

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB  
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO - FAU  
PROGRAMA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO DA FAU

Tese de Doutorado

# URBANISMO SUBTERRÂNEO

argumentos éticos para o uso e a ocupação do solo

Daniela Diniz Rodrigues

ORIENTADOR: Prof. Dr. André Pacheco de Assis (UnB)

Daniela Diniz Rodrigues

# URBANISMO SUBTERRÂNEO

argumentos éticos para o uso e a ocupação do solo

Tese apresentada à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, como requisito parcial para a obtenção do grau de doutor em Arquitetura e Urbanismo.

Orientador: Prof. Dr André Pacheco de Assis

Brasília

2009

Dados Internacionais de Catalogação da Publicação (CIP)

Bibliotecária: Kátia Soares Braga (CRB/DF 1522)

---

Rodrigues, Daniela Diniz.

Urbanismo subterrâneo: argumentos éticos para o uso e a ocupação do solo/ Daniela Diniz Rodrigues. Brasília: [s.n], 2009.  
197p.; il. (fig., fotos color., graf. e tab.).

Orientador: Prof. Dr. André Pacheco de Assis.

Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pesquisa e Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, 2009.

1. Solo e subsolo – uso e ocupação. 2. Planejamento urbano de obras subterrâneas -- aspectos éticos. 3. Urbanismo tridimensional. 4. Aglomerações urbanas – desigualdades sócio-espaciais. 4. Arquitetura moderna – século XXI. I. Assis, André Pacheco de (Orientador). II. Argumentos éticos para o uso e ocupação do solo.

CDU 711.4  
CDD 711.4

---

Daniela Diniz Rodrigues

# URBANISMO SUBTERRÂNEO


argumentos éticos para o uso e a ocupação do solo

Tese apresentada à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, como requisito parcial para a obtenção do grau de doutor em Arquitetura e Urbanismo.

Banca Examinadora:



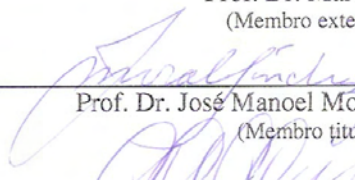
Prof. Dr. André Pacheco de Assis  
(Orientador – ENC/UnB)



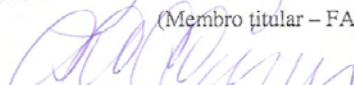
Prof. Dr.ª Eliete de Pinho Araújo  
(Membro externo – UNICEUB)



Prof. Dr. Marcelo Medeiros  
(Membro externo – SOL/UnB)



Prof. Dr. José Manoel Morales Sánchez  
(Membro titular – FAU/UnB)



Prof. Dr. Antônio Carlos Cabral Carpintero  
(Membro titular – FAU/UnB)

Brasília, 11 de dezembro de 2009

# SUMÁRIO

<b>Dedicatória.....</b>	<b>v</b>
<b>Agradecimentos.....</b>	<b>vi</b>
<b>Resumo.....</b>	<b>vii</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>viii</b>
<b>Resumé.....</b>	<b>ix</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>x</b>
<b>1 Introdução.....</b>	<b>1</b>
1.1 Notas sobre os objetivos e o método.....	9
<b>2 Solo: alicerce das escolhas.....</b>	<b>20</b>
2.1 O valor e o direito legítimos do solo.....	23
2.2 Os valores do urbanismo da superfície.....	31
<b>3 Solo: a ética do uso e da ocupação.....</b>	<b>37</b>
3.1 O solo é objeto de proteções.....	40
3.2 A tragédia da superfície do solo.....	47
3.3 As preferências razoáveis no uso do solo.....	54
3.4 Os valores da superfície.....	61
<b>4 O subsolo na era urbana.....</b>	<b>70</b>
4.1 Os pioneiros do urbanismo subterrâneo.....	77
4.2 Tecnologia e urbanismo.....	90
4.3 Estruturas urbanas subterrâneas.....	95
<b>5 A oferta de subsolo.....</b>	<b>107</b>
5.1 Redes de fluidos.....	108
5.2 Transporte urbano.....	117
5.3 Cidades.....	127
5.4 Custos das escolhas.....	131
<b>6 Subsolo: respostas úteis.....</b>	<b>145</b>
6.1 Diretrizes para o planejamento urbano.....	145
6.2 Respostas para desafios do planejamento urbano.....	148
6.2.1 <i>Como encurtar distâncias.....</i>	<i>151</i>
6.2.2 <i>Como preservar a superfície.....</i>	<i>153</i>
6.2.3 <i>Como acomodar o aumento das demandas.....</i>	<i>154</i>
6.3 Diretrizes para projeto de arquitetura.....	156
6.3.1 <i>Condicionantes físicos.....</i>	<i>157</i>
6.3.2 <i>Acessos externos.....</i>	<i>161</i>
6.3.3 <i>Distribuição interna.....</i>	<i>166</i>
6.3.4 <i>Conexões internas.....</i>	<i>168</i>
6.3.5 <i>Iluminação.....</i>	<i>168</i>
6.3.6 <i>Segurança.....</i>	<i>169</i>
<b>7 Conclusões.....</b>	<b>170</b>
Referências.....	177
Anexo I Planilhas cálculo arremesso de projeteis.....	195

**Ao voinho e à voinha**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao André Assis pela acolhida, pelo interesse, pela confiança e, principalmente, pela generosidade com que abriu largas portas para mim pelo mundo afora. Minha gratidão ao Raymond Sterling. Meus obrigados ao Michel Boisvert e ao Jacques Besner. Meu apreço por Pierre Duffaut.

Agradeço o incentivo e a autonomia concedida por Celso Lucena. Sou grata à bondade de Carla Pedrosa, de Francisco Assis e de Rosana Moreno por compensarem as minhas ausências, ao incentivo de Lúcia Marra e aos cálculos do Carlos Alberto Figueira. Meu reconhecimento à equipe do Departamento de Engenharia do METRÔ-DF por fornecer um lugar ideal de trabalho.

Durante a redação, Ana América, Carla, Débora, Nilton e Célia foram fontes constantes de aconselhamento e suas críticas foram de grande ajuda. Devo também agradecer à Fátima pelo apoio e leituras. No desenvolvimento da descrição da supremacia dos objetos da tecnologia, agradeço a disposição de Maria Luiza, Beatriz e João Luiz para fornecer explicações e exemplos.

Na fase final, Kátia Braga, presidente da ANIS, Instituto de Bioética, Direitos Humanos e Gênero, forneceu os meios operacionais e logísticos fundamentais para a garantia de qualidade à pesquisa.

Sem a boa vontade de todas essas pessoas eu nunca teria podido terminar esta tese.

## RESUMO

O urbanismo não deve regularizar desigualdades decorrentes das escolhas individuais, nem acreditar no poder emancipador da tecnologia dos objetos de transporte para valorizar o espaço público. As fronteiras do espaço urbano tridimensional – superfície, abaixo e acima dele – tem sido conhecidas e exploradas independentemente uma das outras. A distribuição do solo para diferentes usos e atividades implica em julgamentos éticos, mas que derivam de preferências e escolhas discutidas em termos econômicos, técnicos, legais e políticos que afetam a condição e a qualidade do ambiente natural e construído. A ética do uso e da ocupação do solo baseada no princípio da equidade constitui-se em um instrumento para corrigir as desigualdades sociais. As escolhas e as obrigações éticas no uso do solo consideram o subsolo urbano como uma resposta para as questões que nascem das tentativas de acomodar o crescimento físico da cidade sem ampliar as distâncias e sem aumentar a dependência dos transportes. Ao incorporar o subsolo à vida da cidade, atividades diversas são sobrepostas; usos antes inviáveis de coexistir na superfície do solo são viabilizados sem desagregar valor econômico à propriedade do solo; a densificação torna-se possível, sem recorrer ao emprego de arranha-céus. Dentre os resultados da pesquisa, demonstra-se que identificar as vantagens de uma possível maximização do uso do solo e quantificá-las em uma análise de custo-benefício é um modelo insuficiente. É necessário antecipar o planejamento do uso e da ocupação do subsolo na cidade, impondo regras e limites, pois, sendo ele um recurso comum e natural, está sujeito à subexploração na forma de desperdício. A pesquisa aponta ainda não haver restrições urbanísticas, limitações econômicas e impedimentos tecnológicos para o uso e a ocupação urbana do subsolo na formação de um urbanismo subterrâneo.

Palavras-chave: urbanismo subterrâneo; espaço urbano tridimensional; ética do uso do solo; subsolo; cidade; uso e a ocupação urbana do subsolo.



## **ABSTRACT**

The objective of this thesis is to analyze the reasons why the underground is not well integrated in the use and occupation of urban land use. It is an exploratory, analytical and qualitative research, based on national and international literature review. Among the research questions are to identify who owns the underground city and a questioning of the idea that it is an infinite resource. The ethical land use, based on the principle of equity, is a mechanism to correct social inequalities. The choices and ethical obligations in land use consider the urban underground as a response to the issues that arise from attempts to accommodate the physical growth of the city without increasing distances and without increasing the dependence of transport. By incorporating the underground to the life of the city, various activities are overlapping, before viable uses to coexist on the soil surface are made possible without disaggregating the economic value of land property, the increased density becomes possible, without resorting to the use of sky-scrapers. The survey found no urban restrictions, economic constraints and technological impediments to the use and occupation of the urban upon an indoor city.

Keywords: underground; indoor city; ethical land use; urban underground

## **RESUMÉ**

La recherche a le but de découvrir les raisons qu' éloignent une ville d'un aménagement vers le sous-sol. La recherche a aussi l'objectif d'envisager la rentabilité du sous-sol et surtout de savoir à qui appartient l'espace souterrain. Elle explore et analyse avec une nature qualitative fondée sur les nouvelles de la littérature. Les trois dimensions de l'espace urbain par rapport aux frontières : le niveau (la surface) la ( au dessous et au dessus-de lui) ont été utilisées et connues dans la plupart de cas, tout à fait indépendants. En outre, si l'on regarde attentivement l'environnement, naturel ou déjà bâti, on commence à évaluer l'intensité de l'utilisation. La ville intérieure pour être une réalité à l'avenir, doit être soumise à des jugements antérieurs, sous des points-de-vue les plus divers. Ces espaces souterrains auront le défis d'aménager une ville sans grattes-ciel, sans une circulation confuse et en même temps multiplier les activités sans épuiser les sources naturelles. Avec les résultats obtenus, la recherche fait voir d'une manière précise, qu'il n'y a pas d'obstacle technologique, ni restriction d'urbanisme, ni limitation économique qu'empêche une ville de grandir vers le sous-sol.

Mots clés : sous-sol ; ville intérieure ; urbanisme ; espace souterrain

## RESUMEN

El objetivo de esta tesis es analizar las razones por las que el subsuelo no es bastante integrante en la planificación urbana. Se trata de un estudio exploratorio, analítico y cualitativo, basado en revisión de la literatura. Las principales líneas de investigación que orientan el análisis son para determinar quién posee la ciudad subterránea, como agregarle a ese abstracto valor económico, y el cuestionamiento del presupuesto de que este es un recurso infinito. La ética aludida en una política del uso del suelo urbano que se apoya en el principio de equidad constituye un importante instrumento correctivo de las desigualdades sociales. Las opciones y las obligaciones éticas en el uso de la tierra entienden la ocupación del subsuelo como una buena respuesta a las cuestiones que surgen de los intentos de acomodar el crecimiento físico de la ciudad, sin aumentar las distancias y la dependencia del transporte. La incorporación de la vida subterránea en el escenario urbano permite elevar el nivel de coexistencia física entre actividades que antes no podrían convivir, sin devaluar la propiedad. El aumento de la densidad llega a ser posible, sin recurrir a la utilización de rascacielos. La encuesta no encontró ninguna restricción urbana, limitaciones económicas o obstáculos tecnológicos para ese aprovechamiento y, consecuentemente, para la formación de la ciudad subterránea.

Palabras clave: subsuelo; ciudad subterránea

# I. INTRODUÇÃO

*Ela está no horizonte – diz Fernando Birri  
Me aproximo dois passos, ela se afasta dois passos.  
Caminho dez passos e o horizonte corre dez passos.  
Por mais que eu caminhe, jamais a alcançarei.  
Para que serve a utopia?  
Serve para isso: para caminhar  
(Janelas sobre a utopia, Eduardo Galeano, 2007, p. 3104)*

Os voos guiados por seres utópicos geralmente são longos e, aparentemente, sem destino. No decorrer do incerto trajeto, são necessários demorados pousos, paradas quase que obrigatórias para que as energias sejam recompostas. E nelas estarão disponíveis e hospitaleiros os ninhos do “mais” e do “melhor”. Programada ou intempestiva, é a escolha entre o chamado de um ou de outro. O canto do “mais melhor”, escutado de longe, é uma harmônica mistura dos sentidos, pura ilusão sensorial. Por muito tempo, os dois ainda cantaram solitariamente, pois haviam construído seus ninhos em locais onde não se viam e não se ouviam. Sentindo-se embalada pelas melodias do “mais” e do “melhor”, a maioria dos viajantes daqueles voos transformou o curto pouso para descanso em residência definitiva. E acabou por esquecer o porquê da viagem que empreendia.

Li, de autor anônimo, que “nós somos uma viagem que esqueceu seu destino”. Julguei entender, nas entrelinhas, o “nós” se referindo à humanidade. Logo a seguir, compreendi que o meu “nós” poderia não ser o mesmo do anônimo autor da frase. Mas não importa, havia percebido, no mundo real, uma utopia deste século 21. Pela primeira vez, invoca-se o planeta Terra, ele próprio e a humanidade, como um todo conhecido e indissociável (Jonas, 2006; Brüseke, 1998; Zancanaro, 1998). Percebi que o antigo mundo real continua a instigar o conhecimento científico, que traduz as utopias para o campo das hipóteses. As utopias e as hipóteses científicas vêm sendo escritas e testadas em paralelo ao aparecimento de novas tecnologias, e não com mudanças de século, como se acreditava (Mumford, 1952, 1982; Giedion, 2004; Choay, 2007). Por exemplo, *A República*, de Platão, coincide com um rápido aumento de importação de papiro produzido no Egito. Da mesma maneira, a *Utopia*, de Thomas Morus acontece quase que simultaneamente à imprensa de Guttenberg.

As utopias do final do século 19 e início do século 20 vingam junto ao aparecimento da eletricidade, da fotografia e do automóvel.<sup>1</sup> Logo na primeira metade do século 20, Eugène Hénard, além da invenção da rotatória e das rodovias suspensas, criou a cidade tridimensional.<sup>2</sup> Hénard propôs a urbanização dos espaços delimitados pelos pilares das edificações que surgiam, o que viria a ser característico em uma parte do Japão e da Holanda, e a constituir uma prototeoria a respeito do urbanismo subterrâneo (Hénard, 1911; Utudjian, 1964, 1966; Bardet, 1990; Jacobs, 2000; Barles, 2002; Barles & Guillaume, 1999).

