuários e a influencia de fatores externos. Não há esta possibilidade em Florianópolis sem voltar à rede viária.	1		
I – 6 Segurança	Preferência aos carros	Hierarquia	Em Florianópolis, o carro desfruta de preferências de circulação com apenas poucas exceções no centro da cidade. Nestes locais o pedestre tem preferência. Estacionamento é fornecido com a mesma hierarquia de preferência.	1		
	Treinamento dos motoristas	Realimentação	O programa de treinamento proposto pelo Município apresenta uma transferência de informação e uma interação entre motoristas, ciclistas e pedestres. Quando mais de um grupo recebe esta informação o fluxo de informação é bi-direcional, facilitando o processo de interação.		2	

Quadro 8: AVALIAÇÃO DAS CICLOVIAS EM FLORIANÓPOLIS À LUZ DA TEORIA DA COMPLEXIDADE						
ITEM	ELEMENTO AVALIADO	ELEMENTO DA COMPLEXIDADE	AVALIAÇÃO À LUZ DA TEORIA DA COMPLEXIDADE	SUCESO (1 a 3)		
I – 6 Segurança cont...	Visibilidade	Realimentação	Iluminação pública e geometria das vias deve oferecer visibilidade bi-direcional entre motorista, ciclistas e pedestres. As cicloviias são iluminadas, entretanto, o nível de iluminação viária é voltado aos veículos. A escala de espaçamento entre postes é grande para veículos mais lentos e a visibilidade depende dos faróis potentes da maioria dos veículos. O posicionamento de postes próximo ao meio fio é uma obstrução à visibilidade dos usuários.		2	
I – 7 Sinalização	Informação para os pedestres e não para os motoristas	Realimentação	No único ponto de travessia de ciclovia em nível com veículos, na Avenida Hercílio Luz, estes últimos não são avisados da passagem da ciclovia. A sinalização de advertência neste local entre pedestres e ciclistas consta como adequado.		2	
	Cor e Textura	Complexidade	A coloração avermelhada do asfalto na experiência de uma travessia controlada da Avenida Beira-Mar Norte indica a proximidade de perigo, assim como o asfalto do trecho de ciclovia na Avenida Hercílio Luz. Entretanto, pedestres foram observados caminhando sobre esta ciclovia, colocando em dúvida a adequação de informação.			3
	Para melhorar segurança	Auto-organização Hierarquia Entropia	A experiência implementada no trecho de ciclovia da Avenida Beira Mar Norte salienta o perigo da interação de pedestres com ciclistas resultando em um controle natural, entretanto, a visibilidade entre pedestres aproximando-se ao cruzamento e ciclistas passando poderia ser melhorada. A hierarquia “bottom-up” dá preferência aos pedestres e desperdiça mais energia cinética em fazer os ciclistas pararem, mas uma avaliação de risco e das conseqüências de um acidente justifica a preferência adotada.			3

Quadro 8: AVALIAÇÃO DAS CICLOVIAS EM FLORIANÓPOLIS À LUZ DA TEORIA DA COMPLEXIDADE						
ITEM	ELEMENTO AVALIADO	ELEMENTO DA COMPLEXIDADE	AVALIAÇÃO À LUZ DA TEORIA DA COMPLEXIDADE	SUCESO (1 a 3)		
II Elementos Políticos/Legislativos						
II - 1 Sobre instalações	Promove lugares para estacionar bicicletas	Conectividade	Prédios públicos e comerciais terão lugares para estacionamento de bicicletas. A localização de tais facilidades perto de possíveis terminos de viagens facilita uma conectividade “porta à porta”, apenas para as viagens feitas exclusivamente de bicicleta.			3
	Exige ciclofaixas em vias novas	Complexidade	A possibilidade da construção de trechos extensos ampliando a rede cicloviária torna uma real possibilidade o desenvolvimento de um sistema complexo.			3
	Exige infraestrutura cicloviária em construções novas	Auto-organização	A exigência de construção de trechos curtos de ciclovia, em escala de um quarteirão (ver figura 36) seria apropriada para a circulação de pedestres, porém, a velocidade da bicicleta é 4 vezes a do pedestre e sua energia cinética proporcional à velocidade quadrada (v^2). Isto implica que a escala mínima de ciclovia deverá ser até 16 vezes maior para fazer uma contribuição positiva ao desenvolvimento de um sistema complexo.		2	
II - 2 Redução do uso do carro	Controle de cobrança para uso de bicicletários	Entropia	O incentivo de influenciar o custo do sistema cicloviário reduz a diferença entre este e outros meios de transporte em termos financeiros. Equivalência entre sistemas deverá quantificar todos os custos e benefícios envolvidos em cada modo de transporte.			3
	Anteprojeto de Lei Federal	Hierarquia “bottom-up”	A concepção de acesso universal ainda enfrenta dificuldades na sua execução, entretanto, há instrumentos legislativos que incluem considerações desta natureza. A evolução do ambiente urbano levará um certo tempo para sua implementação efetiva.			3

Quadro 8: AVALIAÇÃO DAS CICLOVIAS EM FLORIANÓPOLIS À LUZ DA TEORIA DA COMPLEXIDADE						
ITEM	ELEMENTO AVALIADO	ELEMENTO DA COMPLEXIDADE	AVALIAÇÃO À LUZ DA TEORIA DA COMPLEXIDADE	SUCESO (1 a 3)		
III Elementos Ambientais/Ecológicos						
III – 1 Poluição	Anteprojeto de Lei	de Evolução	A lei considera a importância da qualidade de vida urbana e desenvolvimento sustentável.			3
III - 2 Energia & Congestionamento	Sistema integrado de transporte coletivo	de Conectividade Hierarquia	O sistema promove uma integração entre os terminais para melhorar a eficiência da circulação de ônibus. Na realidade isto é uma hierarquia “ <i>top-down</i> ” que considera a eficiência de elementos maiores antes da consideração dos menores.	1		
IV Princípios de Planejamento e Projeto						
IV – 1 Segurança	Ciclovias	Hierarquia e escala	As ciclovias são os espaços mais seguros para circulação de bicicletas, entretanto, há várias outras maneiras de providenciar um espaço compartilhado que ocuparia um espaço menor. As ciclovias em Florianópolis manifestam um controle total de interações que dificulta a integração, criando sistemas fechados e não dissipativos, ou seja, sistemas isolados e parados.		2	
	Qualidade de asfalto	de Entropia	A parte do asfalto usado pelo ciclista deverá ser apropriado para seu uso com segurança. Buracos e desníveis comprometem esta segurança e colocam restrições sobre a circulação eficiente de bicicletas. Não há atenção apropriada a este detalhe em Florianópolis.		2	

Quadro 8: AVALIAÇÃO DAS CICLOVIAS EM FLORIANÓPOLIS À LUZ DA TEORIA DA COMPLEXIDADE						
ITEM	ELEMENTO AVALIADO	ELEMENTO DA COMPLEXIDADE	AVALIAÇÃO À LUZ DA TEORIA DA COMPLEXIDADE	SUCESO (1 a 3)		
IV - 1 Segurança cont...	Sinalização para melhorar comunicação	Realimentação, Auto-organização	A comunicação de informação entre sistemas complexos de circulação ajuda o conjunto de diversos sistemas a funcionar com maior fluidez, economizando energia e, portanto, estimulando a auto-organização. Sinalização ativa como o semáforo rompe esta fluidez.		2	
IV - 2 Continuidade	Ciclovias propostas para conectar trechos existentes	Conectividade	Em um sistema essencialmente isolado como o das ciclovias em Florianópolis, conexões sempre aumentarão a integração do sistema. Neste caso, ampliações propostas às ciclovias contribuirão novas conexões entre os sistemas isolados de ciclovia e os outros sistemas de circulação.		2	
	Conexão com outros sistemas	Complexidade, Bifurcação	A construção de bicicletários nos terminais de ônibus integrará o sistema de transporte coletivo com a origem das viagens dos passageiros. Em Florianópolis, devido à carência de outras medidas de ligação entre sistemas de transporte, não há maior integração ao destino. O enfoque centralizado e mono-funcional dos terminais e o isolamento da maior parte da rede cicloviário são fatores contribuintes a este estado.	1		
IV - 3 Facilidade	Isolado demais do	Conectividade Entropia	O trecho de ciclovia da Avenida Beira-Mar Norte traça o contorno do centro de Florianópolis. A oportunidade para conectar com o centro está reduzida pelo caminho e limitado pela dificuldade em atravessar a avenida. O tempo de viagem aumenta e a inconveniência é considerável para o ciclista tentando se deslocar entre dois sistemas separados. No trecho Beira-Mar Sul há três passarelas, várias faixas de pedestres e uma passagem sob o viaduto ao longo dos seus 5km.		2	

Quadro 8: AVALIAÇÃO DAS CICLOVIAS EM FLORIANÓPOLIS À LUZ DA TEORIA DA COMPLEXIDADE						
ITEM	ELEMENTO AVALIADO	ELEMENTO DA COMPLEXIDADE	AVALIAÇÃO À LUZ DA TEORIA DA COMPLEXIDADE	SUCESO (1 a 3)		
IV - 3 Facilidade cont...	Caminho direto	Entropia	O caminho mais direto e, portanto, mais econômico não é sempre o caminho de menor distância. O planejamento de Florianópolis considera a eficiência de fluxo de veículos e pedestres, mas não considera o mesmo para os ciclistas.	1		
	Conforto sentido no ambiente – informação	Realimentação	As ciclovias oferecem uma legibilidade em geral que possibilita fácil uso pelo ciclista. As entradas ao túnel próximo à UFSC são exceções, demonstrando uma falta de informação para orientação ao usuário. Sinalização horizontal e vertical foram introduzidas no trecho da Avenida Hercílio Luz, informando o ciclista do local de cruzamento. No trecho Beira-Mar Norte não há medidas deste tipo. No trecho da Beira-Mar Sul, os encontros da ciclovia com os caminhos veiculares são bloqueados por balizamentos em concreto, que servem também para alertar os usuários à travessia.	1		
	Conforto em uso – asfalto	Entropia	O asfalto avermelhado novo usado em dois locais oferece excelentes condições para o ciclista. Asfalto degradado em outros locais contribui ao desconforto do ciclista e em certos casos ao risco de acidentes.	1		
IV - 4 Padronização	Experiência de Cruzamento	Realimentação	A instalação experimental de cruzamento de pedestres na ciclovia Beira-mar Norte utilizou o asfalto vermelho para advertência. O trecho de ciclovia na Avenida Hercílio Luz é a mesma cor sobre toda sua extensão. Esta padronização facilita distinguir entre calçada e ciclovia.		2	
	Dimensões de vias	Entropia	A gabarito das ciclovias (2,7m) permite a passagem de bicicletas de diversas velocidades em ambas direções.			3