Nos anos 1960, os projetos arquitetônicos do italiano Paolo Soleri foram contemporâneos dos primeiros satélites de comunicações. Propunham imensas e altas estruturas, plantadas em meios naturais, autossuficientes, destinadas às mais diversas atividades humanas (Mumford, 1952, 1967, 1982; Giedion, 2004; Carmody & Sterling, 1993; Delfante, 2000). Soleri acreditava que a cidade tridimensional, compacta e densa, estimularia o contato da população com a natureza, além de pressupor que assim conseguiria preservar áreas naturais na superfície do solo. Os revolucionários conceitos daquele arquiteto italiano representam, até hoje, parte do pensamento sobre organização urbana. Em síntese, Hénard e Soleri ligaram extremos até então desunidos; revelaram antíteses jamais pensadas; construíram a dialética onde antes só havia a lógica; permitiram que a arte habitasse o reino da ciência; e encontraram o avesso do direito. Em seus empreendimentos, não esmoreceram diante dos convites do “mais” e do “melhor”, pois os enxergavam como as outras faces do “menos” e do “pior”. Perseguiram suas utopias e continuaram em frente, na busca de uma terra justa, talvez impossível: um *u-topos* ou um *não lugar*.<sup>3</sup>

Por outro lado, aqueles que se abrigaram nos ninhos do “mais” e do “melhor”, seja por necessidade, por curiosidade ou mesmo por temeridade, criaram locais onde poderiam se encontrar, conhecer, ser vistos e ouvidos: as cidades. Escolheram espaços naturais privilegiados (Mumford, 1982, 1967; Carmody & Sterling, 1993; Delfante, 2000; Benevolo, 2009), ambientes por eles preferidos para o início da história de uma civilização, os quais, em pleno século 21, distinguem a era urbana. Assim, desde as últimas décadas do século 20, protocolos,

---

<sup>1</sup> Choay (2007) e Mumford (1964) retratam as utopias deste período.

<sup>2</sup> Para Bardet (1990), Le Corbusier plagiou, naquilo que considerou oportuno, modelos teóricos de Hénard, que foram publicados entre 1903 e 1920, principalmente *Les villes de l'avenir*. Choay (2007) lembra que, quarenta anos antes de Corbusier, Hénard propôs a divisão da circulação urbana em categorias, além de ter preconizado a necessidade da realização de estudos de tráfego nos moldes do que hoje se realiza na engenharia de transportes.

<sup>3</sup> Nem sempre a utopia é interpretada no sentido de alienação, mas como o desejo de mudança, ou seja, como uma inquietação em relação ao presente que não se contenta em esmiuçá-lo, mas em repensá-lo para uma condição futura, considerada, então, ideal ou utópica (Mumford, 1964; École Speciale d'Architecture, 2000; Rykwert, 2004; Choay, 2007).

relatórios e convenções vêm sendo firmados, subscritos e organizados para regular um modelo de vida durável nas cidades (Sachs, 1993; Ascelard, 2001; Burdett & Sudjic, 2007). Esses são documentos que refletem a utopia daqueles que desejam construir, e deixar para futuras gerações, um lugar justo para se viver.<sup>4</sup>

Os utópicos do século 21 se sentem desafiados pelo comportamento dos que permanecem a habitar os ninhos do “mais” e do “melhor”. Para os utópicos, estes conservam os princípios originais da sobrevivência utilitarista, ou seja, o medo de um dia viver no ninho do “menos”, e o mito de que o ninho do “pior” é responsável por todas as mazelas do meio urbano. O desafio dos utópicos, desde Hénard (figura 1) e Soleri (figura 2), tem sido inventar formas de distribuir com justiça os recursos naturais e humanos disponíveis na Terra. Para eles, a terra do nosso planeta é extremamente preciosa e rara, pois representa a única porção de rocha no universo que se tornou fértil para o habitat do homem.

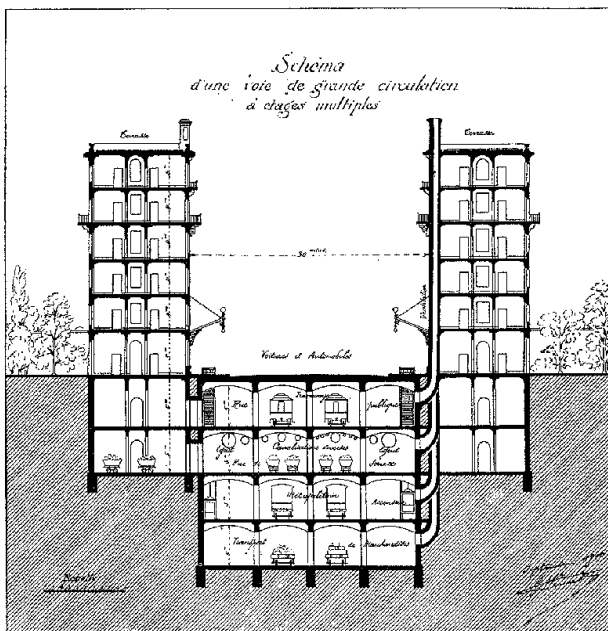


Figura 1 Esquema Subterrâneo de Hénard  
Fonte: Barles (2002)



Figura 2 Esquema Vertical de Soleri  
Fonte: Arconsanti (2009)

Contrariamente ao sentido de justiça perseguido pelos utópicos, a humanidade pertencente aos ninhos do “mais” e do “melhor” tem consumido mais do que é capaz de gerar, em particular, dos recursos naturais provenientes do solo.<sup>5</sup> E grande parte desse consumo de

<sup>4</sup> Justo no sentido da justiça como representação da equidade.

<sup>5</sup> A Pegada Ecológica Mundial não é uma medida exata, mas uma estimativa a respeito da capacidade da Terra em oferecer e renovar seus recursos naturais, além de absorver os resíduos gerados pelos seres humanos. Os resultados apresentados, em

solo tem sido de caráter predatório. Logo, em um futuro próximo, o solo poderá se transformar em bem escasso, notadamente nas cidades<sup>6</sup>. Nesse sentido, prever a disponibilidade de solo para as futuras demandas urbanas é condição sensivelmente dependente de pequenos eventos que delimitaram as condições iniciais do ciclo de urbanização (Schumacher, 1983; Carmody & Sterling, 1993; Besner, 2000; Plank Foundation, 2009). Por conseguinte, acontecimentos de pequenas escalas, que passam muitas vezes despercebidos, poderão determinar um efeito considerável, que não deixará de ser visto e sentido no futuro.

Em 1997, ao finalizar minha dissertação de mestrado e ter pesquisado a teoria do caos e a geometria dos fractais, pude compreender o comportamento de sistemas complexos e, em particular, os aspectos relacionados à não linearidade de uma série de eventos da realidade urbana. Desde 1998, leciono na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UnB disciplinas do Departamento de Projeto e gerencio projetos no METRÔ-DF. Desfruto da oportunidade de observar e entender, por intermédio de diários e longos deslocamentos, a renovação das utopias de Hénard e de Soleri nas manifestações concretas das simetrias das grandes com as pequenas escalas de eventos urbanos.

A quinta dimensão do espaço, o cotidiano (Santos, 2009), tornou-se conhecida. Dela decorreu a simples constatação de que os modelos urbanos para ordenamento das cidades são metáforas da realidade. A minha participação como pesquisadora se restringiu, nas circunstâncias do trânsito, a contemplar o padrão urbano e a participar passivamente dele. À míngua de explicações simples, muitas vezes, a emergência de metáforas pode decretar a morte dos conceitos, dado que a metáfora é vista por Borges (1974) como uma simpatia entre conceitos.<sup>7</sup> No entanto, o conhecimento baseado na investigação de hipóteses exige que se realce a tarefa de separar metáfora e conceito. O entendimento do que está por vir, não no futuro, mas agora, exige esse rigor metodológico. Nascem, desde então, especulações pessoais motivadas, a maior parte delas, pelas metáforas do cotidiano<sup>8</sup>: se haverá, na Terra, superfície suficiente para abrigar as necessidades das populações urbanas; como propiciar a coesão

---

2008, refletem dados de 2005 e contêm análises para 150 nações desde 1961 até 2005, como o cenário de que seria necessário 1,31 planeta Terra para sustentar as demandas humanas (Global Footprint Network, 2008).

<sup>6</sup> Masdar é uma cidade que está em construção e foi criada como uma compensação ecológica de Adu Dhabi, nos Emirados Árabes Unidos, onde se encontram cerca de 8% das reservas petrolíferas mundiais. Adu Dhabi se localiza no deserto árido, não possui água potável, seu mar está poluído e não existe solo arável, apenas uma cobertura de areia. É a cidade que apresenta o maior consumo de combustíveis per capita do mundo, sendo completamente dependente de automóveis, do ar-condicionado e da dessalinização da água que consome (Heathcode, 2009).

<sup>7</sup> Para J. L. Borges (1974), toda palavra, em sua origem, é a metáfora de uma coisa.

<sup>8</sup> Vários seriam os exemplos das metáforas do cotidiano, porém o que importa destacar é que uma série delas é utilizada como um recurso de compreensão e de persuasão para domínios de natureza abstrata, como o tempo e o espaço, não se restringindo a uma figura de linguagem, mas de pensamento (Lakoff & Johnson, 1980; Lakoff, 1993; Vereza, 2007).

social urbana por intermédio do aumento da densidade construída e do emprego intensivo do Uso Misto; o que fazer para tornar próximos o domicílio, o local de trabalho e os espaços verdes; como desenvolver o meio ambiente urbano para maximizar o uso múltiplo e flexível dos espaços públicos a longo termo, com o propósito de serem duráveis e resistentes; o que fazer para adotar a mobilidade verde e estimular os transportes coletivos, os deslocamentos a pé e de bicicleta; como integrar a natureza para criar um ecossistema urbano equilibrado.<sup>9</sup> E, por último, se haveria evento de pequena escala que, despercebidamente, atuaria como um mecanismo desordenador da vida nas cidades.

No cotidiano, na dimensão do que está por acontecer, é primordial saber lidar com a ordem anônima do caos urbano, a que impede o “funcionamento regular” dos compromissos, dos eventos programados com antecedência – em outras palavras, passar a compreender o “menos” e o “pior”, ou seja, a desordem bárbara, para então tratar dela. Como disse Sartre (1967), “compreender é mudar” e, ao entender como as coisas são, especular como deveriam ser. O registro da experiência do cotidiano busca, no mundo científico, uma verificação, e é o momento em que surge a lembrança de que não foram os urbanistas, mas sim os biólogos que tiveram um papel especial na renovação das utopias. Os biólogos, seja por suas interpretações da realidade, derivadas da teoria do caos, como a partir da ecologia, seja pela aplicação dos princípios de justiça aos recursos naturais comuns, refundaram as perspectivas humanas na Terra (Carson 1964; Hardin, 1968; Laborit, 1988; Gleick, 1991).

Por sua vez, na configuração do território, onde há o predomínio da quarta dimensão do espaço, ou seja, o tempo, foram os engenheiros que inventaram tecnologias inovadoras para a escala do invisível: uma superposição de sistemas de infraestrutura e de tipos de edificação abaixo da superfície do solo, literalmente na terra (Assis, 2006a, 2007). Tais edificações constituem gerações de espaços públicos, como logradouros, ruas, estradas, que não são vistos como formas de organização espacial da superfície – basicamente uma cidade dentro da cidade.

Transformar especulações em hipótese de pesquisa não é simples questão de redação ou formalidade. Não se trata de uma interrogação unilateral, cuja resposta seja longa, cansativa e óbvia, embora teoricamente fundamentada. Delimitar um questionamento abrangente, multidisciplinar, sequioso de entendimento é uma tarefa intelectual que reflete convicções, utopias pessoais, mas que pertencem, também, ao domínio do necessário,

---

<sup>9</sup> Ética do uso e da ocupação do solo urbano (Beatley, 1994).



objetivo e sintético (Medeiros, 2007). Nesse caminho de análise do cotidiano, ao perceber que os objetos não mais querem obedecer à regência da justiça, da ordem urbana, ameaça-se a noção de civilização. No dia a dia, o medo do imprevisto cria circunstâncias em que a incolumidade reina, e a justiça, dominada, passa a ser serva de um discurso. É o discurso da utilidade, do consumo, do custo, da rapidez, sem o qual, nos dias de hoje, nada se faz.

A realidade do discurso dos objetos torna mais fácil, automática e fluida a vivência do cotidiano, pois o mundo inventa, a cada dia, uma novidade. E o lugar do mundo onde os objetos e as pessoas mais se movem é a cidade. Nela, cada indivíduo se torna mais ignorante do que as coisas novas são de fato. Por exemplo, as bulas, que no passado eram indispensáveis para saber as virtudes dos medicamentos, são hoje uma permanente precisão do ser humano no mais tolo afazer da cada dia. No século 20 os milhares de objetos que a humanidade criou, mais do que em todos os milênios precedentes, exalam um discurso (Arendt, 2005; Santos, 2009) – um discurso que vem da sua estrutura interna, revelando a sua funcionalidade, e que impõe a criação cotidiana de um homem ignorante do novo tecnológico.

A tecnologia é a grande banalidade e o grande enigma; ela comanda a vida na Terra, modela a natureza, produz essa quantidade de objetos (Brüseke, 1998; Siqueira, 1998; Jonas, 2006). Porém, o acaso há muito informa que seu “maravilhoso escultor” é o tempo (Yourcenar, 1985) – não exclusivamente aquele tempo da rapidez, da fluidez, da instantaneidade, da velocidade da luz. O século 20 enobreceu criações antigas, reinventadas com o motor no século 19, tornando-as peças tecnológicas cada vez melhores e mais consumidas pela humanidade, como o navio, o avião, o trem, o ônibus, o caminhão, o carro e a moto. O início do século 21 tem como desafio equipá-las de uma série de inovações que as tornarão menos agressivas ao meio ambiente, os conhecidos “veículos verdes”.

Diferentemente disso, a cidade permanece estática, seja pela natureza, seja pela característica dos objetos urbanos que a formam. Porém, essa materialidade original custa muito caro para renovar. Desse modo, para abrigar as necessidades de crescentes populações humanas, tem sido preferível expandir as demandas e os domínios das cidades pela superfície da Terra (Jacobs, 2000). Assim, o problema do espaço ganha, nos dias de hoje, uma dimensão que ele não havia atingido antes. Em todos os tempos, a problemática da base territorial da vida humana sempre preocupou a vida coletiva. Mas, nesta fase atual da história, tais preocupações redobram, porque os problemas ambientais se acumularam (Global Footprint Network, 2008; Plank Foundation, 2009).

A próxima etapa do desafio herdado do século 20 será oferecer para a maior parte da população veículos a baixos custos de produção e de venda, principalmente para os habitantes das cidades. Resolvido o problema ambiental urgente (Weisman, 2007; Brown 2008; Lutzemberger 1990), surgirá outro, de maior impacto e potência. Não é difícil imaginá-lo: um cenário onde todos aqueles que desejarem dirigir sejam proprietários de um carro e possam usufruir desse bem como quiserem, parecido com o sonho de Lucio Costa ao inventar Brasília (Costa, 1991; Carpintero, 1998). Hoje, já se veem domicílios que abrigam mais carros do que moradores. É duplamente enganoso esquecer por completo a questão ética nos desafios urbanos, pois há necessidade de renúncia ou sacrifício, para que se enfrentem as desigualdades que diminuem as oportunidades do ser humano (Beatley, 1994; Rawls, 2003, 2002).

O urbanismo não deve estar a serviço de regularizar desigualdades decorrentes das escolhas de vida de cada um. Tais escolhas são responsabilidades do indivíduo, e não do Estado, pois ele não deve regular o gosto dispendioso (Beatley, 1994; Dworkin, 2005; Pires, 2009), assim como não deve cair na cilada de acreditar no poder emancipador da tecnologia dos objetos para valorizar o espaço público, nem tampouco de escolhê-la como um paradigma para expandir as capacidades do cidadão, sem limitar, ao mesmo tempo, as suas liberdades individuais (Jacobs, 2000; Santos, 2009).<sup>10</sup> A tecnologia dos objetos é um atrativo moderno, quase irresistível, que insinua que, quanto mais depressa se consegue uma coisa desejável, mais certo é alcançar uma outra, oferecendo uma falsa promessa de autonomia irrestrita (Wells, 1997, 2001).

Paralelamente àquelas criações modernas, a pesquisa demonstrou que se contrapunha uma renovação à rigidez consolidada na superfície de algumas cidades. Isso sem qualquer ordenamento e princípio de justiça, apenas como compensação ao que já não era adequado, ou possível, existir na superfície da Terra (Hénard, 1911; Utudjian, 1964, 1966; Carmody & Sterling, 1993; Wells, 1990, 1997, 2001; Barles, 2002). Redescobria-se a capacidade do subsolo urbano (Assis, 2005), não como visto antigamente, isto é, como abrigo contra o tempo, mas como o lugar daquele novo tempo. O tempo se encarregou de esculpir a natureza encontrada, e, na falta de planejamento urbano, de ordenamento do conjunto no subsolo, a engenharia incumbiu-se de providenciar técnicas seguras para a ocupação humana.

Em algumas cidades, como Paris e Londres, passaram-se mais de 100 anos desde as primeiras edificações modernas intencionalmente dispostas no subsolo urbano (Barles, 2001). O

---

<sup>10</sup> Choay (2007) afirma que algo, ao se manifestar pela desordem, atrai sua antítese, a desordem.

transporte de alta capacidade foi transferido para os subterrâneos dos centros dessas cidades, como opção para resolver os conflitos de trânsito na superfície (Utudjian, 1964, 1966). Na era moderna, esse foi o primeiro ciclo de criação de espaços urbanos subterrâneos como princípio para equilibrar as necessidades humanas de consumo da Terra. Mais tarde, eles caracterizarão o que atualmente se denomina por cidade tridimensional, em contraposição à bidimensional, densa e povoada de arranha-céus, e à unidimensional, caracterizada pelo espraiamento horizontal (Carmody & Sterling, 1993; Boisvert & Lewis, 1995; Besner, 2000; Barles, 2002; Choay, 2007).

No Brasil, não há como tratar da ocupação do subsolo urbano sem ser acusado de certa insensatez. As ausências de publicações e de pesquisas regulares relacionadas à arquitetura e ao urbanismo subterrâneo são as primeiras justificativas utilizadas para desmerecê-los como categorias para o conhecimento da cidade. Em seguida, aparece a argumentação do clima ameno e da vastidão do território brasileiro como vantagens naturais inesgotáveis e insuperáveis. E, por último, há o questionamento a respeito do insofismável, ou seja, a respeito de o que levaria alguém a querer morar no subsolo, a deixar a superfície. Naturalmente, o medo de habitar o lugar destinado aos mortos conduz ao raciocínio anterior.

Em 2007, a necessidade de coletar dados, de ter acesso a publicações e bibliografia especializadas e de verificar casos históricos de ocupação do subsolo urbano foi determinante para meu encontro com o Prof. Dr. Eng. Raymond Sterling, da Louisiana Technology University, nos Estados Unidos, que coordena o Trenchless Technology Center (TTC). De lá, conforme as orientações do Prof. Sterling, segui para a Pensilvânia, onde estão os trabalhos de Malcolm Wells, pioneiro da Earth Sheltered Architecture. Estive na Université de Montréal, com o Prof. Dr. Michel Boisvert, do Institut d'Urbanism, coordenador do Observatoire de la Ville Intérieure (OVI) e membro da Associated Research Centers for Underground Space (ACUUS), e com Jacques Besner, arquiteto e planejador urbano, membro da prefeitura de Montreal e um dos criadores da ACUUS.<sup>11</sup> Esses contatos e análises estabeleceram as conexões que eu buscava entre tecnologia e utopia contemporânea.

Na era urbana, a humanidade enfrenta um novo problema.<sup>12</sup> Como jamais visto na história, ele é comum a todos, independentemente da nacionalidade, da raça, do credo, do

---

<sup>11</sup> É também pesquisador e professor associado ao OVI e da Université de Montréal.

<sup>12</sup> O “dilema do prisioneiro”, que demonstra o conflito entre os interesses individuais e sociais; o “dilema do passageiro clandestino”, que apresenta o conflito de que a existência de um bem público à disposição de todos é independente da contribuição individual de cada usufruidor; o conflito de que tudo tem seu preço, inclusive a vingança da natureza por desequilíbrios ambientais, é exposto no dilema “um almoço nunca é de graça” (Beatley, 1994).

gênero, da formação ou da renda, pois as escolhas de uns afetam a todos do planeta, como, por exemplo, nas relações com o ambiente (Global Humanitarian Forum, 2009; UNPD, 2007, 2008, 2009). Porém, essas são escolhas extremamente injustas, pois aqueles que menos poluem são os que mais sofrem os efeitos nefastos das alterações decorrentes da poluição. A ciência, por sua vez, é desafiada a assumir um compromisso, uma responsabilidade inadiável de buscar fontes limpas e renováveis de energia. E, mais adiante, de perseguir demandas razoáveis, que ofereçam paradigmas novos para cada área do conhecimento e que se sustentem nos princípios da justiça e da equidade ambiental (Beatley, 1994; Rawls, 2002, 2003; Dworkin, 2005). É nessa trilha da sustentabilidade urbana, de uma utopia realista que se apoia na ética do uso e da ocupação do solo, que caminha a presente tese, e não apenas na trilha da tecnologia das escavações subterrâneas.

## 1.1 NOTAS SOBRE OS OBJETIVOS E O MÉTODO

O projeto de pesquisa para ingresso no programa de doutorado apresentou como foco da investigação a sustentabilidade urbana e determinou o carro como elemento desagregador da cidade e destruidor do ambiente (Diniz<sup>1</sup>, 2004). No entanto, seria enganoso apresentá-lo como o verdadeiro vilão do ambiente natural e do construído. Na realidade, o carro é a engrenagem mais sofisticada e visível de um filme, cujo título, caso existisse, poderia ser *A cidade sem fim*. Nele, os atores principais, o “mais” e o “melhor”, disputariam uma fatia, cada vez maior e melhor, do solo do planeta. Dependendo da cidade escolhida para servir de cenário, o “mais” e o “melhor” apareceriam ora montados em um cavalo, ora dirigindo um automóvel, pedalando uma bicicleta, andando de ônibus, de metrô ou até mesmo a pé (Jacobs, 2000).

Necessário, apesar de difícil, foi identificar a peça invisível que tem sustentado, há muitas gerações, os ninhos do “mais” e do “melhor”. Inúmeras foram as tentativas de encontrar o avesso do direito na realidade da era urbana.<sup>13</sup> Lançou-se mão de sofisticadas tecnologias e técnicas para filtrar os dados coletados: GPS<sup>14</sup>, GIS<sup>15</sup>, imagem de satélite. Em quaisquer daqueles recursos, a leitura da realidade se faz dependente da presença da luz, em

---

<sup>13</sup> Trocadilho para “O avesso e o direito” (Camus, 1995), acrescentando, no texto, o sentido de impróprio, inadequado.

<sup>14</sup> GPS – Geographic Position System.

<sup>15</sup> GIS – Geographic Information System.

maior ou menor grau de intensidade, mesmo nos sofisticados aparelhos dotados de dispositivos infravermelhos. Luz transformada em vetores coloridos, em *pixels*, em frequências de ondas. Porém, a antítese do visível é o invisível, que não se mostra na presença da luz.

A película precisou ser levada para um ambiente escuro, negro, para o subsolo das cidades e se afastar do brilho refletido pelos milhares de objetos, que parecia um grave obstáculo à instalação do processo de reflexão. Lugar a princípio hostil e insalubre, a escuridão dos ambientes subterrâneos foi potencialmente reveladora da inconsistência da suposição inicial. A hipótese residia em confirmar o nexo de causalidade entre condição urbana e fluidez. E, a partir disso, demonstrar o transporte coletivo urbano como um dado essencial a um modelo irrefutável de cidade sustentável, limpa e durável (Vasconcellos, 1999a, 1999b, 2001; ANTP, 1999).

Naqueles contornos de pesquisa, a tecnologia do transporte urbano estaria sintetizada nas máquinas que incrementam padrões de deslocamento humano nas cidades, sejam eles individuais ou coletivos, limpos ou poluentes. O *design* desses engenhos, aliado à sua eficiência, principalmente velocidade e consumo de energia, compareceria em ilustrações de estudos de variados exemplos, como os existentes nas cidades de Curitiba, Bogotá e Portland. Nessas cidades, o transporte é ponderado como o principal elemento articulador de políticas públicas sustentáveis que visam à recuperação de áreas urbanas degradadas ou, mesmo, como indutor do crescimento de zonas com potencial imobiliário (Branco, 1998; Pescatori, 2007). Ao analisá-las, comparando índices de qualidade de vida, seria confirmado o nexo de causalidade entre melhoria da vida urbana e garantia de fluidez nos deslocamentos.

Porém, algo fazia nascer a sensação de um conjunto mutilado. A condição urbana da fluidez sustentável tem sido adotada como argumento, e até como desculpa, para quaisquer melhorias na vida urbana e nos transportes coletivos: patrimônios são eliminados, contatos são desfeitos e áreas impermeabilizadas são ampliadas. Esses aspectos levantaram a questão da escala da ação duradoura baseada no espaço, no solo onde se assentam as denominadas políticas de transporte sustentável (Ministério das Cidades, 2009; GDF, 2009; Ipea, 2009; ANTP, 2009).<sup>16</sup> A escala ilustrou os riscos das ações fundamentadas na adoração firme aos objetos facilitadores do ir e vir nas cidades.

---

<sup>16</sup> Também conhecidas como políticas ou programas de mobilidade sustentável.

O medo de recusar o novo criou uma necessidade falsa e midiática pelo espetáculo cenográfico da paisagem natural, onde parte da natureza é apresentada como se fosse o todo, ensejando uma complexa fantasia de consumo: bondes movidos a eletricidade transitando em lâminas d'água e sobre gramados verdes; corredores exclusivos de transporte onde ônibus movidos a diesel permitem que o passageiro observe, a partir de suas janelas, o azul brilhante de um céu limpo; estacionamentos para carros recobertos com pisos intertravados, fabricados com materiais reciclados, que possibilitam a penetração das águas das chuvas na base do pavimento compactado; e “telhados verdes”, que absorvem as águas das chuvas, evitam o



Figura 3 VLT (bonde) Houston, EUA  
Fonte: Arquivo pessoal (2007)



Figura 4 VLT (bonde) Brasília, DF  
Fonte: Divulgação METRÔ-DF (2009)



Figura 5 Telhados Verdes  
Fonte: Correio Braziliense (2009)



Figura 6 *Earth Sheltered Home*  
Fonte: Adaptado de Wells (2002)

-Malcolm Wells  
2002

Inúmeros são os erros que surgem, a um custo social e ambiental alto, quando se perde a lucidez e a capacidade de gerar conhecimento a partir da ética aplicada à tecnologia (Sánchez,

2005; Brüseke, 1998; Zancanaro, 1998; Jonas, 2006).<sup>17</sup> Mais assustador ainda é fazer conjecturas a respeito do modelo de cidade que se produz ao desvincular o seu planejamento da tecnologia das estruturas, daquelas que são o suporte físico para a urbanização e que materializam o impulso irresistível da humanidade na busca de felicidade e do bem-viver (Billington, 1985; Cerdá, 1996; Carpintero, 1998). A pergunta da pesquisa foi alterada, desviando-se de avaliar a necessidade de conjugar o planejamento territorial com o de transportes, mediante as premissas da sustentabilidade – algo que já era perfeitamente claro e, por isso, desalentador. A pergunta da pesquisa ficou direta: *por que não o subsolo?*.<sup>18</sup>

A hipótese não mais se associava a uma resposta previamente testada (Assis, 2007; Medeiros, 2007) e óbvia para uma tese de doutorado, ou seja, o transporte individual como elemento desagregador das cidades e como fator que contribui para a degradação do ambiente natural, notadamente na indução de um consumo desmesurado da superfície, transformando solos ricos e férteis em áreas pobres e impermeabilizadas (Jacobs, 2000; Diniz<sup>1</sup> et al., 2005). Por outro lado, eram desconhecidos os motivos que aparentemente impediam a existência de espaços qualificados no subsolo das cidades brasileiras (Assis, 2006h, 2007; Carpintero, 2007). Também não se identificava quais seriam as vantagens de enterrar edificações e funções urbanas, já que o território brasileiro é vasto, dotado de superfície exuberante e majoritariamente dominado por climas tropicais.

As três fronteiras do espaço urbano – superfície, abaixo e acima dele – têm sido conhecidas e exploradas independentemente uma das outras (Utudjian, 1964, 1966; Boisvert & Lewis, 1995; Brégeon, 1995). As consequências de tais procedimentos não estão devidamente esclarecidas em todo o seu espectro, e o que não está bem delimitado é como o espaço tridimensional pode ser efetivamente utilizado para reduzir a severidade dos problemas urbanos ou, mais especificamente, para equilibrar a demanda pelo solo localizado na superfície urbana. Portanto, o objetivo principal desta tese é analisar as razões pelas quais o subsolo não é razoavelmente integrado ao planejamento do uso e da ocupação do solo urbano. Por sua vez, os objetivos secundários que norteiam essa análise são os seguintes: problematizar a idéia de que o subsolo é um recurso infinito, identificar a quem pertence o subsolo, entender como se agrega valor econômico ao mesmo e associar a ética do uso do solo à ocupação do subsolo urbano.

---

<sup>17</sup> Faço uma interpretação da argumentação de Sánchez (2005) a respeito da arte estrutural como, na realidade, uma ética prática aplicada à tecnologia estrutural, no molde dos pressupostos originais de Billington (1985).

<sup>18</sup> *Why go underground?* A questão é título de artigo de Jean-Paul Godard, ex vice-presidente da International Tunneling Association (ITA), apresentado durante conferência da ACUUS em Turim, Itália, em 2002.