Quadro 8: AVALIAÇÃO DAS CICLOVIAS EM FLORIANÓPOLIS À LUZ DA TEORIA DA COMPLEXIDADE						
ITEM	ELEMENTO AVALIADO	ELEMENTO DA COMPLEXIDADE	AVALIAÇÃO À LUZ DA TEORIA DA COMPLEXIDADE	SUCESSO (1 a 3)		
IV – 5 Diversidade	Multiplicidade de elementos físicos, usos e tipos de usuários	Complexidade	Uma seleção de elementos disponíveis ao projetista resultaria em maior criatividade de projeto, e maior diversidade de intervenção.		2	
V Elementos Sociais/Econômicos						
V – 1 Ativismo & Promoção	Viaciclo	Complexidade	Promove o uso da bicicleta, que estimula um sistema de circulação com mais opções e maior complexidade. A bicicleta é uma boa forma de exercício e uma oportunidade para liberdade e integração para setores da população sem recursos financeiros ou a maturidade para usar outros meios de transporte com independência.			3
V - 2 Cultura	Bicicleta para uso como Lazer	Sistema Fechado	O pensamento sobre a bicicleta apenas como lazer dirige o desenvolvimento de toda a infra-estrutura cicloviária. O mono-uso das ciclovias e falta de integração aos outros elementos urbanos são sintomas deste modo de pensar sobre a bicicleta.	1		
	Privilegia o Carro	Sistema Fechado	O planejamento urbano e a cultura em Florianópolis são voltados ao uso do carro particular. Isto resulta em poucas opções de locomoção e uma hierarquia com poucos níveis de escala. Isto limita outras possibilidades de crescimento e restringe a diversidade e a complexidade que resultaria da formação de uma estrutura mais complexa. Assim, a eficiência do sistema em geral é comprometida. Gastos energéticos serão maiores com um sistema deste tipo.	1		

Quadro 8: AVALIAÇÃO DAS CICLOVIAS EM FLORIANÓPOLIS À LUZ DA TEORIA DA COMPLEXIDADE						
ITEM	ELEMENTO AVALIADO	ELEMENTO DA COMPLEXIDADE	AVALIAÇÃO À LUZ DA TEORIA DA COMPLEXIDADE	SUCESO (1 a 3)		
V – 3 Superioridade da Bicicleta	O uso da bicicleta por pessoas de baixa renda	Entropia	Em termos do custo total de vida a adoção da bicicleta por este setor da população demonstra sua superioridade econômica. A bicicleta ocupa pouco espaço e em certas situações compete com outros meios de transporte em rapidez.		2	
V – 4 Saúde Pública	Pesquisa sobre rotas seguras para escolas	Entropia	Crianças criadas em um ambiente que estimula exercício físico crescerão com saúde melhor, economizando dinheiro em tratamentos de saúde. A viagem para a escola feita de bicicleta reduz o uso do carro e o consumo de energia, recursos naturais e tempo.			3

Capítulo 5: CONCLUSÕES & FUTURAS PESQUISAS

5.1 A Tradução da Teoria da Complexidade

Idéias usadas em uma determinada área do conhecimento são apresentadas em uma maneira que utiliza técnicas de representação e linguagem que são particulares, desenvolvidos ao longo da história. Para transferir este conhecimento específico para um outro contexto faz-se necessária uma tradução. Como a Teoria da Complexidade teve suas origens nas ciências exatas, um estudo histórico foi empregado para identificar as principais idéias que contribuíram para a sua formação. Aproveitamos de dois atributos da Teoria levantados neste estudo que auxiliaram esta tradução para o contexto de Arquitetura e Urbanismo: a descrição em partes e a abordagem qualitativa.

Com o enfoque sistêmico, dividimos a Teoria em elementos estruturais e manifestações externas, permitindo um tratamento das partes da Teoria em isolamento, para posteriormente tornar a atenção aos comportamentos típicos do sistema complexo.

Apesar do uso habitual pelas ciências exatas de uma matemática avançada, a Teoria da Complexidade foi descrita em termos qualitativos, tais como os conceitos da observação de padrões de comportamento, a geometria descritiva e os princípios da estatística. Foi dada uma ênfase maior nestas abordagens para auxiliar a tradução dos conceitos teóricos da complexidade para uma área que em geral não emprega a matemática pura.

5.2 A Complexidade do Ambiente Construído

Conforme certas hipóteses, os fenômenos naturais manifestam-se em um ambiente complexo e o reducionismo promovido pela ciência moderna a partir da Renascença simplificava ou até ocultava as interações com o entorno. Este método foi introduzido mais recentemente em Arquitetura e Urbanismo como o Movimento Moderno durante um período em que as ciências procuravam reconhecer e explicar

a complexidade presente. Em meados do século XX identificamos o advento de uma reavaliação dos métodos de projetar promovidos pelo Movimento Moderno e a linha científica da complexidade começa a ser observada.

Esta investigação concluiu que as partes da Teoria da Complexidade estão presentes na Arquitetura e Urbanismo, e uma compreensão do agrupamento destas partes poderá oferecer uma linguagem diferente para entender e juntar várias teorias e práticas distintas.

Da seleção de teorias estudadas no **capítulo 3** foi observada uma ênfase nos elementos estruturais e poucos exemplos de teorias que incluíam as manifestações externas da complexidade. Estes últimos começam com Jacobs (2003) em 1961, com sua menção à complexidade auto-organizada. A próxima referência da nossa seleção que menciona as manifestações externas da complexidade foi Batty e Torrens (2001) no final do século XX.

5.3 Projetando com Complexidade

A Teoria da Complexidade implica, segundo Morin e Le Moigne (2004), em um conhecimento mais abrangente do que o limitado pela disciplinaridade. Para levar em consideração as influências externas a um sistema existe a necessidade de ter conhecimento sobre as disciplinas não apenas confrontantes, que podem ser classificados como um alargamento do mesmo sistema, mas há também um imperativo conceitual que deverá avaliar outros sistemas, dos quais a área de estudo pode ser apenas um elemento ou então um agrupamento. Boulding (1956) salientou o desafio em sua classificação genérica dos sistemas (ver **quadro 4**, p.43).

O projeto em Arquitetura e Urbanismo é um processo, e historicamente foi uma atividade dirigida e executada pelo arquiteto. A educação do arquiteto foi estruturada para incluir conhecimento das disciplinas confrontantes com a obra sendo projetada. No início do século XXI reconhecemos, diante das exigências econômicas, sociais e técnicas enfrentadas hoje em projetos e obras, que esta soberania do arquiteto precisa ser integrada com o papel de vários especialistas de outras áreas. Entretanto, um modelo linear para o processo projetual não oferece tantas

vantagens. No contexto de obras públicas, a maneira em que o cliente passava suas delimitações ao arquiteto que então projetava para posterior detalhamento, construção e ocupação, revelou falhas de conhecimento em vários pontos ao longo do processo. Uma nova estrutura da fase de projeto foi sugerida, porque o projeto define as etapas seguintes e seu custo é uma proporção menor do que uma intervenção não planejada ou durante uma fase posterior (ver **quadro 1**, p.13). A abordagem da complexidade auxilia na consideração desta nova estrutura, e introduz, desde o começo, uma maior diversidade de variáveis a serem compreendidas.

Uma mudança para um processo projetual menos delimitado, consequência da presença de muitos participantes oferece uma base que justifica a inclusão do público no processo de planejamento. Isto está presente na legislação para o Plano Diretor Participativo no Brasil.

Uma abordagem do projeto de arquitetura como um fenômeno dinâmico e complexo também terá um impacto na definição do projeto. O projeto não acontece em isolamento do entorno nem num contexto espacial nem temporal, portanto, em projetar será necessário identificar as variáveis correlacionadas ao recorte do projeto provenientes de outros sistemas espaciais e temporais.

Uma outra consequência do nosso levantamento histórico das ciências salienta uma dificuldade em distinguir entre os paradigmas válidos e os inválidos. As ciências aplicadas utilizam abordagens teóricas antigas como a mecânica newtoniana porque as variáveis não consideradas pela teoria são de ínfima influência. Concluímos, com Stengers (2004), que cada caso de projeto será único e uma abordagem teórica deverá ser criada apropriadamente para cada situação. Este conjunto teórico abrangente ajuda a aprofundar as teorias existentes e ver semelhanças entre teorias, naturalmente avançando o conhecimento.

Concluímos que o método de projetar em si é um processo em evolução, um fato de acordo com as observações da contínua revisão e modificação da literatura sobre o tema.

5.4 Economias de Projeto

Uma propriedade dos sistemas complexos é a capacidade de se organizar sem precisar de uma forma centralizada de controle. O sistema complexo utiliza o fluxo de matéria ou energia para promover um comportamento estável, mesmo partindo de um estado caótico ou então reagindo às interferências externas que tentam destruir uma estabilidade já presente.