A ideia de um ponto de partida igualitário, desvinculado de uma concepção que se concentrasse em um ideal e excluísse outro, e ajustado a um sistema equitativo de cooperação social<sup>19</sup> foi determinante para estruturar a investigação e fornecer os contornos éticos da pesquisa (Beatley, 1994; Rawls, 2002, 2003; Dworkin, 2005). Assim, foi necessário inverter o recorte teórico e, ao invés de buscar constantes fundamentadas na crença da neutralidade estatística<sup>20</sup>, reconhecer que as teorias de justiça, derivadas da concepção de equidade, fornecem as respostas razoáveis para os problemas nascidos de concepções morais arraigadas e preconceituosas (Diniz<sup>2</sup>, 2006). Exemplos dessas concepções são as que potencializam a capacidade dos veículos de transporte em nome de uma política compensatória para desigualdades de acesso a postos de trabalho, a escolas, a hospitais, a equipamentos públicos e a amenidades urbanas (Pires, 2009).

Nessa perspectiva, a análise de custo-benefício assume um papel preponderante na avaliação de recursos e na viabilidade de medidas e ações relacionadas ao uso e à ocupação do solo urbano (Lei nº 9.985/2000). Todavia, o critério da eficiência econômica, fundamentado em uma matriz utilitarista, não se mostra adequado para resolver controvérsias resultantes do valor econômico de um recurso natural comum como o solo. Ao fundamentar decisões a respeito da implantação de infraestruturas, como as de transporte<sup>21</sup>, compatibilizando-as com as atividades planejadas para o solo urbano, a abordagem utilitarista é insuficiente no sentido de promover uma distribuição equitativa dos recursos comuns da sociedade (Beatley, 1994; Rawls, 2002; Dworkin, 2005).

Assumir a equidade como um possível paradigma para a cidade do século 21, bem como entender e explicar as responsabilidades e implicações desse acordo coletivo, foram fundamentais para a construção do método adotado na pesquisa, que é predominantemente exploratória, pois avalia a base teórica e os conceitos aplicáveis ao problema exposto na hipótese. A pesquisa é também qualitativa, na medida em que fornece dados dessa natureza; na fase inicial da análise da hipótese (capítulo 2), adota o mecanismo indutivo da argumentação, mas, logo a seguir, assume a dedução como consequência lógica da pesquisa (capítulos 3, 4 e 5) e utiliza a técnica de descrição nas análises e verificações realizadas a

---

<sup>19</sup> A cooperação em Rawls é assegurada pelo contrato social, do qual a Constituição Federal é um exemplo.

<sup>20</sup> Arendt (2005) critica o conhecimento que acredita na objetividade da estatística.

<sup>21</sup> Consideradas por diferentes autores como as mais estruturantes da ordenação urbana (Costa, 1991; Déak, 1999; Bardet, 2001; Corbusier, 1993; Jacobs, 2000; Villaça, 1999; Mumford, 1965, 1963).



partir dos exemplos selecionados nos capítulos 4, no estudo de caso procedido no capítulo 5 e na discriminação de diretrizes formuladas no capítulo 6 (Popper, 2009).

Entretanto, é relevante lembrar que o entendimento do conflito social representado na “tragédia dos comuns” (Hardin, 1968) compareceu como um princípio sintetizador de todas as demais contribuições teóricas e, sem sombra de dúvida, como um salvo-conduto científico para argumentações de natureza ética e moral no âmbito de aplicações da engenharia e do urbanismo, por exemplo. Durante a submissão desta tese ao exame de qualificação, três dúvidas da banca permaneceram sem respostas: como agregar valor econômico ao subsolo urbano, o que evidencia, ou prova, a possibilidade de o solo ser um recurso finito e a quem pertence o subsolo urbano. Como efeito, os três questionamentos juntos originavam um conflito entre valores individuais e coletivos, entre interesses privados e públicos na exploração, consumo, uso, usufruto e posse de um recurso comum e natural.

É ao buscar respostas a essas perguntas que se chega à parábola de Hardin (1968), ensaio que apresenta a hipótese de destruição de um recurso comum e o problema do aumento populacional diante da exploração crescente de um recurso finito, o pasto utilizado pelos *commons* na Inglaterra Medieval, que era também conhecido como a “área dos *commons*”, ou seja, de domínio público e sem limites definidos para a sua utilização. No cenário disposto por Hardin (1968), os benefícios pelo usufruto da terra dos comuns são individuais, mas os impactos negativos são coletivos, apesar da situação inicial em que todos têm iguais condições de disputa. O resultado é um cenário em que o prazer irrestrito conduz à ruína do recurso comum e daqueles que dependem dele, pois, sendo muitos e variados os que procuram os benefícios por ele oferecidos, acabam por destruir o seu bem mais precioso (Beatley, 1994; Pepper, 1993).

A partir dessas considerações e reflexões, delimitou-se a proposição que esclarece o problema da pesquisa e a sua relevância: por que a cidade não cresce, mediante um planejamento, em direção ao subsolo? Pois bem, apenas o senso comum responde a essa pergunta e, ao fazê-lo, estabelece verdades que não são refutadas, tais como: porque construir no subsolo é caro, ou, pelo menos, mais dispendioso do que na superfície; porque o ser humano dispõe da imensidão da superfície do solo; porque o subsolo é um meio insalubre para a ocupação humana; porque o ser humano precisa de sol, de ar fresco e da presença da natureza; porque é melhor, por cautela, reservar o subsolo para o momento em que seja mandatório ocupá-lo; porque não há meios de delimitar, fisicamente, os limites de propriedade para construções subterrâneas; porque as técnicas construtivas e as tecnologias

estruturais foram concebidas para vencer o desafio de habitar acima do solo, na camada de ar, em vez de dentro do solo ou rocha, que foi o domínio dos povos primitivos; porque o subsolo só é utilizado em situações de fragilidade humana perante um meio ou uma circunstância adversa, como o clima e a guerra.

Se de um lado Hardin (1968) delimita as variáveis que formam o paradoxo – limites para a igualdade e para a liberdade na exploração e no uso de um recurso comum –, de outro, é Rawls (2001) que fornece uma explicação aos direitos e às garantias fundamentais das pessoas, como livres e iguais, unidas pelo compromisso de cooperação social, como as que fazem parte de sociedades democráticas. Assim, essa tese se inicia como uma reflexão a respeito da ética utilitarista aplicada ao uso do solo, pois, como é demonstrado em *Solo: alicerce das escolhas*, no capítulo 2, é essa ética que justifica as opções morais frequentemente tomadas – e, por essa perspectiva, o que é moralmente correto é o que gera valor econômico (Beatley, 1994). Por outro lado, os planos diretores de uso e de ocupação do solo urbano refletem promessas formuladas para fins públicos, as quais, portanto, devem ser mantidas, diferentemente das expectativas baseadas em utilizações lucrativas, pois estas não têm o mesmo peso moral das outras e, por isso, não permanecem.

O capítulo 3, *Solo: a ética do uso e da ocupação*, mostra que as promessas públicas relativas aos usos do solo devem resultar de ações explícitas, as quais se concretizam em planos de ordenamento do território e em planos urbanísticos e setoriais, como os de transporte e habitação. Esses documentos devem funcionar como promissórias e garantias de realização das expectativas da população e refletir um acordo, pois influenciam na vida e no destino das pessoas e, por isso, têm implicações morais. Identificar os benefícios de uma possível maximização do uso do solo e valorá-los em uma análise de custo-benefício é modelo insuficiente para estruturar um paradigma para o uso do solo (Beatley, 1994). Uma ética para o uso do solo tem que conter limites que atuem como restrições à maximização utilitarista, como a exposta na tragédia dos comuns (Dworkin, 2005).

De todo modo, a distribuição do solo para diferentes usos e atividades implica julgamentos éticos. Tais julgamentos derivam de escolhas e decisões frequentemente discutidas em termos econômicos, técnicos, legais e políticos, mas não resolvem dilemas tais como a necessidade de acomodar nas cidades mais pessoas, com melhor qualidade de vida, sem aumentar as distâncias dos percursos diários obrigatórios e sem fomentar o desperdício de recursos naturais da superfície com usos e atividades que dele não dependem. Resumindo, as decisões referentes aos usos e ao modelo de consumo do solo afetam a condição e a

qualidade do ambiente natural e construído e, por conseguinte, a qualidade de vida das populações, constituindo o paradigma de uma época que Assis (2005, 2006c) e Parker (2004b) denominam de Era Ambiental. Essa era pressupõe um respeito básico por todas as formas de vida e uma concentração e esforço para minimizar os impactos das ações humanas noutros membros da comunidade biótica, sejam eles organismos individuais, espécies ou os ecossistemas que os suportam. Nessa perspectiva, a ética do uso do solo procura propor e alcançar uma justiça equitativa de modo que as condições de vida dos mais desfavorecidos sejam melhoradas, sem comprometer o desenvolvimento econômico, entendido aqui no sentido restrito do crescimento físico da cidade em função do incremento das demandas sociais e do aumento populacional.

O capítulo 3 se encerra evidenciando os seguintes aspectos: (a) as pessoas têm suportado o fardo de custos não escolhidos por elas e que são assumidos por outros em políticas públicas urbanas; (b) nas cidades, a distribuição justa de um bem primário, como o tempo, é dependente do balanceamento e da compensação de usos e de atividades alocados na superfície e no subsolo; (c) os planos diretores territoriais e de ordenamento do uso do solo são instrumentos idênticos à metáfora do leilão proposta por Dworkin (2005)<sup>22</sup> e, por isso, deveriam ser precedidos por ações compensatórias das desvantagens naturais e fundamentados em pesquisas de opinião; (d) a declaração de preferências urbanas só é válida quando se fundamenta em critérios razoáveis; e (e) nos planos e projetos urbanísticos e de transportes, a quantidade de recursos da sociedade, que é dedicada para compensar desvantagens naturais, é limitada ao uso extensivo da superfície do solo.<sup>23</sup>

Para opinar, optar e decidir, ou seja, para fazer escolhas razoáveis, é fundamental ter acesso à informação. O capítulo 4, cujo título é *Subsolo: espaço para escolhas razoáveis*, preenche, portanto, uma lacuna nas fontes de leitura, por intermédio de uma revisão panorâmica de publicações relacionadas ao tema, apesar de fazer parte de uma tese que evita o modelo enciclopédico, em que a estruturação do texto é feita por meio de capítulos

---

<sup>22</sup> Para que as pessoas possam tomar decisões em situações semelhantes, Dworkin (2005) defende a distribuição inicial igualitária de recursos, e não a igualdade de bem-estar. Apesar de a igualdade ser a principal preocupação do autor, a liberdade tem lugar fundamental em sua teoria. O exercício de pensamento criado por Dworkin (2005) para garantir a divisão equitativa e justa dos recursos iniciais é o leilão. É a metáfora para um instrumento distributivo em um sistema cooperativo, onde o leiloeiro é o Estado, que corrige as injustiças.

<sup>23</sup> A cooperação social organiza as instituições públicas justas, nas quais as questões políticas fundamentais foram razoavelmente decididas a partir do consenso entre os cidadãos com o uso da razão pública. A razão pública não apenas aumenta a reflexão pessoal na teoria do bem de cada um, mas também garante que todos tenham voz no estabelecimento de suas próprias decisões, possibilitando o desenvolvimento adequado de suas capacidades morais políticas (Rawls, 2002).

classificados por assuntos da pesquisa. No Brasil, não há publicações dedicadas à arquitetura e ao urbanismo subterrâneos, o que constituiu justificativa suficiente para recuperar marcos históricos do processo de ocupação do subsolo, de tal maneira que pudessem ser também apresentados os postulados intrínsecos ao planejamento desses espaços. Esse capítulo visa, ainda, demonstrar que a ocupação do subsolo não se trata de uma novidade repentina, de um modismo tolo, nem tampouco de uma súbita histeria.

Logo a seguir, *A oferta de subsolo*, referência para o capítulo 5, buscou identificar como o subsolo é ofertado à população das cidades, seja na positivação de um plano diretor territorial, seja nas justificativas para implantação de projetos de “transporte sustentável”. Constatou-se que recentes políticas públicas, por intermédio de planos diretores e de programas de transporte,<sup>24</sup> ampliam a oferta de solo urbanizado na superfície, potencializando, no decorrer dos anos, a desigualdade distributiva de importantes recursos naturais.<sup>25</sup> Além disso, observaram-se fortes evidências de que as decisões fundamentadas na lógica da exploração extensiva da superfície do solo aumentam, significativamente, os custos exigidos para a manutenção, preservação e conservação urbanas.

O último capítulo, *Subsolo: o solo da Era Ambiental*, sistematiza os argumentos construídos previamente e responde, consolidando os capítulos anteriores, ao “por que não o subsolo?”. Refuta, por intermédio da elaboração de cenários prospectivos, a possibilidade de se continuar adiando o aproveitamento do subsolo. Nele se encontram ilustradas, analisadas e comentadas tendências de crescimento urbano para o Distrito Federal, em contraposição com o presente, que reflete escolhas do passado recente, o qual produziu um urbanismo dependente de gigantescas jazidas minerais, localizadas no subsolo rural, e de safras agrícolas recordes, produzidas sobre a superfície do solo rural.

A natureza está virtualmente indefesa para esse arranjo de cidade brasileira<sup>26</sup>, que, tal qual a multiplicação de objetos de consumo, se massificou nos últimos trinta anos: a ocupação extensiva da superfície do solo e a degradação do subsolo. Por não ter inimigos naturais

---

<sup>24</sup> As justificativas para a seleção de Brasília e do Distrito Federal como exemplos para o estudo estão discriminadas no capítulo 5.

<sup>25</sup> Para Rawls (2002), as instituições públicas devem oferecer condição equitativa de acesso aos bens primários – elementos essenciais para a construção dos diferentes planos de vida de cada cidadão, como saúde, ensino, cultura etc. A equidade estará sempre ligada à sociedade justa. Equidade e igualdade possuem significados independentes dentro da concepção de justiça. A igualdade tem por base o conceito de cidadania, em que todos os indivíduos são iguais, tendo os mesmos direitos; já a equidade incorpora em seu conceito um valor de justiça.

<sup>26</sup> Essas soluções destinam imensas parcelas de superfície para edificações que não precisam, em função de serem artificialmente climatizadas, estar localizadas na superfície do solo. Tais edificações adotam a construção como elemento de comunicação visual para informar a respeito das atividades ali existentes; porém, demandam localização privilegiada em relação ao centro de consumo.

imediatos, esse modelo de organização da cidade tende a acumular-se, e as consequências em longo prazo desse acúmulo são extremamente perigosas no âmbito local, como enchentes, desabamentos, acidentes de trânsito e contaminações do ar, do solo e da água. Na escala global, elas são totalmente imprevisíveis, pois não há meios de influenciar e de governar, de maneira compartilhada e em regime de cooperação, o tamanho da população mundial, a dimensão e a oferta dos recursos naturais e as demandas sociais em um cenário de prosperidade que derive do atual modelo de crescimento urbano.