Estes atributos poderão ser aproveitados pelo processo de projeto. A delimitação do projeto para intervir num sistema complexo não precisa levar à conclusão todos os seus objetivos. O próprio sistema poderá fazer isto a partir de um ponto, ao menos que a intervenção feita não fosse destruidora à complexidade do ambiente. Salingaros (1998) demonstra a possibilidade de como uma intervenção pode ser limitada apenas à geração ou reabilitação desta complexidade e a teia urbana auto-geradora proporciona um ambiente construído melhor-sucedido. Talvez isto ofereça um contraponto aos custos acumulados pela concentração de especialistas desde o início do projeto como foi mencionado no **item 5.3**.

5.5 Possibilidade de uma Arquitetura Melhor-Sucedida

O sistema complexo auto-organizado comporta-se em um padrão constante apesar de ser dinâmico. O padrão adotado é uma condição benéfica para o sistema porque o sistema continua neste comportamento sem sofrer danos, mudanças ou degradação, ou seja, o sistema é autopoietico (SCHUMACHER, 2002).

Para o projetista, um dos objetivos principais muitas vezes, não todas, é como planejar uma obra que acomode a maior parte das exigências do programa que são naturalmente muito diversificadas. Nossa definição de uma arquitetura melhor-sucedida é uma que alcança este objetivo e conseqüentemente concluímos que há semelhanças abstratas entre o sistema complexo auto-organizado e o ambiente construído que poderão suportar um mapeamento direto entre o atrator e o sucesso.

Se projetarmos a criação deste sistema estável, então, poderemos estar projetando uma arquitetura melhor-sucedida.

5.6 Trazendo Criatividade para o Projeto

Os atributos dos sistemas complexos, controle descentralizado e a estabilidade espontânea, oferecem uma tolerância às influências externas e a emergência de propriedades surpreendentes. O resultado, no contexto de arquitetura poderá ser compreendido como uma criatividade que surge independentemente do projetista e que evolui da mesma maneira, reagindo às exigências dos usuários, mas mantendo um estado bem-sucedido sem precisar de intervenção do projetista.

5.7 A Experiência das Ciclovias

Nossa investigação demonstra como a rede de ciclovias de Florianópolis é um objeto apropriado para uma avaliação sistêmica da função de circulação. A abordagem da conectividade de um sistema complexo permitiu uma discussão em termos da integração das ciclovias na malha urbana enquanto uma analogia foi aproveitada entre considerações energéticas de sistemas dinâmicos e a circulação dos usuários. O conceito do fluxo de informação em sistemas proporcionou conclusões sobre a eficiência das relações entre os diferentes usuários e identificou possibilidades na avaliação destas interações.

A relação entre as ciclovias e as outras funções de circulação da cidade foi avaliada com uma visão da estrutura hierárquica de um sistema complexo possibilitando definição de futuras intervenções necessárias para melhorar a função.

No contexto deste estudo, porém, a limitação intrínseca de tratar apenas o ponto de vista ciclovitário tenha talvez algum conflito implícito com uma compreensão sistêmica. A principal feição do objeto de estudo é a função de circulação, um fato que foi destacado em nossa avaliação, limitando uma avaliação mais completa de outros aspectos arquitetônicos.

5.8 Pesquisas Futuras

5.8.1 Aplicações da Teoria da Complexidade

A abordagem deste estudo deu ênfase em aspectos qualitativos da Teoria. Maiores aplicações poderão existir com uma abordagem de técnicas matemáticas como a mecânica estatística. Esta técnica, originalmente usada na termodinâmica, utiliza um conhecimento sobre os elementos básicos para prever o comportamento emergente do sistema. Em Arquitetura e Urbanismo a possibilidade existe de poder criar um ambiente teórico e prever quantitativamente como isto vai funcionar: como os usuários vão se deslocar pelo ambiente e utilizar e modificar o espaço. Esta capacidade poderá oferecer maiores garantias para a realização de uma arquitetura melhor-sucedida. Entretanto, o acompanhamento das fases de projeto, construção e ocupação, providenciará dados experimentais de maior confiança.

Um das limitações deste estudo em apreciar as manifestações externas de sistemas complexos foram observadas. Como um estudo desta natureza oferece apenas um momento de avaliação, as conseqüências de intervenções não podiam ser abordadas diretamente sem montar investigações de campo de longo prazo. As sensibilidades de sistemas complexos às mudanças pequenas poderão ser mais bem investigadas, tanto no contexto da magnitude da mudança quanto dos múltiplos cenários futuros. O alcance de arquitetura melhor-sucedida poderá ser avaliado também.

5.8.2 Levantamentos Bibliográficos

A seleção de obras escolhida para análise nesta dissertação salientou uma lacuna a respeito da incidência de manifestações externas da Teoria da Complexidade em Arquitetura e Urbanismo. O estudo de outras, com certeza, encontrará mais material para comprovar uma ligação existente e demonstrar paralelos maiores. O feedback deste conhecimento poderá auxiliar a evolução da teoria e a prática de projetar.

5.8.3 A Teoria do Conhecimento

A consequência interdisciplinar desta pesquisa poderá trazer esclarecimento sobre o processo de divulgação e evolução do conhecimento humano.

5.8.4 Outras Áreas em Arquitetura

O estudo das ciclovias é um caso muito específico e especializado, como já foi identificado. A aplicação da complexidade em Arquitetura e Urbanismo poderá considerar outros ambientes e melhor pesquisar o aspecto estético. Objetos de estudo poderão ser os shoppings e estações de metrô, favelas, habitação não-planejada ou problemática e equipamentos urbanos. A aplicação abrangerá diversas escalas: a regional, urbana, arquitetônica e a escala detalhada e design.

5.8.5 Aplicações Interdisciplinares

A avaliação sistêmica poderá oferecer uma abordagem apropriada para campos diversos. Uma possibilidade será como modelo para avaliação do habitat selvagem voltada à gestão de recursos naturais, tanto animal quanto vegetal. A mesma aplicação poderá auxiliar planejamento urbano de áreas verdes e edificadas.

5.8.6 Novas Direções para as Ciclovias de Florianópolis

A avaliação das ciclovias em Florianópolis salientou o mono-uso, e a falta de integração. Esta abordagem poderá auxiliar no projeto de novas fases para esta rede de ciclovias.

Um possível ponto de partida poderá ser a justaposição do método de avaliação da paisagem com SIG voltado ao aproveitamento das encostas (AFONSO, 1999) para projetar ciclovias integradas à malha urbana e ao mesmo tempo adotadas pela população.

REFERÊNCIAS:

- ADAMS, HS; NIEUWENHUIJSEN, MJ; COLVILE, RN. **Assessment of Road Users' Elemental Carbon Personal Exposure Levels**, Atmospheric Environment, November 2002; v.36, n.34; pp.5335-5342 London, UK.
- AFONSO, S. **Idéia, Método e Linguagem: Considerações a respeito da própria experiência sobre o tema**. Síntese Revista de Arquitetura, Florianópolis, v. 2, p. 12-21, 1990.
- AFONSO, Sonia - **Urbanização de Encostas: Crises e Possibilidades. O Morro da Cruz como um Referencial de Projeto de Arquitetura da Paisagem**. São Paulo. FAUUSP. Tese de Doutorado. 1999.
- ALEXANDER, Christopher. **A City is not a Tree**: part 1, publicado em Architectural Forum, vol 122, no 1, April 1965, p. 58-62, (1965a) Disponível em: http://www.acturban.org/biennial/doc_planners/christopher_city_not_tree.htm Acesso em: 4 agosto 2005.
- ALEXANDER, Christopher. **A City is not a Tree**: part 2, publicado em Architectural Forum, vol 122, no 2, May 1965, p. 58-62, (1965b) Disponível em: <http://www.rudi.net/bookshelf/classics/city/alexander/alexander2.shtml> Acesso em: 4 agosto 2005.
- ALEXANDER, Christopher; ISHIKAWA, Sara; SILVERSTEIN; Murray. **A Pattern Language**, Oxford University Press. New York, 1977.
- ALVES-MAZZOTTI, A. J. e GEWANDSZNAJDER, F. **O Método nas Ciências Naturais e Sociais** – Pesquisa Quantitativa e Qualitativa, 2ª edição, Pioneira, São Paulo, 2000.
- AN CAPITAL. **Pedala Floripa**, reportagem por Ricardinho Machado, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, 7 agosto 2000. Disponível em: <http://www.an.com.br/ancapital/2000/ago/07/1ric.htm> Acesso em: 17 junho 2006.
- ARANTES, Otília. **O Lugar da Arquitetura depois dos Modernos**, Editora USP, São Paulo, 2000.
- ARENDT, Hannah. **A Condição Humana**, 5ª edição Forense Universitária, Rio de Janeiro, 1991 [originalmente publicado em 1958].
- ARIDA, Ayssar. **Quantum City**, Architectural Press, Oxford, UK, 2002
- ARTIGAS, João Batista Vilanova. **Caminhos da Arquitetura**, Cosac Naify, São Paulo, Brasil, 2004.
- ASHBY, W. Ross. **An Introduction to Cybernetics**, Chapman & Hall Ltd, London, 1957 [1ª edição 1956]
- ASHBY, W. Ross. **Design for a Brain**, Wiley, 1960.
- ASHBY, W. Ross. **Principles of the self-organizing system**: Transactions of the

University of Illinois Symposium, H. Von Foerster and G. W. Zopf, Jr. (eds.), Pergamon Press, London, UK, Páginas. 255-278, 1962, reproduzidos em *Emergence and Complexity*, Special Double Issue, Vol. 6, Nos. 1-2, pp. 102-126, 2004,

ASHIHARA, Yoshinobu. **El Diseño de Espacios Exteriores**, Gustavo Gili, SA, Barcelona, 1982.

AURELIO. **Dicionário Aurélio Básico da Língua Portuguesa**, Editora Nova Fronteira, 1ª edição, 1988.

AUSTRALIAN BICYCLE COUNCIL, **Good News Stories**, 2002, Disponível em: <http://www.abc.dotars.gov.au/news/gnsoc02.aspx#queensland> Acesso em: 9 junho 2006.

BACON, Edmund. **Design of Cities** - Revised Edition, Thames and Hudson, London, 1995, [first published 1964, segunda edição 1967].

BATTY, Michael & TORRENS, Paul M. **Modelling Complexity: The Limits to Prediction**, Centre for Advanced Spatial Analysis, working paper 36, University College London, 2001, Disponível em: <http://www.casa.ucl.ac.uk/paper36.pdf> Acesso em: 24 de julho de 2005.

BAUDRILLARD, Jean. **Truth or Radicality in Architecture**. In: *New architecture 5*, Andreas Papadakis ed., London, 2000 Disponível em: <http://www.newarchitecture.net/na5baudrillard.html> Acesso em: em 13 março 2004.

BBC News, **Driving the Argument Home**, 22 novembro 2005. Disponível em: <http://news.bbc.co.uk/1/hi/uk/4459056.stm> Acesso em: 6 dezembro 2005.

BENJAMIN, Walter. **The Work of Art in the Age of Mechanical Reproduction**, 1936, Disponível em: <http://www.marxists.org/reference/subject/philosophy/works/ge/benjamin.htm> Acesso em: 27 agosto 2004.

BERMAN, Marshall. **All That Is Solid Melts Into Air: The Experience of Modernity**, Verso Editions, London, UK, 1983.

BHRF (Bicycle Helmet Research Foundation). **Helmet use, safety and obesity**, 2003. Disponível em: <http://www.cyclehelmets.org/mf.html?1079> Acesso em: 10 junho 2006.

BLATT, Frank J. **Modern Physics**, McGraw-Hill International Editions, Singapore, 1992.

BOULDING K. E. **“General Systems Theory - The Skeleton of Science,”** *Management Science*, 2: p. 197-208, 1956. (Reproduzido em: *Emergence: Complexity and Organisation*, Special Double Issue Vol. 6 Nos. 1-2 p. 127-139, 2004.)

BOVILL, Carl. **Fractal Geometry in Architecture and Design**, Design Science Collection, Birkhauser, Boston, 1996.

BRASIL. **Lei nº 9.503**, O Código de Trânsito Brasileiro. Casa Civil, Brasília, 23 setembro 1997

BRASIL. **Resolução Número 13**, Ministério das Cidades, Brasília, 16 de junho de 2004 (2004 a). Disponível em: http://www.cidades.gov.br/planodiretorparticipativo/index.php?option=com_content&task=category§ionid=24&id=103&Itemid=153 Acesso em: 16 de julho de 2006.

BRASIL. **Resolução Número 15**, Ministério das Cidades, Brasília, 3 de setembro de 2004 (2004 b). Disponível em: http://www.cidades.gov.br/planodiretorparticipativo/index.php?option=com_content&task=category§ionid=24&id=103&Itemid=153 Acesso em: 16 de julho de 2006.

BRASIL. **Caderno 2: Construindo uma Cidade Acessível**, Ministério das Cidades, Brasília, 2005a. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/index.php?option=content&task=view&id=598&Itemid=0> Acessado em: 17 junho 2006.

BRASIL. **Anteprojeto de Lei da Política de Mobilidade Urbana**, Ministério das Cidades, Brasília, 2005b. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/index.php?option=content&task=view&id=781> Acessado em: 17 junho 2006.

BROWN, Lester R. **Eco-Economia: Construindo uma Economia para a Terra**, Universidade Livre da Mata Atlântica/Earth Policy Institute, Salvador, 2003.

BUCHANAN & CROWTHER, **Traffic in Towns, A Study of the Long Term Problems of Traffic in Urban Areas**, Her Britannic Majesty's Stationery Office, Londres, 1963, extratos referenciados em CHOAY, Françoise. *Urbanismo, Perspectiva*, Sao Paulo, 2003, p. 255-264.

BULEN, S. **Self Similarity: Theories, Musings and Observations**, 2001. Disponível em: <http://home.pacbell.net/bulens/SelfSimi.htm> Acesso em: 20 julho 2006.

CABE (Commission for Architecture and the Built Environment), **Better Public Buildings**, October 2000, Disponível em: http://www.cabe.org.uk/pdf/Better_Public_Building.pdf Acesso em: 18 julho 2005

CABE (Commission for Architecture and the Built Environment), **Design Review, Guidance on How CABE Evaluates Quality in Architecture and Urban Design**, March 2002, Disponível em: <http://www.cabe.org.uk/pdf/design%20review.pdf> Acesso em: 18 julho 2005

CABE (Commission for Architecture and the Built Environment), **Improving Standards of Design in the Procurement of Public Buildings**, October 2002, Disponível em: <http://www.cabe.org.uk/pdf/CABETOC.pdf> Acesso em: 18 julho 2005

CABE (Commission for Architecture and the Built Environment), **Paving The Way: How We Achieve Clean, Safe and Attractive Streets**, July 2002, Disponível em: <http://www.cabe.org.uk/pdf/Paving%20the%20way.pdf> Acesso em: 18 julho 2005

CABE (Commission for Architecture and the Built Environment), **Physical Capital:**

How Great Places Boost Public Value, June 2005, [Dr Geoff Mulgan, François Matarasso, Professor Ali Madanipour] Disponível em:
http://www.cabe.org.uk/data/pdfs/physical_capital.pdf Acesso em: 18 julho 2005

CABE (Commission for Architecture and the Built Environment), **The Value of Good Design**, November 2002, Disponível em: <http://www.cabe.org.uk/publications/> Acesso em: 10 julho 2005

CABE SPACE, **Parks and Squares: Who Cares?** January 2005, Disponível em:
http://www.cabe.org.uk/data/pdfs/Park%20and%20squares%20_final_web.pdf
 Acesso em: 18 julho 2005

CABE SPACE, **What Are We Scared Of? The Value of Risk in Designing Public Space**, February 2005, [Charles Landry, Dorothy Rowe, Iain Borden, John Adams] Disponível em: <http://www.cabe.org.uk/data/pdfs/risk.pdf> Acesso em: 18 julho 2005

CABE/NAO (Commission for Architecture and the Built Environment & National Audit Office), **Getting Value For Money From Construction Projects Through Design: How Auditors Can Help**, March 2004, Disponível em:
http://www.cabe.org.uk/data/pdfs/Value_For_Money.pdf Acesso em: 18 julho 2005

CÂMARA, Paulo, **Iniciativas Locais para Gestão de Transporte Sustentável: Os Cenários Brasileiro e Europeu**, Curso ministrado durante a Conferência ANPET, 2004

CÂMARA, Paulo, **Automóvel x bicicleta ... Quem chega primeiro?** Revista Transurbana, maio 2005, Midia & Ação Editora Ltda., Rio de Janeiro. Disponível em:
<http://www.transurbana.com/artigo.htm> Acesso em: 22 setembro 2005.

CÂMARA, P; LAMB R; & XAVIER G. **Emergency Services on Two Wheels – The UK and the Brazilian Experiences**, Anais da Conferência Velo Mundial, África do Sul, 2006.

CÂMARA, Paulo; MACEDO, Laura. **Restrição Veicular e Qualidade de Vida: O Pedágio Urbano em Londres e o 'Rodízio' em São Paulo**, anais da conferência ANPET, Florianópolis, 2004.

CAMPOMORI, Maurício J. L. **A transdisciplinaridade e o ensino de projeto de arquitetura**, maio de 2004. Disponível em:
<http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq000/esp234.asp> Acesso em: 17 junho 2004.

CAPO, D, **The Fractal Nature of the Architectural Orders**, Nexus Network Journal, Spring 2004 Disponível em: <http://www.nexusjournal.com/Capo.html> Acesso em: 27 janeiro 2006.

CAPRA, Fritjof. **A Teia da Vida**, Cultrix, São Paulo, 2003 [1ª edição em inglês 1996].

CHICAGO, City of, **Bike Lane Design Guide**, 2002. Disponível em:
<http://www.bicyclinginfo.org/de/bikelaneguide.htm> Acesso em: 6 junho 2006.

CHOAY, Françoise. **O Urbanismo: Utopias e Realidades; Uma Antologia**, [5a

edição, publicado originalmente em francês 1965] Perspectiva, São Paulo, 2003.

CIAM, (Congresso Internacional de Arquitetura Moderna). **Carta de Atenas**, Assembléia do CIAM, embarcação Patris II entre Marseille e Atenas, 1933, Disponível em: <http://www.iphan.gov.br/legislac/cartaspatrimoniais/atenas-33.htm> Acesso em: 24 outubro 2004.

CLARK, R; PAUSE M. **Arquitectura: Temas de Composición**, G. Gili, México, 1987.

COMISSÃO EUROPEIA. **Cidades para Bicicletas, Cidades de Futuro**, Serviço das Publicações Oficiais das Comunidades Europeias, Luxemburgo, 2000 Disponível em: http://europa.eu.int/comm/environment/cycling/cycling_pt.pdf Acesso em: 28 maio 2006.

COPENHAGEN, City Council, **Bicycle Account 2004**, Copenhagen, Dinamarca. Disponível em: www.vejpark.kk.dk/CityofCyclists Acesso em: 28 maio 2006.

COPENHAGEN, City Council, **Copenhagen: City of Cyclists**, Ace & Ace Productions, Dinamarca. Disponível em: <http://www.vejpark.kk.dk/byenstrafik/cyklernesby/uk/index.htm> Acesso em: 3 junho 2006. [Vídeo Multimídia]

CRITICAL MASS, **Cycling up Farringdon Road**, 2003, Disponível em: <http://www.urban75.org/photos/critical/crit52.html> Acesso em: 13 novembro 2006.

DARWIN, Charles. **The Origin of Species**, sixth edition, Project Gutenberg, 1999 Disponível em: <http://www.gutenberg.org/etext/1228> Acesso em: 23 maio 2005.