Além disso, o capítulo 6 é devotado a reforçar o alerta de Keynes (1963; 2008), influente economista do século 20 que, durante a recessão dos anos 1930, sentiu-se impelido a especular a respeito das “possibilidades econômicas para nossos netos (Keynes, 1963:358)” e concluiu que talvez não estivesse muito longe o dia em que todos seriam ricos, ou seja, em que haveria justiça entre gerações. Voltaremos então, disse ele, “a valorizar mais os fins do que os meios e a preferir o bom ao útil (Keynes, 1963:373)”. Mas Keynes fez um enfático alerta de que ainda não havia chegado o momento para escolher o bom em detrimento do útil, e profetizou que iria demorar pelo menos um século até que fosse possível isso acontecer. Enquanto se aguarda por este dia, ele recomendou que a humanidade simulasse que o justo é injusto e o injusto é justo, ou seja, que “o injusto é útil e o justo não o é”, e adotasse a avareza, a usura e a precaução no trato dos recursos. Porém, é Rawls (2003) quem fornece, pelo princípio da reparação da diferença, a possibilidade da justiça entre gerações mediante a redistribuição dos recursos existentes em sociedades cooperativas, democráticas e contratualistas, em vez de apostar nas virtudes do bem, que são próprias à moral do indivíduo e não das instituições públicas.

Ainda assim, o argumento moral keynesiano é um claro alerta de cuidado, pois considerações éticas não são valores irrelevantes. Elas são um impedimento real para a ciência, para a tecnologia e para a arquitetura que se utilizam de recursos comuns, coletivos e públicos. Com análogo objetivo, Hardin (1968) adota a sutileza da tragédia, não no sentido comum de drama, mas no de perplexidade daquele que constata ter desperdiçado uma rara e nobre oportunidade ao ter insistido em repetir hábitos arraigados, como se não fosse possível fazer de outro jeito. É por isso que Galeano (2007) confere um sentido utilitarista à utopia, para imaginar e caminhar sobre trilhas que a razão moral impede de avançar. Assim, o capítulo 6 encerra o debate a respeito da possível e desejável utilização do subsolo urbano, explorando quais atividades poderiam, preferencialmente, ser enterradas, ao invés de tentar justificar o porquê de elas ocuparem extensas áreas da superfície do solo. A aposta desse

capítulo não recai sobre as escolhas e as obrigações éticas no uso do solo, estas detalhadas por Beatley (1994), mas sobre a visão do subsolo urbano como uma resposta notável (Choay, 2007) para conflitos que nascem dos dilemas de tentar acomodar o crescimento físico da cidade sem ampliar as distâncias em demasia, em favorecer a autonomia do ser humano sem aumentar a dependência dos transportes, de tentar sobrepor atividades diversas, viabilizando a coexistência de usos antes impensáveis, sem desagregar valor econômico à propriedade do solo, de permitir a densificação sem o aumento do gabarito na superfície.

## 2. SOLO: ALICERCE DAS ESCOLHAS

*Thomas Edison encontrou certa vez com dois agricultores que lhe falaram sobre suas propriedades. O primeiro apontou para a linha do horizonte e afirmou que suas terras seguiam para além de onde a vista podia alcançar. O segundo agricultor indicou outra direção e afirmou que suas terras atingiam as bordas de uma montanha ao longe. Em seguida, os dois agricultores perguntaram a Edison qual era a sua propriedade, ao que o grande inventor norte-americano respondeu: sou o dono da paisagem.*  
(Adrian Ricardo Levison, in: Francisco Fernandes, *Quem é quem no subsolo brasileiro*, 1987, p. 4)

O ser humano é conduzido a negar o valor intrínseco aos não humanos: animais, plantas e minerais. A importância deles decorre da utilidade que podem ter para nós (Singer, 1998). É crença corrente que os direitos dos animais, das plantas, dos minerais, da água são limitados ao uso que cada ser humano deles faz e ao valor que cada comunidade a eles atribui. Por outro lado, diversas são as manifestações que estabelecem relações de causalidades espúrias para os desastres provocados pelo acaso anônimo, delegando responsabilidades para o meio ambiente. Pois bem, para a ciência do Direito, nem a chuva, nem tampouco qualquer divindade ou santo religioso, como São Pedro, pode ser réu<sup>29</sup>. Apenas o ser humano pode ser alvo de ações fundamentadas em regras e em normas de justiça, que são positivadas pelo Direito.

Todavia, ao responder à questão da nossa responsabilidade, mesmo para quem só assiste aos dramas humanos, o problema da grandeza da catástrofe fica incompreendido. Acidentes, desastres, catástrofes envolvendo o meio ambiente fragilizam a confiança depositada nos sistemas abstratos do Estado, bem como em seus agentes e peritos (Elliot, 2003). Começa, de um lado, uma crise de confiança e, de outro, uma tentativa de recuperar o terreno perdido, buscando uma reparação para vidas prejudicadas ou arruinadas, independente de serem humanas ou não humanas, mas que haviam sido involuntariamente alteradas em suas existências para condições desfavoráveis dificilmente reversíveis (Jonas, 2006; Brüseke, 1998; Singer, 1998). Assim, restava saber a quem caberia a reparação pelo dano causado e como fazê-la. Confiou-se a tarefa à Economia, incumbida pela vida real a partir de então, a fornecer

---

<sup>29</sup> São Pedro é o santo da religião católica que rege as chuvas. A menção ao santo é apenas uma caracterização que poderia estar igualmente associada a um mito ou a uma divindade de outra religião.

soluções técnicas para problemas éticos (Hardin, 1968).

Diante disso, é o dilema da responsabilização, na designação de culpados pelos desastres, que explicitará a ausência de métodos econômicos na atribuição de valores aos bens naturais, inclusive à própria vida humana (Schumacher, 1983; Pepper, 1993; Brüseke, 1998; Singer, 1998; Jonas, 2006). Foi assim, por intermédio de movimentos sociais euro-americanos<sup>30</sup> da década de 1960, que se associou o valor econômico intrínseco à preservação da vida ao valor moral formalizado pela Justiça do Direito. Desde então, passou a ser justo e necessário reconhecer a ética do meio ambiente natural, sendo por essa razão que a autoridade moral, através do Estado, vem editar normas jurídicas de proteção ao meio ambiente e de justa distribuição de seus recursos, como as incorporadas às leis de ordenamento territorial, que disciplinam o uso e a ocupação do solo urbano (Beatley, 1994).

Constatou-se que, para a natureza, cem gramas de ética prática valiam mais do que a tonelada de um sistema ideal de juízos de valor (Singer, 1998), aparentemente inaplicável aos casos que surgiam. Não havia como orientar a prática a partir de autores clássicos, buscando neles respostas para fenômenos que eles não conheceram ou não perceberam, ou ainda que eles interpretaram com os valores morais das épocas em que viveram (Brüseke, 1998). Uma ética tradicional não era mais correspondente com o princípio universalizante, pois a “ética do próximo” restringia-se, em sua validade, às proximidades físicas do ser humano, e o futuro exigia a aplicação de uma “ética da responsabilidade”, relacionada ao habitat humano na Terra (Elliot, 1997; Singer, 1998; Brüseke, 1998; Jonas, 2006).

Por consequência, a ética do meio ambiente aparece tanto como um novo paradigma para o Estado e para a Economia quanto como uma moral derivada das éticas de justiça e de responsabilidade (Elliot, 1997)<sup>31</sup>. Assim é que a lei tipificou, por motivações éticas, condutas que agrediam o meio ambiente, configurando-as como criminosas e tornando-as passíveis de

---

<sup>30</sup> Tais movimentos eram influenciados pela obra *Primavera silenciosa*, publicada em 1962 pela bióloga Rachel Carson (1907-1964), que defendeu o direito de as pessoas serem perguntadas a respeito dos riscos que elas gostariam de assumir pelo uso de pesticidas – isto é, as chamadas tecnologias da revolução verde – no controle de pragas nas plantações agrícolas. Carson demonstrou a possibilidade de correlação entre doenças crônicas, como o câncer, e o consumo de alimentos controlados com pesticidas. Ela julgava que as pessoas só poderiam optar por esse tipo de alimento se tivessem pleno acesso à informação para, então, decidirem sobre o destino de suas vidas.

<sup>31</sup> A ética não é normativa, mas especulativa a respeito do comportamento humano não natural, ou seja, aquele não instintivo. Busca evidenciar, mediante análise, padrões, hábitos, estruturas, posturas e costumes moralmente adquiridos e socialmente aceitos, ou mesmo refutados. Por exemplo, no cotidiano, são várias as situações decorrentes de problemas morais, sendo o mais comum, e também estrutural, tentar responder a o que se deve escolher. No caso da ciência, a ausência da “ética prática” (Singer, 1998) conduz a uma perda da capacidade crítica diante da realidade. A ética é, portanto, uma reflexão sobre essas práticas (Diniz<sup>2</sup>, 2006).



reparação e de ressarcimento pelo agente causador do dano ambiental (Pessoa, 1981; Condesso, 1999; Machado, 2002). Tal ética não delimita que o crescimento econômico seja mais importante do que a preservação da natureza. Pelo contrário, ela é compatível com valores morais que aceitam o crescimento econômico baseado na exploração de recursos não renováveis como um benefício agregado à presente geração, e possivelmente a mais uma ou duas, mas a um preço que terá de ser pago por todas as futuras gerações<sup>32</sup> (Sachs, 1993, 2009; Beatley, 1994; Pepper, 1993; Singer, 1998).

Medidas de compensação ambiental, ou compensação ecológica, surgem como forma de indenização pelo dano potencial ou efetivo e normalmente não podem ser mitigáveis. Conseqüentemente, o Direito brasileiro incorporou as questões ambientais na Lei nº 9.985/2000, que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC). A lei do SNUC criou, em seu artigo 36, um mecanismo de compensação ambiental que seria uma forma de indenização financeira como reparação a um dano causado à natureza. Nesse caso, empreendimentos considerados de significativo impacto ambiental passam a ser obrigados a destinar recursos no valor de, pelo menos, 0,5% de seus custos totais de implantação a unidades de conservação<sup>33</sup>.

Entendia-se, nos anos 1960, que a Economia se encerrava em métodos cujos significados ignoravam a dependência humana do mundo natural, pois se moldavam a definições de custo que excluía todos os bens comuns, ou seja, os recursos naturais adquiridos gratuitamente na natureza (Schumacher, 1983). Todavia, ao se tornarem garantias salvaguardadas pelo Estado, os recursos naturais foram incorporados aos investimentos e ao patrimônio, público ou privado, como bens de capital, e não apenas de consumo, tais como a água, o ar e o solo. Foi então que nasceu a necessidade de valorar as qualidades de um bem imensurável. Entretanto, a qualidade é mais difícil de ser ponderada do que a quantidade, assim como o exercício da capacidade de julgar e de criar é uma função distinta em relação à capacidade de contar e de calcular, pois envolve, inevitavelmente, valores humanos ou conceitos de moralidade.

---

<sup>32</sup> Alguns autores questionam a respeito dos direitos daqueles que ainda não existem, como as futuras gerações, e se é justo preservar algo hoje, à base da renúncia, para uma situação futura.

<sup>33</sup> Uma Unidade de Conservação compreende um espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes. Tal espaço é legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração e sujeito a garantias adequadas de proteção (IBGE, 2002).

Este capítulo apresenta um panorama dos princípios éticos que fundamentam o debate a respeito dos limites à exploração justa de qualquer recurso natural, adotando como modelo, ao longo da exposição, a armadilha social conhecida como “tragédia dos comuns” (Hardin, 1968). São essas abordagens que norteiam a formalização de regras e de normas de conduta urbana, particularmente as estabelecidas para o ordenamento urbanístico das cidades, que em grande parte dos casos se aplica à superfície do solo. Evidencia, conforme proposto por Hardin (1968), que o livre acesso e a demanda irrestrita por um recurso finito terminam por condená-lo estruturalmente, diante de sua inevitável superexploração<sup>34</sup>. E, compartilhando do conceito da justa distribuição dos recursos existentes proposto por Rawls (2002, 2003), demonstra que a formalização de regras e de normas, em especial aquelas definidas para o uso e a ocupação do solo urbano, envolve soluções técnicas para conflitos entre interesses individuais e a utilização de um recurso finito, que é a superfície do solo. Responde, assim, com a razão pública de Rawls ao ceticismo de Hardin, que não acredita em soluções nascidas do debate público, mas unicamente do poder coercitivo da autoridade constituída. Ambos, porém comungam a idéia de que certas classes de problemas humanos não demandam soluções técnicas, pois elas não alteram juízos morais, isto é, os mitos da tragédia.

Para governar recursos comuns, planejar uma oferta duradoura e a sua justa distribuição, é mandatório exercitar a crítica a respeito de valores morais, como a igualdade e a liberdade, e refletir sobre regras de justiça, como o utilitarismo e a equidade, nas escolhas de um urbanismo cuja face mais visível é aquela representada pela ocupação da superfície do solo e pela implantação das redes de infraestrutura. Tais escolhas, por sua vez, refletem decisões precedidas de análises econômicas dos custos impostos por quaisquer opções. A ética do uso e da ocupação do solo é uma reflexão sobre deveres e obrigações, ou seja, sobre os limites legitimados pelas instituições públicas para a exploração desse recurso comum.

## 2.1 O VALOR E O DIREITO LEGÍTIMOS DO SOLO

A argumentação da conservação e da preservação do meio ambiente tem sido fundamentada em bases diversas, muitos delas não econômicas, como as éticas e as metafísicas, por exemplo (Elliot, 1997; Singer, 1998). Entretanto, apesar de serem razões não

---

<sup>34</sup> Ou exatamente ao contrário, com a tragédia dos anticomuns (simetria) (Buchanan & Yoon, 2000).

econômicas, elas podem gerar consequências econômicas significativas, uma vez que influenciam no consumo de bens (Krutilla, 1967; Schumacher, 1983). Assim sendo, a ponderação do componente ambiental assume um peso significativo na avaliação de empreendimentos urbanos e passa a refletir toda uma discussão sobre as normas e as regras de conduta que delimitam a relação do ser humano com a natureza (Barles, 1999).

No vocabulário de condenação de conceitos e de práticas, são poucas as palavras tão finais e conclusivas como o qualitativo “antieconômico”, bem mais convincente do que “injusto”, por exemplo. Se uma atividade for estigmatizada como antieconômica, seu direito à existência não é simplesmente posto em dúvida, mas energeticamente negado. Chamar algo de imoral ou feio, nocivo ao meio ambiente ou degradante à vida humana, e até mesmo de um perigo para o bem-estar das gerações futuras, não convence ou promove mudança no curso de alguma ação ou prática nociva ao meio ambiente (Krutilla, 1967; Schumacher, 1983; Pepper, 1993; Singer, 1998). Pois, enquanto não se demonstre que algo é antieconômico, ou mesmo econômico, realmente não se questiona seu direito de existir e de se incorporar a um arsenal de possibilidades viáveis, como o ordenamento do subsolo para fins urbanos.

A Economia desempenha um papel central na formação das atividades e das opiniões do indivíduo, uma vez que fornece um conjunto de critérios do que é “econômico” e do que é “antieconômico”, o qual exerce peso diferenciado nas ações do indivíduo, nas decisões dos governos e, inevitavelmente, no planejamento urbano (Krutilla, 1967; Schumacher, 1983). Quando o economista formula um julgamento de que a preferência por esta ou por aquela atividade é “economicamente correta” ou “antieconômica”, surgem duas questões importantes e intimamente relacionadas: em primeiro lugar, o que o veredito significa, ao sancionar as obras subterrâneas como caras e, portanto, antieconômicas quando comparadas com os arranha-céus, por exemplo; em segundo lugar, se a sentença será conclusiva caso alguma ação prática se baseie nele, como a incorporação, em planos diretores territoriais, de reservas de cotas do subsolo para parcelas das atividades urbanas, como os empreendimentos comerciais geradores de tráfego e os corredores segregados, ou preferenciais, de transporte coletivo.

O principal objeto da Economia são os “bens”, que são coisas dotadas de valor, suscetíveis de utilização, ou objetos de direitos, que integram um patrimônio. Bens gratuitos, como os recursos coletivos e comuns, impõem um desafio especial para a análise econômica, pois a maioria dos bens da economia são alocados em mercados, e sua monetarização é o sinal para nortear as decisões de consumidores e de produtores (Krutilla, 1967; Schumacher, 1983).

Quando bens estão disponíveis de forma gratuita, as forças de mercado não conseguem assegurar sua produção e seu consumo de forma apropriada (Hardin, 1968). Recursos comuns não são passíveis de exclusão, pois estão disponíveis gratuitamente para qualquer um que queira usufruir deles, mas, por outro lado, são bens rivais, já que o uso dos recursos por uma pessoa reduz o uso por parte de outras, situação que é agravada caso o consumo desses bens resulte em uma ação poluidora.

Ponderar e estimar o valor econômico do meio ambiente exige a estruturação de um mercado hipotético, que visa fornecer, mediante um acordo, os critérios e parâmetros para o pagamento desse bem ou serviço ambiental, que é um recurso comum, além de estabelecer a forma como esse pagamento será realizado<sup>35</sup> (Krutilla, 1967; Schumacher, 1983; Pepper, 1993; Beatley, 1994; Singer, 1998). Trata-se do reconhecimento de bens que nunca aparecem para o mercado, mas que são uma pré-condição essencial de toda a atividade humana, como o ar, a água, o solo, e de todo o arcabouço da natureza viva. Porém, a valoração de bens do meio ambiente não é realizada pelos economistas, pois estes apenas observam que indivíduos têm preferências e que elas variam em grau de intensidade entre diferentes pessoas. Assim, as preferências das pessoas é que são objetos da valoração do economista, pois os recursos do meio ambiente são para a Economia bens comuns, ou seja, bens não exclusivos e rivais.

Por sua vez, o Estado supre a sociedade com bens públicos gerados a partir de recursos comuns, tomando decisões quantitativas baseadas em análise de custo e de benefício; porém, essa é uma tarefa de difícil realização para aqueles bens não precificados ou desprovidos de valor monetário (Silva<sup>2</sup>, 1999; Silva<sup>3</sup>, 2001). Recursos comuns têm a tendência de serem

---

<sup>35</sup> O primeiro Dia de Terra, em 1970, contou com a participação de cerca de 20 milhões de pessoas nos EUA. No ano seguinte, nasceu no Canadá o *GreenPeace*, uma organização não governamental (ONG) com um programa agressivo para acabar com a destruição do meio ambiente. Em 1972, aconteceu a Conferência de Estocolmo, centralizada nas questões da poluição e da chuva ácida dos países do norte. Foi o primeiro reconhecimento internacional para as questões ambientais. Ainda nos anos 1970, o Relatório Meadows (*Limits to Growth*) foi publicado pelo Clube de Roma, sendo um dos principais marcos da nova visão, assinalando que o crescimento econômico seria limitado pela finitude dos recursos naturais e alçando a tese do “crescimento zero” (interrupção do crescimento populacional e econômico). Os países do norte criticaram o relatório, porque este não levaria em conta o crescimento tecnológico, enquanto que os países do sul o criticaram porque se pedia a diminuição do crescimento econômico. Em 1980, iniciaram-se os estudos que levaram ao relatório Global 2000, nos EUA, apontando que a biodiversidade é uma característica crítica para o funcionamento do ecossistema planetário. Três anos depois, a Organização das Nações Unidas (ONU) criou a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, ou Comissão Brundtland. Esta foi responsável pela primeira onda do desenvolvimento sustentável, em 1987, com a formulação de sua base filosófica, apontando que, para o desenvolvimento econômico ser efetivo, ele deve apoiar-se sobre o tripé eficiência econômica, ecologia e equidade social. Ainda em 1987, foi adotado o Protocolo de Montreal, visando combater o problema da deterioração da camada de ozônio. Um ano depois, foi estabelecido o InterGovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Em 1992, aconteceu a Eco 92, a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, no Rio de Janeiro. Como resultado, foi publicada a Agenda 21, a Convenção da Biodiversidade Biológica, o Guia para a Mudança de Clima e a Declaração do Rio. Em 1997, formulou-se o Protocolo de Kyoto, representando um compromisso de várias nações em reduzir a emissão de gases que causam o aquecimento global. Já em 2002, houve a Rio+10, a Conferência sobre Desenvolvimento Sustentável, realizada em Joanesburgo (África do Sul), com o objetivo central de fortalecer o compromisso de todas as partes com os acordos aprovados anteriormente e identificar novas prioridades.

sobreutilizados se as pessoas não forem cobradas por seu uso e, quando alguém utiliza um recurso comum, o benefício que outra pessoa pode ter do mesmo é diminuído, constituindo o fenômeno extremo conhecido como “a tragédia dos comuns”, gerador de iniquidade (Hardin, 1968). Os mercados falham na alocação eficiente desses tipos de recursos, principalmente quando os direitos de propriedade não estão bem estabelecidos. Isso é notadamente percebido quando algo dotado de valor não tem um “dono” investido de autoridade legal sobre ele (Besner, 1999, 2007b; Duffaut et al. 1994; Silva<sup>2</sup>, 1999; Barles, 2000; Silva<sup>3</sup>, 2001; Bélanger, 2007). A ausência dos direitos de propriedade sobre qualquer recurso comum natural só é potencialmente resolvida pelo Estado no momento em que se presume não haver solução técnica plausível para o aumento simultâneo da população humana e de seu nível de consumo em um planeta de recursos finitos (Underground Space Center, 1991).

Consequentemente, a declaração de preferências constitui uma fórmula utilitarista que soluciona de maneira simples a oferta, a distribuição de bens públicos e a exploração de recursos comuns pelo Estado (Kymlicka, 2006; Mill, 2007). O utilitarismo, segundo a visão das preferências informadas, tem como objetivo satisfazer aquelas preferências que se baseiam na informação completa e nos julgamentos corretos, enquanto rejeita as que são equivocadas e irracionais. Assim, no caso de políticas públicas utilitaristas, o Estado procura prover as coisas que as pessoas têm boa razão para preferir e que realmente tornam a vida melhor, como a implantação de redes subterrâneas de infraestrutura urbana (Mill, 2007; Kymlicka, 2006; Diniz<sup>2</sup>, 2006). A falha do mercado ocorrerá caso prevaleça a hipótese de se esgotar o subsolo disponível e livre para o lançamento desse tipo de rede, que, nesse caso, é o recurso comum não pertencente a alguém, ou a alguma entidade, embora o formalismo legal o chame de propriedade pública (Mises, 1940; Wright, 1973; Underground Space Center, 1991; Barles, 2000).

Por isso, é particularmente relevante observar que as preferências declaradas são fortemente influenciadas pela quantidade de informação<sup>36</sup> que se tem sobre as coisas e, no caso particular, sobre o meio ambiente, os recursos comuns e os bens públicos administrados mediante princípios utilitaristas pelas instituições públicas. Como resposta a alguma demanda, o utilitarismo é articulado em duas formas de conduta: na primeira, constitui uma moral

---

<sup>36</sup> Por exemplo, muitas reportagens enfatizam preferências de especialistas pela ampliação de ramais do metrô como forma de liberar a superfície do excesso de automóveis: “(...) O geógrafo Aldo Paviani, também professor da UnB, faz um diagnóstico semelhante e aponta a necessidade de aumentar, por exemplo, os ramais do metrô para a Esplanada dos Ministérios, a Asa Norte e o Setor de Indústria e Abastecimento (SIA)” (Correio Braziliense<sup>2</sup>, 2009). Infere-se que, na realidade, a opção seja por qualquer modalidade de transporte coletivo que se implante no subsolo desses setores, pois o metrô, caso se localize em superfície, não promoverá os benefícios presumidos por Paviani e, ao contrário, contribuirá para o aparecimento de externalidades negativas, principalmente de natureza paisagística (visual).

abrangente vinculada às decisões do indivíduo, como no exemplo daquele que opta por se deslocar no solo da cidade em seu carro particular; na segunda, como moral política nas ações das principais instituições públicas, como as que determinam a prevalência do pedestre sobre qualquer outra forma de deslocamento urbano<sup>37</sup>. Naquele momento do século 20 em que apareceram questões relacionadas ao impacto ambiental de empreendimentos localmente poluidores<sup>38</sup>, dois problemas típicos às decisões utilitaristas ficaram evidenciados: o consequencialismo<sup>39</sup> e as preferências ilegítimas, sem consenso público (Singer, 1998).

Aqueles fatos invocaram críticas à concepção utilitarista de que o bem-estar e o aumento da felicidade das pessoas seriam a satisfação de suas preferências, quaisquer que fossem elas (Singer, 1998). Constatou-se que as preferências não definem o bem-estar coletivo, e é mais exato afirmar que elas são previsões a respeito de uma noção abrangente de bem (Rawls, 2001, 2002). Tal constatação é de especial relevância em questões ambientais e urbanas, cujos impactos, gerados por escolhas individuais e locais, são sentidos, também, em pontos distantes da origem da decisão e com consequências coletivas. Preferências sobre que tipo de vida levar, como ir e vir nas cidades, por exemplo, passam a ser informadas no âmbito das relações cotidianas, mas, na maioria dos casos, são desconsideradas pelas comunidades que, embora distantes do centro de decisão, podem ser afetadas por essas escolhas.

O utilitarismo não é uma teoria econômica, como poderia parecer, mas uma doutrina ética, segundo a qual a utilidade é a medida primordial do bem. Como critério moral, a utilidade consiste na conquista e na defesa da felicidade do maior número de indivíduos, ou seja, para que uma ação atinja em grau máximo a felicidade de todos, cumpre recorrer ao critério da utilidade, que, por sua vez, deve ter sempre em vista as consequências dessa ação para o bem comum (Rawls, 2002, 2003; Diniz<sup>2</sup>, 2006; Kymlicka, 2006). Desse princípio, decorre tanto o progresso da humanidade, entendido como progresso moral e prático, como toda atividade política que, por suas ações, busca o progresso e o bem-estar comum na perspectiva da felicidade de todos. Assim, é útil o que é para o bem de todos, para a felicidade geral e para a eliminação da dor, do sofrimento e da miséria (Mill, 2007).

---

<sup>37</sup> Código Nacional de Trânsito (Lei nº 9.503/97).

<sup>38</sup> Para fins desta pesquisa, é suficiente demarcar como o início do debate público a respeito de empreendimentos poluidores a obra de Carson (1964).

<sup>39</sup> A ética utilitarista é também denominada de “consequencialista”. Sua tese principal é a de que cada pessoa deve conciliar os interesses particulares com os interesses comuns, de maneira que a boa ação seja a que proporcione a máxima utilidade para todos.

Em termos resumidos, o utilitarismo da variada satisfação de preferências diz que uma coisa se torna valiosa porque muitas pessoas a desejam (Krutilla, 1967; Schumacher, 1983). Porém, ter a preferência não torna essa coisa valiosa; pelo contrário, ser valiosa é uma boa razão para que seja preferida entre outras da mesma espécie (Carmody, 1995; Duffaut & Labbé, 1995; Breton, 2003; Carpintero, 2007). A utilidade aumenta, então, não pela satisfação de quaisquer preferências que se tenha, mas pela satisfação das preferências que não se baseiem em crenças equivocadas, como as que advogam a massificação do uso do carro particular para os deslocamentos diários, de casa para o trabalho, e vice-versa. Conclui-se, portanto, que o principal bem humano é a satisfação das preferências razoáveis e legítimas, tais como não despendar parte significativa da vida nos deslocamentos obrigatórios, do tipo casa-trabalho-casa, não se expor à poluição sob qualquer pretexto e não impor aos mais desfavorecidos obstáculos que eles não têm condições de vencer, como morar longe da escola e desperdiçar o tempo que poderia ser dedicado ao lazer e aos estudos no interior de um ônibus, por exemplo.

Por sua vez, o objetivo do consumo é maximizar a utilidade de um bem, considerando restrições de preços e de renda. Por hipótese, o consumidor é capaz de comparar cestas de bens e serviços, incluindo bens e serviços ambientais, e colocá-las em ordem de preferência (Krutilla, 1967; Schumacher, 1983). A Economia sugere que o valor de um bem ou de um serviço ambiental pode ser mensurado através da preferência individual pela preservação, conservação ou utilização desse bem ou serviço. Considerando seu gosto, cada indivíduo terá um conjunto de preferências que será usado na valoração de todo e qualquer bem ou serviço, inclusive os ambientais, como o ar, o solo e a água.

Do ponto de vista prático, o movimento social da preocupação com o meio ambiente despertou também nos economistas a atenção para suas limitações metodológicas em como valorar um recurso ambiental. Até então, toda a noção da economia estava voltada para o fato de que a felicidade<sup>40</sup> era sinônimo ou estava associada ao consumo do que era produzido (Schumacher, 1983). Era dessa forma que o progresso econômico se justificava perante a sociedade, onde algo que não podia ser visto, tocado ou mesmo experimentado não poderia ter valor pessoal, logo, pouco espaço tinha no pensamento econômico (Krutilla, 1967). Dessa maneira, com o passar dos anos, o valor ambiental começou a ganhar importância no sentido prático, passando a ser utilizado como parâmetro para estimar benefícios de ações governamentais ou para calcular o valor de multas a serem aplicadas a empresas que

---

<sup>40</sup> A felicidade é um bem ético.

causassem danos ao meio ambiente (Lei nº 9.985/2000)<sup>41</sup>.

No caso dos bens ambientais, os economistas iniciam o processo de mensuração de um bem ou serviço ambiental, distinguindo entre seu valor de uso e seu valor de não uso. O valor de uso refere-se ao uso efetivo ou potencial que o recurso pode prover. O valor de não uso, ou valor intrínseco ou de existência, reflete um valor que reside nos recursos ambientais, independentemente de uma relação com os seres humanos, de uso efetivo no presente ou de possibilidades de uso futuro (Krutilla, 1967; Schumacher, 1983). Dadas as dificuldades de determinar quais preferências aumentam, quando satisfeitas, o bem-estar, e as dificuldades de medir o bem-estar, mesmo quando se sabe quais preferências são racionais, pode acontecer de surgir situação em que seja impossível saber quais atos maximizam a utilidade. Mesmo que exista uma incomensurabilidade inerente a tipos diferentes de valor, como o valor da existência, ainda assim há como estabelecer hierarquias menos refinadas e, por conseguinte, fazer julgamentos a respeito de atos melhores ou piores, por exemplo.