DARWIN, Charles. **The Ascent of Man**, Project Gutenberg, 2000 Disponível em: <http://www.gutenberg.org/etext/2300> Acesso em: 23 maio 2005.

DE LANDA, Manuel. **Deleuze & Neo-Aesthetics**, Conference at the Tate Modern Art Gallery, London, in the session about architecture, 21 September 2001, Disponível em: [rtsp://g2.btopenworld.com/tate/nature/manuel_delanda.rm](http://g2.btopenworld.com/tate/nature/manuel_delanda.rm) Acesso em: 14 junho 2004. [palestra baseada em artigo **Deleuze and Genetic Algorithm in Architecture** Disponível em: <http://boo.mi2.hr/~ognjen/tekst/delanda2001.html> Acesso em: 30 junho 2005.

DE LANDA, Manuel. **Markets, Anti-markets and Network Economics**, texto escrito em 1996, Disponível em: <http://www.cddc.vt.edu/host/delanda/pages/markets.htm> Acesso em: 30 junho 2005.

DESCARTES, R. **Discourse on Method**, Penguin, England, 1966.

DETR/CABE (Department for the Environment, Transport and the Regions & Commission for Architecture and the Built Environment), **By Design: Urban Design in the Planning System: Towards Better Practice**, May 2000, Disponível em: <http://www.cabe.org.uk/pdf/PublicationsByDesign.pdf> Acesso em: 18 julho 2005

DEVON COUNTY COUNCIL, **Traffic Management**, 2006. Disponível em: http://www.devon.gov.uk/index/transport/traffic/traffic_management/cycle_lane_road_

markings.htm Acesso em: 5 junho 2006

DFT (Department for Transport), **European Mobility Week and In Town Without My Car - 2004**, Governo Britânico, Disponível em:

http://www.dft.gov.uk/stellent/groups/dft_susttravel/documents/page/dft_susttravel_033449-02.hcsp Acesso em: 23 setembro 2005.

DFT (Department for Transport), **Focus on Personal Travel: 2005 edition**, Governo Britânico, 2005. Disponível em:

http://www.dft.gov.uk/stellent/groups/dft_transstats/documents/page/dft_transstats_037492.hcsp Acesso em: 14 julho 2006.

DIAMOND, G; PARKER, M. **Preliminary Air Quality Assessment Related to Traffic Congestion at Windsor's Ambassador Bridge**, Ministry of the Environment, Ontário, Canadá, 2004. Disponível em: www.ene.gov.on.ca/envision/techdocs/ Acesso em: 10 junho 2006.

EINSTEIN, Albert. **Relativity: The Special and General Theory**, Methuen & Co Ltd, Germany, 1916. Disponível em: <http://www.marxists.org> Acesso em: 1 maio 2005

EISENMAN, GRAVES, GWATHMEY, HELDUK, MEIER. **Cardboard Architecture**, Oxford University Press, New York, 1975. In: Jencks & Kropf. **Theories and Manifestos of Contemporary Architecture** in Architecture, Wiley Academy, England, 2003.

ELLIS G. F. R. **On the Nature of Emergent Reality**, em *The Re-emergence of Emergence*, ed P Clayton and P C W Davies, Oxford University Press, UK, 2005. Disponível em: <http://www.mth.uct.ac.za/~ellis/emerge.doc> Acesso em: 25 junho 2005

ENGELS, Friedrich. **The Conditions of the Working-Class in England**, Transcrito por Tim Delaney em 1998, Disponível em: <http://www.marxists.org> Acesso em: 19 maio 2005 [publicação original em alemão 1845].

FAHRRADBIBLIOTHEK (Biblioteca da bicicleta), **Informação sobre transporte de bicicleta por trem e ônibus em europa**, Dresden, Alemanha. Disponível em: <http://www.fahrradbibliothek.de/angebot/index.html> Acesso em: 6 dezembro 2005.

FLOORNATURE.COM. **Eiseman's House II Restored**, Disponível em: <http://www.floornature.com/worldaround/articolo.php/art147/1/en> Acesso em: 18 julho 2006

FRAMPTON, Kenneth. **Towards a Critical Regionalism: Six Points for an Architecture of Resistance** (1983), Em: Foster, Hal (Ed). *The Anti-Aesthetic: Essays on Postmodern Culture*, The New Press, New York, USA, 1998.

GEARHART, Jeff; POSSELT, Hans. **Toxic at Any Speed: Chemicals in Cars & the Need for Safe Alternatives**, Ecology Center, Minnesota, USA, 2006. Disponível em: www.ecocenter.org/dust/ToxicAtAnySpeed.pdf Acesso em: 10 junho 2006.

GEÓRGIA STATE UNIVERSITY, **Maxwell Speed Distribution**. Disponível em: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/kinetic/kintem.html#c3> Acesso em: 7 maio

2005a

GEÓRGIA STATE UNIVERSITY, **The Distribution of 9 Units of Energy Among 6 Identical Particles after Boltzmann**. Disponível em: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/quantum/disbol.html> Acesso em: 7 maio 2005b

GLOBO. **Cariocas Aderem às Bicicletas**. Trecho do programa "Mais Você" apresentada por Ana Maria Braga na Rede Globo de Televisão. Transmissão no dia 25 de julho de 2005 Disponível em: <http://maisvoce.glob.com/variedades.jsp?id=9606> Acesso em: 29 de julho de 2005 [gravação cortesia de Sr. José Lobo da ONG Transporte Ativo, arquivo em formato Windows Media Video <0507250816-GB.wmv> 5,9Mb, duração 8:18].

GOLDING, M. **Vista Interior da Cúpula do Milênio**, Disponível em: <http://www.mgolding.com/80256C1100023FC3/0/2D977C961C24A82780256DFD0003F8D4> Acesso em: 15 agosto 2005.

HARVEY, David. **Condição Pós-Moderna, Uma Pesquisa Sobre as Origens da Mudança Cultural**, Edições Loyola, 6ª edição, São Paulo, Brasil, 1996 [1ª edição em inglês 1989].

HEIDEGGER, Martin. **Building, Dwelling, Thinking**, in Martin Heidegger: Basic Writings, Routledge, Great Britain, 2002 [coleção traduzida do alemão].

HEYLIGHEN, Francis. **The Science of Self-Organization and Adaptivity** in: The Encyclopedia of Life Support Systems, EOLSS Publishers Co. Ltd., 1999. Disponível em: <http://pespmc1.vub.ac.be/Papers/EOLSS-Self-Organiz.pdf> Acesso em: 1 maio 2005.

HILLIER, Bill & HANSON, Julienne. **The Social Logic of Space**, Cambridge University Press, Great Britain, 1997 [1ª edição de 1984].

HILLIER, Bill. **Space is the Machine: A Configurational Theory of Architecture**, Cambridge University Press, Great Britain, 1996 [paperback].

HOFSTEDE, Geert. **Cultures and Organizations: Intercultural cooperation and its importance for survival**, Harper Collins Business, London, UK, 1994

HOLLAND, John, **Ordem Oculta – Como a Adaptação gera Complexidade**, Gradiva Publicações, Lisboa, 1997.

HOWARD, Ebenezer. **Garden Cities of To-Morrow**, Faber and Faber, London, 1946 [original publicado em 1902] extrato p.50-57, 138-147 Disponível em: <http://www.library.cornell.edu/Reps/DOCS/howard.htm> Acesso em: 29 julho 2005.

HUXTABLE, Ada Louise. **Quem irá explorar novamente a arte de construir?** Em: Guttock, Gregory (Ed), A Nova Arte, Editora Perspectiva, São Paulo, Brasil, 2ª edição, 1986 [Tradução do original em inglês The New Art, 1973].

I-CE (Interface for Cycling Expertise), **Cycling Friendly Cities**, Utrecht, Nederlandia, Disponível em: http://www.cycling.nl/html/i-ce/cycling_friendly_cities.htm Acesso em:

7 fevereiro 2006. [Vídeo Multimídia]

JACOBS, Allan. **Great Streets**, MIT Press, USA, 1993.

JACOBS, Jane. **Morte e Vida das Grandes Cidades**, Martins Fontes, São Paulo, 2003 [1ª edição em inglês, 1961].

JENCKS, Charles, **The Architecture of the Jumping Universe**, Wiley Academy Editions, UK, 1997 [second edition].

JENCKS, Charles. **The New Paradigm in Architecture**, Yale University Press, New Haven and London, 2002.

JENCKS, Charles & KROPF, Karl (eds.). **Theories and Manifestos of Contemporary Architecture in Architecture**, Wiley Academy, England, 2003 [original publicado em 1997].

KATARXIS3, 2006. **PatternLanguage.com**, 2002. Disponível em: <http://www.katarxis3.com/Gallery/nav.htm> Acesso em: 27 de maio de 2006.

KIFER, K. **How Much Do Bicycles Pollute?** Ken Kifer's bike pages, 1999. Disponível em: http://www.kenkifer.com/bikepages/advocacy/bike_co2.htm Acesso em: 10 junho 2006.

KLINGER, A; SALINGAROS, N. **A Pattern Measure**, Environment and Planning B: Planning and Design, volume 27, p. 537-547, Pion Limited, 2000. [An earlier version of this paper was entitled "Complexity and Visual Images".] [Disponível em: <http://www.math.utsa.edu/sphere/salingar/PatternMeasure.html> Acesso em: 4 junho 2005]

KUHN, Thomas; **The Structure of Scientific Revolutions**, 3rd edition, The University of Chicago Press, USA, 1996 [1ª edição de 1962].

LAMB, R; AFONSO, S. **O Projeto Arquitetônico: Quem o Faz? O Desafio da Transdisciplinaridade**, In: *Projetar 2005 II, Seminário Nacional sobre ensino e Pesquisa em Projeto de Arquitetura: Rebatimento, Práticas e Interfaces*, 2005, Rio de Janeiro, 2005, v. 1.