Contudo, o utilitarismo não oferece um critério ou método científico singularmente simples para determinar o que é certo ou errado. Os utilitaristas, por intermédio de estatísticas que medem o bem-estar humano e social, dizem que a ação correta é a que maximiza a utilidade, ou seja, a que mais satisfaz tantas preferências informadas. Por exemplo, pesquisa do Instituto de Ciência Política da Universidade de Brasília<sup>42</sup> buscou identificar como ocorre a percepção da qualidade de vida para as pessoas residentes no Distrito Federal, ou seja, o que as pessoas consideram fundamental para o seu bem-viver. Apenas 6% delas responderam que dispor de um bom sistema de transporte garantirá uma vida de qualidade, ao passo que 49% consideraram que residir perto do trabalho e da escola é a condição que fornecerá qualidade à existência humana (Caldas, 2007).

Por outro lado, grande parte das políticas e programas públicos caracteriza a melhoria do transporte coletivo, sob qualquer pretexto, como condição fundamental para a qualidade de vida nas cidades, uma vez que os objetos da tecnologia dos transportes simulam encurtar distâncias (Pires et al. 1997; IPEA & ANTP, 1999; Vasconcellos & Mendonça, 2008). Logo, presumidamente, qualquer objeto investido com importância simbólica tem um valor de

---

<sup>41</sup> Soluções potenciais para a administração de problemas envolvendo bens comuns foram enunciadas por Hardin (1968) e incluíam o cercamento efetivo dos bens comuns, o princípio do poluidor-pagador e a regulamentação da posse da exploração dos recursos naturais, posteriormente incorporada à legislação.

<sup>42</sup> A pesquisa objetivava traçar correlações entre qualidade de vida da população e credibilidade das instituições públicas. Caldas (2007) elabora também uma breve revisão do conceito de qualidade de vida, principalmente o que se aplica à saúde.



existência, e, na verdade, existem possibilidades ilimitadas para o cálculo econômico do valor de existência de um bem ambiental. Esgotar o debate sobre a validade, a aplicabilidade e a operacionalidade do conceito de avaliar os bens, como o subsolo, e os serviços, como o transporte, no sentido utilitarista proposto por Assis (2007) não será suficiente para esclarecer a hipótese da pesquisa, pois nem sempre a maioria utilitarista das políticas públicas representa o que é justo. No entanto, enunciar as regras econômicas contextualiza o método de declarar preferências e definir o valor da existência do subsolo, um recurso natural, sob a ótica econômica.

Na dimensão ética, pessoas, instituições e países podem estar dispostos, ou podem ser compelidos, a sacrifícios provocados pela redistribuição de recursos escassos e pela redução do consumo presente, ou da renda disponível, em favor da conservação ou da preservação de bens ou serviços ambientais (Beatley, 1994; Singer, 1998). É o momento em que as preferências são vistas como escolhas para maximizar oportunidades, para desenvolver habilidades, para a realização pessoal e para o exercício da responsabilidade, ou seja, é a incorporação do princípio da equidade como o paradigma da liberdade e da igualdade (Correia, 1990). Em outras palavras, discute-se, agora com maior ênfase, o valor de existência a partir das desigualdades inerentes a uma condição natural dificilmente superável sem a intervenção compensatória do Estado, como a possibilidade de residir próximo do local de trabalho, a não mais que vinte minutos em cada viagem de transporte motorizado, e de gastar menos tempo nos deslocamentos diários. O que importa ser dito é que, se um bem é admitido como uma necessidade, é irrelevante a opinião ou preferência da maioria (Diniz<sup>2</sup>, 2003; 2007).

De outro lado, especula-se como será estimado o valor dos benefícios decorrentes de tais compensações e a aplicabilidade dessa estimativa econômica para as gerações atuais (Pepper, 1993; Beatley, 1994). O debate sobre o meio ambiente concentra seus esforços em analisar e buscar correlações entre os problemas ambientais vivenciados pelo planeta com a ação poluidora humana, bem como em perguntar se essas escolhas são justas, e não apenas se são firmadas a partir de pressupostos de valor econômico. Além disso, é importante descobrir, pela oposição de diferenças simétricas<sup>43</sup>, quais preferências as pessoas teriam se fossem responsáveis, e também informadas, em suas decisões (Maffetone & Vecca, 2005). Mais ainda, cabe saber se é razoável dar mais peso aos desejos reservados para o futuro do que àqueles

---

<sup>43</sup> A escassez, e a possível extinção, de um recurso comum são explicadas de duas maneiras opostas e simétricas: pela superexploração e desregulamentação, de um lado; pela subutilização e forte regulamentação, de outro (Crowe, 1969).

relativos ao presente, como a ocupação extensiva, visível e dispendiosa da superfície do solo.

Esse é um debate especialmente desafiante para arquitetos e urbanistas, pois qualquer plano e projeto é uma previsão de desejos sociais a serem efetivados no futuro. Ou seja, são escolhas carregadas de concepções de bem-viver do tempo presente e que se projetam para acontecer em algum momento mais à frente, comprometendo gerações que não fizeram essas escolhas, que não participaram dessas decisões, e conferindo ao conhecimento um dever ético de estar consciente das limitações do saber técnico (Brüseke, 2005; Jonas, 2006). Na medida em que a destruição completa da Terra, assim como a extinção de toda a vida nela existente, é alternativa tecnicamente possível, o ser humano se torna o principal responsável pela tarefa de viabilizá-la, ou não. Surge, assim, o princípio da responsabilidade ambiental, intimamente relacionado com reflexões a respeito das inconseqüências das inovações tecnológicas. Esse princípio promove a tessitura para uma “ética da civilização tecnológica” (Brüseke, 2005; Jonas, 2006), sinônimo para a moral da Era Ambiental (Assis, 2006a, 2007).

## **2.2 OS VALORES DO URBANISMO DA SUPERFÍCIE**

Hardin (1968) adota o conceito de tragédia para explicar o ciclo da livre e irrestrita exploração de um recurso comum, como o solo, visando demonstrar que, ao acontecer isso, uma oportunidade nobre é desperdiçada – caracterizando-se, assim, a tragédia, o sentimento nascido da constatação de que antes havia tudo e, depois, o nada irremediável. O mito da infinitude de um recurso comum e natural, representado na fábula, simboliza o fato de que o ser humano conhece plenamente os problemas que o aflige, mas ainda não foi hábil o suficiente para encontrar soluções relevantes e aplicáveis para eles. O primeiro passo estaria, então, no reconhecimento e entendimento moral do conjunto de ações, de normas e de regras adotadas, ou aceitas, no processo de utilização de um recurso comum. O desafio do conhecimento estaria em descobrir como conjugar a liberdade, que não vem da satisfação do prazer, e a igualdade, no sentido do igualitarismo moderno, no gerenciamento de um recurso comum, natural e finito como o solo (Medeiros, 2000; Diniz<sup>2</sup>, 2006).

No caso das cidades, o instrumento normativo que configura fisicamente a

qualificação urbanística do solo é o plano diretor territorial<sup>44</sup>, segundo regras e princípios estabelecidos em lei. O plano diretor territorial visa assegurar fundamentos constitucionais como a igualdade, que é imposta pela justa distribuição dos benefícios e dos ônus do planejamento. Nesse sentido, o planejamento é considerado o instrumento essencial do urbanismo, que ordena o uso e a ocupação dos solos, sob o fundamento ético e político da liberdade e da igualdade (Lira, 1997; Silva<sup>1</sup>, 1997; Fernandes<sup>2</sup>, 1998; Constituição Federal, 1988; Estatuto da Cidade, 2001; Lima, 2005). O planejamento urbanístico ocasiona custos sociais muito altos pelos condicionamentos e limitações que impõe aos recursos, às atividades e aos bens dos particulares; tais custos deveriam ser, no entanto, amplamente justificados por seus fins coletivos, como a liberdade e a igualdade (Correia, 1990).

O plano diretor pressupõe, assim, um conteúdo essencial, alicerçado sobre consensos normativos em torno dos valores e princípios fundamentais relativos à qualidade e à proteção do direito à vida nas cidades (Constituição Federal, 1988). A promulgação da Constituição Federal de 1988 possibilitou, no viés do projeto de reforma urbana, incluir dispositivos fundamentais para a identificação do um novo direito do urbanismo, positivado no Plano Diretor, que ficava a partir daquele momento constitucionalizado (Estatuto da Cidade, 2001). Desde então, distinguir termos como urbanismo, urbanística, urbanização e urbanificação passa a exigir separação conceitual, seja para o entendimento dos conteúdos, seja para a resolução de conflitos a respeito do uso e da ocupação do solo nas cidades, sendo este um procedimento recorrente na história do urbanismo (Mumford, 1982; Carpintero, 1998; Giedion, 2004; Choay, 2007; Benevolo, 2009).

A etimologia da palavra urbanismo não indica a complexidade assumida por seu significado ao longo do tempo. O urbanismo não se refere apenas ao que é próprio da urbe ou do espaço urbano, envolvendo também a rede de relações que alimentam uma cidade, o que, portanto, não habilita a cidade como alcance único da expressão (Silva<sup>1</sup>, 1997; Fernandes<sup>2</sup>, 1998; Lima, 2005). O termo urbanismo tem por base o neologismo espanhol *urbanización*, criado pelo engenheiro-arquiteto espanhol Ildefonso Cerdá em 1867 para designar uma disciplina nova, a ciência da organização espacial das cidades. Pela primeira vez na história, Cerdá (1996) concedia um estatuto científico à criação e ao arranjo das cidades, cujos domínios pertenciam a uma disciplina autônoma. O termo *urbanización* designava, ao mesmo tempo, o processo de urbanização e as leis que o submetiam (Silva<sup>1</sup>, 1997; Carpintero, 1998; Fernandes<sup>2</sup>, 1998; Lima, 2005).

---

<sup>44</sup> Geralmente, um plano diretor urbanístico é representado por uma sigla. A nomenclatura de um plano diretor contém os seguintes dados: o objeto, a coisa ou o recurso que disciplina, o dispositivo nele predominante e sua abrangência. Por exemplo, Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal.

A tarefa do urbanista, ou o urbanizador, naquele tempo, consistia precisamente em descobrir essas leis, cujo funcionamento até então permanecera desconhecido, e integrá-las a uma teoria geral, de forma a aplicá-las deliberadamente na concepção e na organização do espaço construído.

Todavia, a expressão criada por Cerdá (1996) em 1867 seria com o tempo reservada ao processo de investimento no espaço, seja por construções, seja por redes de equipamentos, invertendo as intenções de seu criador, para quem a urbanização se submeteria a princípios imutáveis e atenderia a finalidades sumamente humanitárias (Carpintero, 1998). Nas línguas de origem latina, a nova disciplina era designada por derivados mais simples do latim *urbs*: *urbanismo* em espanhol, *urbanismo* e *urbanística* em italiano, *urbanisme* em francês. Contudo, o termo *urbanism* demorou a conquistar os países anglo-saxões, onde ainda tem um significado variado, abrangendo, de maneira incerta, diversas noções associadas à cidade, como a noção de paisagem (Choay, 2007).

Por último, a regulamentação urbanística está mais vinculada à prática ou à técnica do que ao academicismo (Silva<sup>1</sup>, 1997; Fernandes<sup>2</sup>, 1998; Lima, 2005). As principais técnicas da urbanística se referem a termos como o alinhamento, a expansão territorial, a renovação, o tombamento, o zoneamento, ou seja, especialmente aos critérios técnicos do planejamento. A urbanística se refere às técnicas que orientam a criação e expansão dos aglomerados urbanos e que sofrem historicamente a influência de fatores variados, como padrões construtivos e de planejamento associados a valores morais dominantes nas instituições públicas. Em outras palavras, o estudo técnico dos meios a serviço da urbanização seria a urbanística ou o urbanístico (Condesso, 1999).

A urbanização, ou o urbanismo como fenômeno social, guarda relação com os efeitos da atividade de implantação de infraestrutura, ou do crescimento físico urbano (Choay, 2007). Elementos como o crescimento demográfico e as ações para a resolução de demandas públicas ou privadas das cidades são entendidos como parte do processo de urbanização, ou seja, o estudo social dos fatos urbanísticos em si e no contexto da sociedade (Fernandes, 1998; Silva<sup>2</sup>, 1999; Lima, 2007). Por sua vez, o termo urbanificação, pouco adotado no Brasil e cunhado por Bardet (1990), assinala os estudos e o processo de correção da urbanização, ou a criação intencional de núcleos urbanos, previamente preparados, como é o caso do Plano Piloto de

Brasília<sup>45</sup>.

Na medida em que teorias e práticas do urbanismo<sup>46</sup> ganharam autoridade junto às instâncias de decisão administrativa e política durante o período de reconstrução de cidades atingidas pela Segunda Guerra Mundial, o processo massificador da intervenção política no espaço urbano logo revelou características não democráticas, com desastrosos efeitos econômicos, sociais e ambientais (Mumford, 1965; Singer, 1998; Choay, 2007). Foi exatamente na década de 1960 que o estatuto científico do urbanismo passou a ser questionado, assim como sua característica de disciplina autônoma e utilitarista, dirigida inicialmente a resultados concretos e quantificáveis.

Desde que a ciência do urbanismo começou a ser relativizada, surgiram tentativas de restabelecer sua autonomia como matéria específica relacionada às áreas da Arquitetura e da Engenharia. O projeto de uma disciplina autônoma se assemelharia a uma falsa promessa para Choay (2007), já que a produção do espaço urbano é determinada por preferências, condicionadas a valores, assim como também decorre de práticas e atores múltiplos (Santos, 1988, 2009; Villaça, 1999). As teorias do urbanismo seriam ainda para Choay (2007) marcas de escolhas ideológicas não reconhecidas por seus autores, e poderiam ser classificadas em dois grupos: aquele orientado pela ideologia do progresso, privilegiando os valores da higiene, da eficácia e da técnica, por ela denominado de urbanismo progressista; e aquele que privilegia os valores culturais tradicionais, típicos de um urbanismo culturalista.

Por outro lado, Carpintero (1998) afirma que essas categorias de análise propostas por Choay (2007) não conseguem explicar as escolhas urbanísticas que embasaram a produção brasileira desde a primeira metade do século 20, optando por comungar das possibilidades defendidas por Reis Filho (1968; 2006). O progressismo e o culturalismo cedem espaço, gradativamente, para o racionalismo e para o empirismo que se veem expressos no principal acontecimento do urbanismo brasileiro, o projeto da nova capital: o Plano Piloto de Brasília (Carpintero, 1998).