LCC (London Cycling Campaign), **Lcn+ Schemes 2002/03**, 2003. Disponível em: http://www.londoncyclenetwork.org/html/DynaLink/menu_type/1/menu_id/25/submenu_id/77/main_page.asp Acesso em: 7 junho 2006.

LCC (London Cycling Campaign), **2003/04 Schemes**, 2004a. Disponível em: http://www.londoncyclenetwork.org/html/DynaLink/menu_type/1/menu_id/25/submenu_id/78/main_page.asp Acesso em: 7 junho 2006.

LCC (London Cycling Campaign), **Cycle Parking and Storage - home, work and city**, julho 2004b. Disponível em: <http://www.lcc.org.uk/index.asp> Acesso em: 24 outubro 2006.

LCC (London Cycling Campaign), **2004/05 Schemes**, 2005. Disponível em: http://www.londoncyclenetwork.org/html/DynaLink/menu_type/1/menu_id/25/submenu

_id/79/main_page.asp Acesso em: 7 junho 2006.

LCN (London Cycle Network), **LCN Facilities**, 2000a. Disponível em: http://www.londoncyclenetwork.org/html/DynaLink/menu_type/1/menu_id/25/submenu_id/52/main_page.asp Acesso em: 22 setembro 2005. [Vídeo Multimídia]

LCN (London Cycle Network). **Annual Report 2004/05**, London, UK, 2005. Disponível em: http://www.londoncyclenetwork.org/html/DynaLink/menu_type/1/menu_id/25/submenu_id/80/main_page.asp Acesso em 18 junho 2006.

LEFEBVRE, Henri. **O Direito à Cidade**, Editora Moraes Ltda, São Paulo, 1991a [1ª publicação em francês em 1968].

LEFEBVRE, Henri. **Rhythmanalysis: Space, Time and Everyday Life**, Continuum, London, UK, 2004 [1ª publicação em francês em 1992].

LEFEBVRE, Henri. **The Production of Space**, Donald Nicholson-Smith, trans. Blackwell Ltd, Oxford UK, 1991b [1ª publicação em francês em 1974].

LIMA, Zeuler R. M. **O Projeto como Prática Crítica: Como Repensar o Possível e o Presente** Revista Pós, No. 11, p. 90-101, Junho 2002, editora FAUUSP, São Paulo.

LIVE SCIENCE.COM, **The Science of Traffic Jams**, Artigo de Corey Binns, Imaginova Corporation, 2006. Disponível em: http://www.livescience.com/othernews/060501_mm_traffic_jams.html Acesso em: 10 junho 2006.

LORENZ, Edward N. **Deterministic Nonperiodic Flow**, Journal of the Atmospheric Sciences, Vol 20, p. 130-141, 1963.

LORENZ, W. **Fractals and Fractal Architecture**, Vienna University of Technology 2002 Disponível em: <http://www.iemar.tuwien.ac.at/modul23/Fractals/subpages/10download.html> Acesso em: 29 janeiro 2006.

LOVELOCK, James E. **Gaia: A New Look at Life on Earth**, Oxford University Press, 1979.

LOVELOCK, James E. **The Revenge of Gaia**, Penguin (Allen Lane), England, 2006.

LYNCH, K. **The Image of the City**, MIT Press, Cambridge, USA, 1960.

MACEDO, Silvio Soares. **Os Espaços Livres de Edificação e o Desenho da Paisagem Urbana**, em Desenho Urbano: Anais do II SEDUR - Seminário sobre Desenho Urbano no Brasil, p. 103-110, Editores B. Turkienicz e M. Malta, Editora Pini Ltda, São Paulo, 1986.

MACHADO, Lia Osório. **Sistemas e Redes Urbanas como Sistemas Complexos Evolutivos**, in: Dilemas Urbanos – Novas Abordagens sobre a Cidade, Contexto,

São Paulo, 2003.

MANDELBROT, Benoît. **The Fractal Geometry of Nature**, Freeman, New York, 19ª impressão, 2000 [primeira edição em francês de 1975].

MATURANA, Humberto & VARELA, Francisco. **Autopoiesis and Cognition: the Realization of the Living**. Robert S. Cohen and Marx W. Wartofsky (Eds.), Boston Studies in the Philosophy of Science **42**. Dordrecht: D. Reidel Publishing Co. ([1st edition 1973] 1980).

MENEZES, Luis Carlos de. **A Matéria: Uma Aventura do Espírito**, Livraria da Física, São Paulo, 2005.

MERTON (London Borough of), **Good Going Week 2005**, Londres, Inglaterra. Disponível em: <http://www.merton.gov.uk/press-release-details.asp?id=1169> Acesso em: 23 setembro 2005.

MIKITEN T, M; SALINGAROS, N; YU, H-S. **Pavements as Embodiments of Meaning for a Fractal Mind**, Nexus Network Journal vol 2, no 2, April 2000 Disponível em: <http://www.nexusjournal.com/Miki-Sali-Yu.html> Acesso em: 4 junho 2005

MONEO, Rafael. **Theoretical Anxiety and Design Strategies in the Work of Eight Contemporary Architects**, MIT Press, Cambridge, USA, 2004

MORIN, Edgar e LE MOIGNE, Jean-Louis. **A Inteligência da Complexidade**, Editora Peirópolis, São Paulo, 2004.

MORRIS SOCIETY. **Ilustração de Cidade Jardim** disponível em <http://www.morrissociety.org/agregation.boos.fig.2.jpg> Acesso em: 24 junho 2006

NAO (National Audit Office), **The Millennium Dome**, HC 936 1999-2000, 09/11/2000, Disponível em: http://www.nao.org.uk/publications/nao_reports/9900936.pdf Acesso em: 18 julho 2005

NIAGARA COLLEGE, **Newcomen Machine** Homepage of Professor Mark Cisle. Disponível em: <http://technology.niagarac.on.ca/people/mcsele/newcomen.htm> Acesso em: 13 maio 2005

NUNES, Branca & BENICCHIO, Thiago, **Sociedade do Automóvel**, PUC-SP, Trabalho de Conclusão do Curso de Jornalismo, Orientador Prof. Julio Wainer, 2004. [Vídeo Multimídia]

OSTWALD, Michael. **"Fractal Architecture": Late Twentieth Century Connections Between Architecture and Fractal Geometry**, publicado no Nexus Network Journal, vol.3, no.1, Winter 2001, Disponível em: <http://www.nexusjournal.com/Ostwald-Fractal.html#anchor581371> Acesso em: 31 julho 2004

PMF (Prefeitura Municipal de Florianópolis). **Lei Complementar Nº 078/2001**, Câmara de Vereadores e Prefeita Municipal (Angela Regina Heinzen Amin

Helou), 12 março 2001.

PMF (Prefeitura Municipal de Florianópolis), **Integração da Bicicleta no Planejamento do Tráfego em Cidades Médias da América Latina e Europa**, URB-AL & Instituto de Planejamento de Florianópolis, 2003. Disponível em: <http://www.udesc.br/ciclo/referencias.html> Acesso em: 17 junho 2006. [2 fascículos]

PMF/IPUF (Prefeitura Municipal de Florianópolis/Instituto de Planejamento de Florianópolis), **GeoGuia Florianópolis**, Edição 2003, Versão 2.02.10, Disponível em: http://www.pmf.sc.gov.br/?link=guia_digital Acesso em: 11 junho 2006. [Aplicativo multimídia, 144Mb]

POPPER, Karl. **The Logic of Scientific Discovery**, Routledge, London, 2002 [1ª edição 1935].

PORTLAND STATE UNIVERSITY, **Bicycling in Leuven, Belgium**, 2003. Disponível em: http://web.pdx.edu/~jdill/photos_Europe_transport.htm, Acesso em: 7 junho 2006.

PPS (Project for Public Spaces), **Place Diagrams**, 2003, Disponível em: http://www.pps.org/info/placemakingtools/downloads/place_diagrams Acesso em: 28 agosto 2004.

PPS (Project for Public Spaces), **Streets Are People Places**, 2005, Disponível em: http://www.pps.org/info/newsletter/june2005/transportation_as_place Acesso em: 21 junho 2005.

PRIGOGINE, I & STENGERS, I. **Order out of Chaos**, Bantam Doubleday Dell, New York, 1984.

PROMOBIKES, **Material de Publicidade**, Disponível em: <http://www.promobikes.co.uk/metrobikes/> Acesso em: 9 junho 2006.

RAF (Força Aérea Britânica). **Vista Aérea da Cúpula do Milênio**, Disponível em: http://www.raf.mod.uk/reds/images/dome_8.jpg Acesso em: 15 agosto 2005

SALA N. **Fractal Models In Architecture: A Case Of Study**. Proceedings International Conference on “Mathematics for Living”, pp. 266-272, 2000.

SALINGAROS, N. **Life and Complexity in Architecture From a Thermodynamic Analogy**, Physics Essays, volume 10, p. 165-173, 1997. Disponível em: <http://www.math.utsa.edu/sphere/salingar/LifeandComp.html> Acesso em: 24 outubro 2004

SALINGAROS, N. **Theory of the Urban Web**, Journal of Urban Design, volume 3, (1998), p. 53-71. Taylor & Francis Ltd. Disponível em: <http://www.math.utsa.edu/sphere/salingar/urbanweb.html> Acesso em: 24 outubro 2004

SALINGAROS, N; TEJADA, D. **Architectural Temperature: Connecting to the Built Environment via Information**, 2000. Disponível em: <http://www.math.utsa.edu/sphere/salingar/ArchTemp.html> Acesso em: 26 outubro

2004

SALINGAROS, N; WEST, B. **A Universal Rule for the Distribution of Sizes**, Versão editada sem equações. Environment and Planning B: Planning and Design, volume 26, p. 909-923, 1999. Pion Publications. Disponível em: <http://www.math.utsa.edu/sphere/salingar/Universal.html> Acesso em: 24 outubro 2004

SANTA CATARINA, Estado de, **Lei Complementar Nº 078/2001**, Dispõe sobre o uso da bicicleta e o sistema cicloviário e dá outras providências. Câmara Municipal de Florianópolis, 2001.

SANTA CATARINA, Estado de, **Lei Complementar Nº 12.641/2003**, Institui o Dia Catarinense Sem Carros. Gabinete do Deputado Afrânio Boppré, Assembléia Legislativa do Estado de Santa Catarina, 21 julho 2003

SCHENBERG, Mário. **Pensando a Física**, 2ª edição, Editora Brasiliense, São Paulo, 1985.

SCHRANK, D & LOMAX, T. **The 2005 Urban Mobility Report**, Texas Transport Institute, USA, 2005. Disponível em: http://tti.tamu.edu/documents/mobility_report_2005_wappx.pdf Acesso em: 10 junho 2006.

SCHUMACHER, Patrik. **Autopoeisis [sic] of Architecture**, in Latent Utopias - Experiments within Contemporary Architecture, Ed. Zaha Hadid & Patrik Schumacher, Springer Verlag, Wien/New York 2002 Disponível em: <http://www.patrikschumacher.com/Autopoeisis.htm> Acesso em: 25 janeiro 2006

SCIENCE FRIDAY, **Complexity**, Programa de radio EUA, 3 de novembro de 1995, Disponível em: http://www.sciencefriday.com/pages/1995/Nov/hour1_110395.html Acesso em: 21 agosto 2005.

SCOTTISH EXECUTIVE (Governo da Escócia), **Cycling by Design**, 2000. Disponível em: <http://www.scotland.gov.uk/library2/cbd/cbd-00.asp> Acesso em: 28 maio 2006.

SERWAY, R. A.; MOSES, C. J.; MOYER, C. A.; **Modern Physics**, 2nd edition, Harcourt Brace & Company, Florida, USA, 1997.

SILVA, Vera Lucia Gonçalves da; XAVIER, Giselle Noceti Ammon; GIUSTINA, Milton Carlos Della; MIRANDA, Antonio Carlos de Mattos. **Improving Cycling in Florianópolis, Southern Brazil, Step By Step**, VeloMondial, Anais de Conferência, África do Sul, 2006.

SIMON, Herbert. **The Sciences of the Artificial**, 2nd edition, MIT Press, Cambridge MA, USA, 1981. [1a edição publicada em 1969]

SMITH, Adam. **The Theory of Moral Sentiments**, Disponível em: <http://www.marxists.org/reference/archive/smith-adam/works/moral/index.htm> Acesso em: 28 julho 2005 [original 1759].

SNOW, C.P. **The Two Cultures**. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1998

[1a publicação em 1959].

SOJA, Edward. **Postmetropolis: Critical Studies of Cities and Regions**, Blackwell Publishers, UK, 2000.

SOKAL, Alan. **Transgressing the Boundaries: Towards a Transformative Hermeneutics of Quantum Gravity**, Social Text #46/47, p. 217-252 (spring/summer 1996).

SOKAL, Alan. **What the Social Text Affair Does and Does not Prove: A Critical Look at 'Science Studies'**. In: Ashman and Baringer, *After the Science Wars*, Routledge, London, 2001.

SRA (Strategic Rail Authority), **Cycling Policy**, London, 2004. Disponível em: www.sra.gov.uk/pubs2/stratpolplan/cycling/cycling.pdf Acesso em: 28 maio 2006.

STEINITZ, Carl. **A Personal Historical Perspective, The Framework for a Recent Project and some Questions for the Future**, Presented at The European Conference on Geographic Information Systems, Genoa, Italy, March 30, 1993. Disponível em: <http://www.gsd.harvard.edu/studios/brc/framework/steinitz.txt> Acesso em: 31 maio 2005

STEINITZ, Carl. **An Alternative Future for the Region of Camp Pendleton, California**, Harvard Design School, 1997 (1997b). Disponível em: <http://www.gsd.harvard.edu/research/projects/la/> Acesso em: 31 maio 2005

STENGERS, Isabelle. **The Challenge of Complexity: Unfolding the Ethics of Science**. [In memoriam Ilya Prigogine], in *Emergence: Complexity and Organization: Special Double Issue Vol.6 Nos.1-2 Fall 2004* pp.92-99.

SUSTRANS (Sustainable Transport Charity), **Ciclovias em Middlesbrough**, 2003. Disponível em: http://www.sustrans.org.uk/default.asp?sRegion=North_of_England&map.x=-1.23485738204923&map.y=54.5557998563524&bLarge=&nZoom=3, Acesso em: 7 junho 2006

SUSTRANS, (Sustainable Transport Charity), **Safe Routes to School Flyer**, 2004. Disponível em: <http://www.saferoutestoschools.org.uk/imagprod/downloads/fs04.pdf> Acesso em: 10 junho 2006.

TfL (Transport for London), **London Cycle Design Standards**, 2005. Disponível em: <http://www.tfl.gov.uk/cycles/company/standards.shtml> Acesso em: 5 julho 2006.

THORNBERRY, Emma, MP. **Hansard**, Debate sobre ciclismo no Parlamento Britânico, The United Kingdom Parliament, 9 maio 2006. Disponível em: <http://www.parliament.uk/hansard/hansard.cfm> Acesso em 5 junho 2006.

TRANSPORTE ATIVO. **Reportagens da TV Globo e da TV Record**, 5 de julho de 2005, Disponíveis em: www.ta.org.br Acesso em: 22 setembro 2005 [vídeo multimídia]

UNIVERSITY OF CHICAGO (James Franck Institute), **Site of Associate Professor**

Sergio Rica. Disponível em:

<http://jfi.uchicago.edu/~tten/Chile/Sergio's%20site/convection.htm> Acesso em: 18 fevereiro 2006

UNS (United Nations Secretariat). **World Population Prospects: The 2004 Revision and World Urbanization Prospects: The 2005 Revision**, Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat, Disponível em: <http://esa.un.org/unup> Acesso em: 18 June 2006

URBAN TRANSPORT TECHNOLOGY, **Copenhagen Green Cycle Route**, SPG Media Limited, 2006. Disponível em: <http://www.urbantransport-technology.com/projects/copenhagen/images/copenhagen8.jpg> Acesso em: 7 junho 2006

VENTURI, Robert. **Complexity and Contradiction in Architecture**, Museum of Modern Art Papers on Architecture, New York, Second Edition, Fourth Printing, 1983 [first published 1966]

VIACICLO (Associação dos Ciclo-Usuários da Grande Florianópolis), **Cidades Amigas da Bicicleta**, JC Vídeo, Multimídia, Florianópolis, 2005 [Vídeo Multimídia]

WESTMINSTER, UNIVERSITY OF. **History of Max Lock Group**, Disponível em: <http://www.wmin.ac.uk/builtenv/maxlock/HISTORY.HTM> Acesso em 20 julho 2006.

WIKIPEDIA. **Leis da Termodinâmica**. Disponível em:

http://pt.wikipedia.org/wiki/Leis_da_termodin%C3%A2mica Acesso em: 25 junho 2006

WORLD CARFREE NETWORK. **Free NYC Cyclists Campaign**, Disponível em: <http://www.worldcarfree.net/nyc/index.php> Acesso em: 23 setembro 2005

XAVIER, Giselle Noceti Ammon; SOUSA, Jeferson Coutinho De; GIUSTINA, Milton Carlos Della; CARMINATTI, Lorival José; OLIVEIRA, Fernando Roberto De; NASCIMENTO, Mário César; ACIOLY, Patrícia Lovatel; ROCHA, Hilariana Vieira Da; KARINE Elmisan; PETRY, Grasiela; ZOLET, Nayara Elmisan. **Travessia da Ponte Pedro Ivo Campos - Ligação para Pedestres e Ciclistas entre Continente e Ilha de Florianópolis - SC**. In: Anais do I Encontro dos Grupos de Pesquisa da Udesc. Florianópolis, p. 140, 2004

Xavier, G; Miranda, A; Acioly, P; Sousa, J; Della Giustina, M; Nahas, M; Cechetto, A. **Safe Routes to Schools Located Along State Highways**, Artigo apresentado em Velo City, Dublin, 2005.

**Apêndice 01: GLOSSÁRIO DE TERMOS DA
TEORIA DA COMPLEXIDADE**

TERMO	DESCRIÇÃO e EXEMPLOS
Adaptabilidade	Quando, devido à mudança de condições externas, o comportamento de um sistema passa por uma bifurcação e encontra outro atrator, ao em vez de se comportar caoticamente. O sistema adapta a mudanças nas condições.
Atrator	O comportamento regular de um sistema. Um estado estável mas, ao mesmo tempo dinâmico.
Atrator estranho	Quando um sistema se comporta caoticamente, está completamente imprevisível, porém, em alguns casos, há uma ordem ou tendência visível no comportamento que se chama um atrator estranho. Diferencia-se de um atrator em que o sistema não adota o estado estável do atrator mas digamos, o sobrevoa.
Auto-organização	Complexidade organizada. Por exemplo: A mão invisível de Adam Smith
Autopoiese	Autocriação ou Reprodução. Um sistema é autopoietico quando a função primária dos elementos ou sub-sistemas é a manutenção do sistema principal.
Auto-similaridade	Em fractais, a propriedade de semelhança de forma entre a forma das partes de um sistema e um nível hierárquico superior ou inferior do mesmo sistema. Por exemplo: um floco de neve, que independente da magnificação, exhibe as mesmas formas, <i>ad infinitum</i> .
Beira de caos	O ponto no limiar quando o comportamento do sistema tem duas opções, caótico ou organizado.
Bifurcação	O ponto ou momento quando o sistema pode escolher entre dois comportamentos, quando previamente era fixo. Neste caso o comportamento mais provável vai ser escolhido com mais frequência.
Caos	O comportamento de um sistema que não segue nenhum padrão de organização, que não se submete à previsão.
Cibernética	A ciência que estuda as comunicações e o sistema de controle não só nos organismos vivos, mas nas máquinas. Em cibernética, informação é o negativo de entropia.
Complexidade	O comportamento de um sistema complexo.
Condições iniciais	O estado de um sistema em um determinado momento.(sensibilidade às...) o comportamento de um sistema complexo é extremamente sensível às condições iniciais devido às múltiplas bifurcações levando o sistema a achar um atrator diferente cada vez que o processo de estímulo está iniciado.

**Apêndice 01: GLOSSÁRIO DE TERMOS DA
TEORIA DA COMPLEXIDADE**

TERMO	DESCRIÇÃO e EXEMPLOS
	Por exemplo: O efeito borboleta pode acontecer (ou não) em um tempo e lugar diferente cada vez.
Controle descentralizado	Em um sistema hierárquico, com um vão de controle amplo em cada nível da hierarquia, nenhuma parte terá um controle discernivelmente maior que uma outra. Ao contrário, em uma estrutura muito horizontal em que um nível tem um vão de controle de um, o nível abaixo será controlado por uma só parte do nível superior, ou seja, o sistema ou organização terá um controle centralizado.
Efeito borboleta	Quando uma borboleta bate as asas em uma floresta distante, o efeito poderá causar um tsunami no outro lado da Terra. No contexto do movimento do ar na atmosfera, a possibilidade existe que um estímulo pequeno poderá ter conseqüências enormes.
Emergência	Quando o comportamento de um sistema não é igual à soma dos comportamentos das partes.
Entropia	Uma medida em termodinâmica clássica do nível de desordem no sistema. Em mecânica estatística a entropia é a probabilidade de um determinado resultado ou comportamento. Em cibernética, informação é o negativo de entropia.
Equilíbrio termodinâmico	Um sistema está equilíbrio termodinâmico clássico quando não há fluxo de energia entre o sistema e o ambiente.
Espaço fase	O conjunto de todas as possibilidades de comportamento ou resultado.
Evolução	Uma forma de adaptabilidade seqüencial.
Fractal	A propriedade infinidade de detalhe. Muitos fractais exibem auto-semelhança.
Heurística	Conjunto de passos que conduzem à resolução do problema
Hierarquia 'Bottom-up'	Na hierarquia de conexões a emergência pode ser realizada pelas influências das partes em outros níveis da hierarquia. Se é devido às partes em baixo, a hierarquia é controlada de baixo para cima; <i>bottom-up</i> . Este controle pode existir no mesmo nível; ' <i>same level</i> ' ou de cima para baixo; ' <i>top-down</i> '
Homeostasis	A condição de voltar para um comportamento estável. Mesmo quando alguma influência externa induz uma flutuação o estado do sistema voltará ao equilíbrio.
Interação	A conexão entre dois ou mais elementos dentro de um sistema.
Longe de	Um sistema fora de equilíbrio clássico quando um

**Apêndice 01: GLOSSÁRIO DE TERMOS DA
TEORIA DA COMPLEXIDADE**

TERMO	DESCRIÇÃO e EXEMPLOS
equilíbrio	comportamento caótico existe como possibilidade.
Mecânica/Física estatística	Um campo de matemática que visa calcular comportamento de um sistema pela análise do comportamento das partes, calculando quantidades molares através de quantidades moleculares.
Não predictabilidade	Quando o comportamento futuro de um sistema não pode ser determinado com certeza.
Não-linearidade	Se o efeito e a causa do efeito não são da mesma grandeza. Por exemplo: O efeito borboleta.
Probabilidade	Uma medida que compara o nível de certeza de várias possibilidades.
Realimentação	Quando devido à conexão entre dois elementos de um sistema, o efeito de um estímulo contribui a magnitude da causa, que por sua vez influencia o efeito em um processo contínuo. Por exemplo, quando em sistemas de transmissão sonora a amplificação de um sinal é controlada pelo próprio sinal. Neste caso é comum um aumento do volume; assim chamada realimentação positiva.
Ruído	Variação ou flutuação em condições externas. Esta variação pode causar uma mudança de fase para outro estado estável ou atrator, possibilitando adaptação e evolução.
Sistema	Na física: uma parte limitada do Universo, sujeito a observação imediata ou mediata, e que em geral, pode caracterizá-se por um conjunto finito de variáveis associadas a grandezas físicas que a identificam univocamente.
Sistema complexo	Um conjunto de muitas coisas que é muito rico em estrutura com interações e hierarquia. Um sistema complexo é mais bem descrito pelas propriedades extras devido a esta estrutura.
Sistema complicado	Um conjunto de coisas que é muito rico em detalhes devido a mera quantidade. Por exemplo, uma base de dados.
Sistema dissipativo	Um sistema que exibe fluxo contínuo de energia enquanto mantém um nível total próprio constante. Por exemplo: Gaia que é uma visão holística da Terra. Se o sistema fizer trabalho ou gastar energia de qualquer forma a 2ª lei de termodinâmica implica que a entropia da energia saindo seria maior que a entropia da energia entrando no sistema. Ilya Prigogine demonstrou que o resultado de uma ação a um sistema dissipativo não é determinado. O comportamento pode seguir uma série de possibilidades. (DE LANDA, 1996). Também constata que um organismo vivo é um sistema dissipativo

**Apêndice 01: GLOSSÁRIO DE TERMOS DA
TEORIA DA COMPLEXIDADE**

TERMO	DESCRIÇÃO e EXEMPLOS
	(CAPRA, 2003, p.141)
Sistema fechado	Um sistema isolado em que a energia e material não se transferem nem ao nem do ambiente. Uma situação imaginária comumente usada na metodologia científica para simplificar teorias.
Sistema Hierárquica	Em um sistema hierárquico as partes do sistema são conectadas, entre se, e cada uma das partes é composta de outros elementos menores que são por sua vez conectadas, etc.
Soluções múltiplas	Quando a consequência de uma determinada intervenção poderá gerar mais de uma possibilidade como resultado
Teoria de sistemas	Um campo multi-disciplinar que estuda fenômenos como partes de sistemas.
Termodinâmica clássica	As leis que descrevem o comportamento de um sistema aproximando e chegando ao estado de equilíbrio termodinâmico. Lei 0: Equilíbrio termodinâmico acontece entre dois corpos quando eles têm a mesma temperatura. Lei 1: A energia total de um sistema fechado é constante. Lei 2: A entropia de um sistema fechado nunca pode diminuir. Lei 3: Seria impossível atingir zero absoluto (-273,16 graus C).
Vão de controle	A quantidade de elementos em cada parte da hierarquia do sistema.

Apêndice 02: ELEMENTOS DA TEORIA DA COMPLEXIDADE ENCONTRADOS NAS OBRAS CITADAS NO CAPÍTULO 3

AUTOR, TÍTULO	DATA ORIGINAL	ELEMENTO DA TEORIA DA COMPLEXIDADE	ÁREA DE APLICAÇÃO
ALEXANDER A Cidade Não é Uma Árvore	1967	Hierarquia	Urbanismo
ALEXANDER, ISHIKAWA, & SILVERSTEIN A Linguagem dos Padrões	1977	Elementos Fundamentais	Arquitetura e Urbanismo
ASHIHARA Desenho Externo em Arquitetura	1970	Hierarquia e Escala	Urbanismo
BACON Desenho de Cidades	1967	Sistema dinâmico e Retro-alimentação	Urbanismo
BATTY & TORRENS Modelagem de Complexidade	2001	Predição e Modelagem de Sistemas complexos	Urbanismo
DE LANDA Deleuze & Neo-Estética	2001	Emergência e Evolução	Arquitetura
EISENMAN Casas II e III	1969-71	Fractais	Arquitetura
EISENMAN Centro Aronoff para desenho e arte	1988	Fractais	Arquitetura
FRAMPTON Para um Regionalismo Crítico: Seis Idéias para uma Arquitetura de Resistência	1983	Conectividade	Arquitetura
HILLIER & HANSON A Lógica Social do Espaço	1984	Elementos Fundamentais	Urbanismo
JACOBS A Vida e Morte das Grandes Cidades	1961	Auto-organização	Urbanismo
KLINGER & SALINGAROS Uma Medida de Padrão	2000	Elementos Fundamentais	Arquitetura
LYNCH A Imagem da Cidade	1960	Elementos Fundamentais	Urbanismo
MACHADO Sistemas e Redes Urbanas como Sistemas Complexos Evolutivos	2003	Manifestações externas da Teoria da Complexidade	Urbanismo
MITIKEN, SALINGAROS & YU	2000	Fractais, Hierarquia	Arquitetura

**Apêndice 02: ELEMENTOS DA TEORIA DA COMPLEXIDADE
ENCONTRADOS NAS OBRAS CITADAS NO CAPÍTULO 3**

AUTOR, TÍTULO	DATA ORIGINAL	ELEMENTO DA TEORIA DA COMPLEXIDADE	ÁREA DE APLICAÇÃO
Calçados como Manifestações de uma Mente Fractal			
SALINGAROS Teoria da Teia Urbana	1998	Conectividade	Urbanismo
SALINGAROS Uma Abordagem Termodinâmica para Vida e Complexidade em Arquitetura	1997	Hierarquia e Escala, Fractais, Complexidade	Arquitetura
SALINGAROS & TEJADA Temperatura de Arquitetura	2000	Elementos Fundamentais, Conectividade	Arquitetura
SALINGAROS & WEST Uma Regra Universal para a Distribuição de Tamanhos	1999	Escala	Arquitetura
SCHUMACHER Autopoiese de Arquitetura	2002	Autopoiese	Arquitetura
STEINITZ O Método de Futuros Alternativos	1997	Sistema dinâmico e Retro-alimentação	Urbanismo
VENTURI Complexidade e Contradição em Arquitetura	1966	Complexidade	Arquitetura