De qualquer maneira, o urbanismo passou a ser abordado segundo duas grandes óticas: a primeira, de seu valor enquanto saber e de sua posição no campo das disciplinas constituídas; a segunda, de suas determinações sócio-históricas. Essas análises realçavam que

---

<sup>45</sup> Brasília no sentido da capital da República, que foi projetada por Lucio Costa, e restrita ao Plano Piloto.

a concepção e a organização do espaço habitado impõem a escolha de valores que, em função da tarefa de assegurar a presença do homem na Terra (Brüseke, 2005), vigoram entrelaçados com as inovações tecnológicas. O que se acrescenta a partir daí é a preocupação básica com o bem-viver na cidade, momento em que a escola do urbanismo social (Jacobs, 2000; Guia, 2006) começa a se configurar como a ciência da organização abrangente do território, marcada pela preocupação social e pela interdisciplinaridade, aplicando fundamentos da ética ambiental (Singer, 1998).

Independente da gênese que a categoria sofreu, a atividade de conformação física das cidades é derivada, primeiramente, de uma ordem moral, conhecida como *ordem urbanística*, que pretende alcançar a liberdade e a igualdade pela justa distribuição dos recursos naturais existentes em diferentes parcelas do território, através da classificação dos usos, da aplicação do zoneamento e da adoção de parâmetros<sup>47</sup> para a ocupação do solo (Correia, 1990). A caracterização das normas urbanas como constitucionais, legitimadas através do consenso e da participação popular<sup>48</sup>, trouxe argumentos adicionais ao conflito de elas prevalecerem sobre o direito de propriedade. Além disso, consagrou um urbanismo que tem o solo como recurso natural, insubstituível, inexpandível, e como eixo operativo das estratégias de intervenção, que são impossíveis sem a prerrogativa do planejamento (Guillermé & Barles, 2001; Barles, 2001; Besner, 2002; UN-HABITAT, 2009).

## SÍNTESE DO CAPÍTULO

A Economia desempenha um papel central na formação das atividades e das opiniões do indivíduo, uma vez que fornece os critérios do que é “econômico” e do que é “antieconômico”, constituindo um conjunto de critérios que exerce peso diferenciado nas ações profissionais, nas decisões dos governos e, inevitavelmente, no planejamento urbano. O capítulo demonstrou o que o veredito significa ao sancionar obras subterrâneas como caras e, portanto, antieconômicas quando comparadas com os arranha-céus. Como ficou evidenciado,

---

<sup>46</sup> Especialmente aquelas difundidas por Le Corbusier na Carta de Atenas (1993).

<sup>47</sup> Taxas, índices, coeficientes, limites, recuos etc.

<sup>48</sup> A participação é condição obrigatória pela legislação federal vigente (Estatuto da Cidade), sendo comumente formalizada por audiências públicas, ocasião em que a população opina a respeito das propostas elaboradas por entidade do Poder Executivo, esfera do Estado responsável pela proposição de plano diretor urbanístico, em conformidade com as disposições contidas na Constituição Federal (1988).

a valoração de bens do meio ambiente, como o subsolo urbano, não é realizada pelos economistas, pois estes apenas observam que indivíduos têm preferências, e que elas variam em grau de intensidade entre diferentes pessoas. Por isso, as preferências das pessoas é que são objetos da valoração do economista, pois os recursos do meio ambiente são para a Economia bens comuns, ou seja, são bens não exclusivos e rivais, finitos, portanto.

Por outro lado, os mercados falham na alocação eficiente destes tipos de recursos, principalmente quando os direitos de propriedade não estão bem estabelecidos, sendo isto notadamente percebido quando algo dotado de valor não tem um “dono” investido de autoridade legal sobre ele. A ausência dos direitos de propriedade sobre qualquer recurso comum natural só é potencialmente solucionada pelo Estado no momento em que presume não haver solução técnica plausível para o aumento simultâneo da população humana e de seu nível de consumo em um planeta de recursos finitos. Porém, antes dessa tragédia ocorrer, o urbanismo, através de planos diretores para ordenamento do solo, deve editar normas e regras para a exploração desse bem comum e natural que é subsolo. O primeiro passo estaria, então, no reconhecimento e entendimento moral do conjunto de ações, de normas e de regras utilizadas, ou aceitas, no processo de utilização de um recurso comum. E, em seguida, o desafio do conhecimento estaria em descobrir, por meio de debate público e das proteções positivadas, como conjugar a liberdade, que não vem da satisfação do prazer, e a igualdade, no sentido do igualitarismo moderno, no gerenciamento de um recurso comum, natural e finito como a superfície e o subsolo urbanos.

### 3. SOLO: A ÉTICA DO USO E DA OCUPAÇÃO

Uma pluralidade de aspirações e sistemas de valores emerge da afetação do uso e da ocupação do solo, assim como da distribuição dos recursos naturais, no momento em que se decide realizar um plano diretor territorial que é, nas sociedades democráticas e contratualistas, reflexo de paradigmas éticos e de conceitos de justiça ambiental e social. Na teoria e na prática do planejamento do solo, o bem-estar associa-se frequentemente a critérios socioeconômicos e, por essa visão, a análise de custo-benefício comparece como fundamento para as decisões relacionadas à implantação de infraestruturas, equipamentos e empreendimentos urbanos. Numa abordagem utilitarista tradicional, as gerações vindouras são consideradas nas legislações de uso e ocupação do solo para fins de provimento de moradias e, conseqüentemente, das infraestruturas por elas demandadas.

Qualquer plano diretor territorial sistematiza o desenvolvimento físico da cidade e, por consequência, o econômico e o social, constituindo-se como o principal instrumento na atuação da política urbana do Estado<sup>49</sup> e devendo funcionar como promissórias e garantias formais de realização das expectativas da população (Beatley, 1994). De modo geral, o objetivo principal de um plano diretor é instruir uma estratégia de mudança, visando alcançar uma melhoria na qualidade de vida das pessoas por ele afetadas (Constituição Federal, 1988; Silva<sup>1</sup>, 1997; Fernandes<sup>2</sup>, 1998; Estatuto da Cidade, 2001; Lima, 2005). Os planos diretores e os projetos urbanos setoriais<sup>50</sup> incorporam o utilitarismo como um “padrão de correção”, e não exclusivamente como um “processo de decisão”. Para o planejador utilitarista, quantidades iguais de superfície, por exemplo, detêm a mesma importância, independentemente de quem são os beneficiados e de onde se localizam essas porções de solo<sup>51</sup>. Em princípio, ninguém está em posição privilegiada nos cálculos, ninguém tem mais direito que outra pessoa de beneficiar-se

---

<sup>49</sup> “Cidades” referindo-se, no plano administrativo, a estados, a municípios e ao Distrito Federal.

<sup>50</sup> Projetos urbanos setoriais – transporte, habitação, saúde, educação, águas, energia.

<sup>51</sup> Os planejamentos utilitaristas incluem programas de financiamento habitacional, programas para a construção da casa própria e programas de assistência ao assentamento de famílias e à propriedade imobiliária (lote).



de um ato, e, por isso, não se prevê um sistema compensatório para desigualdades naturais<sup>52</sup>.

Em síntese, as intervenções urbanísticas, públicas ou privadas, promovem o igualitarismo ao invés da equidade, e não conseguem justificar ações compensatórias desiguais que tenham prevalência sobre intervenções necessárias (Beatley, 1994), pois o planejamento se envolve em resolver hoje problemas de ontem, perdendo, por isso, a capacidade de construir o futuro (Plank Foundation, 2009). Por sua vez, a ética do uso e da ocupação do solo baseada na equidade se constitui em uma das formas de justiça para corrigir a loteria bruta da vida, a sorte ou o azar natural (Medeiros, 2005; Diniz<sup>2</sup>, 2003; Pires, 2009). Nesse sentido, soluções urbanísticas razoáveis responderiam a questões como se é justo morar longe do trabalho e da escola; se é justo despender três horas por dia nos deslocamentos obrigatórios; se é justo ocupar a superfície do solo, nas áreas mais nobres da cidade, com edificações que abrigam atividades como depósitos, cinemas, *shoppings centers*, supermercados, entre outros que não utilizam a luz e a ventilação naturais; se é justo ocupar, extensivamente, a superfície do solo e o volume de ar acima dela com edifícios-garagem; se é justo ampliar as rodovias na superfície para abrigar as redes de transporte; se é justo armazenar, coletar e lançar o lixo na superfície da cidade.

A cidade é um mundo inventado, onde os seres humanos se acham desligados de qualquer outra forma de vida que não a humana, e onde o sentimento de pertencer a um ecossistema não é revivido cotidianamente (Singer, 1998; Brüseke, 1998). Isso resulta em um tratamento implacável e imprevidente de coisas das quais, em última análise, se depende, tais como o solo, o subsolo, a água, as árvores e o ar. Apesar de a cidade ter sido inventada pelo ser humano, ele não fabricou o solo onde ela se estabelece, cresce, se esconde e se renova<sup>53</sup>. Não é, portanto, razoável e justo tratar esses recursos da mesma forma, por exemplo, que um carro, que é um objeto criado pelo ser humano para seu benefício privado. Por outro lado, porém, tampouco é justo e razoável reservá-los intocados, inexplorados, para o futuro.

O ser humano não poderá destruir a superfície do solo para depois reciclá-la e recriá-la no subsolo, da mesma maneira que faz com uma série de objetos por ele produzidos e descartados. O solo é um capital insubstituível que o ser humano simplesmente encontrou e

---

<sup>52</sup> Desigualdades natas – aquelas com que as pessoas nascem e que fazem parte da “loteria bruta” da vida (Rawls, 2002).

<sup>53</sup> “Conservar, morar, deixar, guardar”: para Loparic (1995, 2000), esses são os fundamentos de uma Ética da Finitude identificada em Heidegger. Singer (1998) culpa crenças cristãs para o poder dominador do homem ocidental sobre a natureza, adotando o recurso da análise de discursos bíblicos. Entretanto, essas mesmas fontes por ele referenciadas são contraditórias, pois em outras passagens afirmam diametralmente o oposto, denotando o que poderia ser interpretado, para quem faz parte das comunidades cristãs, como uma preocupação com a conservação dos recursos da Terra. Sendo assim, torna-se pouco esclarecedor, como afirmou Jonas (1985), saber de quem é a culpa e limitar o conhecimento a esse patamar inquisitório.

sem o qual nada pode fazer nas cidades. Além disso, o urbanismo que se agiganta em arquiteturas sobre a superfície (Mumford, 1964; 1967) e se esconde logo abaixo dela é completamente dependente do subsolo rural, de onde se extrai grande parte das matérias-primas que compõem os insumos da construção civil: aço, brita, cascalho, cimento, cerâmicas (Carvalho & Prandini, 1998; Iwasa & Fendrich, 1998). Esse é um urbanismo que desconhece os limites naturais e ignora o fato de que os recursos mundiais de fontes de energia e minerárias são distribuídos de forma extremamente desigual pelo planeta e, sem dúvida, limitados em quantidades e em liberdade de acesso (Carvalho & Prandini, 1998).

O urbanismo que cresce, se renova e resplandece na superfície é possivelmente uma das causas e um dos efeitos da moderna tecnologia de transportes, pois essa tecnologia se baseia nos objetos, nos veículos, que prometem deixar as pessoas desimpedidas, apesar de distantes (Mumford, 1964, 1967; Jacobs, 2000). Milhões de pessoas passaram a se movimentar de um lado para o outro, desertando áreas rurais e provocando um crescimento urbano patológico que forma áreas continuamente edificadas e impermeabilizadas<sup>54</sup>. Por outro lado, há de se ressaltar que não existe algo chamado de viabilidade de cidades; só há o problema da viabilidade das pessoas, da atenção pelas pessoas, e não primordialmente pelos bens não duráveis.

O potencial tecnológico e o científico aplicado às estruturas fixas das cidades (Billington, 1985) devem estar direcionados para o combate à miséria e à degradação humana, envolvendo, necessariamente, a diminuição do consumo de recursos não renováveis, como o solo ou mesmo a terra, que entre os recursos comuns é, sem dúvida, o maior (Schumacher, 1983; Brüseke, 1998). Estudando como uma sociedade usa a terra – por exemplo, se apenas como um meio de produção, algo que seja um fim em si mesmo –, pode-se chegar a conclusões fidedignas sobre qual será seu futuro (Schumacher, 1983). Portanto, o futuro da cidade depende do conhecimento preciso e correto das qualidades e dos limites do solo, de tal maneira que o subsolo não fique aprisionado por uma opulência que se manifesta na superfície, motivando a escassez precoce da área sob ela existente (ITA WG underground and environment, 1998; Barles, 2001). É correto para as comunidades regular questões que envolvam estilos de vida pessoais, mas este não é um pressuposto ético válido para as instituições públicas.

Assim, a ética do uso e da ocupação do solo tem de levar em consideração os resultados dos programas, projetos e políticas públicas na medida em que estes apontem para

---

<sup>54</sup> No Distrito Federal, em torno de 830.000 pessoas saem das periferias e se dirigem para o centro, Brasília, todos os dias (CODEPLAN & METRÔ-DF, 2000).

uma distribuição mais justa dos recursos comuns e públicos, de modo que as condições de vida dos mais desfavorecidos da sociedade sejam melhoradas. Isso exige refletir a respeito da propriedade do solo e do subsolo urbanos.

### 3.1 O SOLO É OBJETO DE PROTEÇÕES

O regime urbanístico do solo urbano é constituído por um conjunto de normas, instituições e institutos que disciplinam sua utilização para o exercício de funções e atividades como habitar, trabalhar, circular e recrear. Trata-se da formulação jurídica da política de uso e de ocupação do solo, que pré-ordena determinado espaço territorial ao exercício das funções sociais da cidade, conferindo-lhe qualidades (Silva<sup>1</sup>, 1997; Fernandes<sup>2</sup>, 1998; Lima, 2005; Uchôa, 2007). Na legislação em vigor, não há uma definição afirmativa de cidade<sup>55</sup>, mas uma discriminação dos problemas e dos conflitos nela existentes. É a partir da consciência daquilo que é injusto ocorrer na superfície da cidade e da necessidade de reivindicar justiça que nasce o direito do urbanismo.

A noção de direito do urbanismo engloba a regulação normativa de planos urbanísticos, o direito do uso e ocupação dos solos, tanto das políticas públicas quanto das intervenções privadas, o direito das operações urbanísticas, o direito de construção, tanto no ambiente urbano quanto no rural, e as políticas de ordenamento do território no âmbito local e global (Condesso, 1999). O direito do urbanismo refere-se não só às intervenções urbanísticas, mas a todo o referencial contido na disciplina do urbanismo, o que amplia a concepção tradicional de direito urbanístico, este vinculado às intervenções físicas e ao planejamento. Assim, o direito do urbanismo se caracteriza como um direito novo, amplo, aberto e evolutivo, para-ambiental, planificador e corretor das desigualdades. Além disso, é condicionador do exercício dos direitos subjetivos dos cidadãos, como a garantia da qualidade de vida, estando, assim, submetido aos princípios do Estado social e democrático de direito<sup>56</sup>

---

<sup>55</sup> Meirelles (1994) define as cidades como divisões urbanas, dotadas de perímetro certo e delimitado, cujos fins sociais são a habitação, o trabalho e a recreação no território municipal. É a sede do Município que lhe dá o nome. As cidades não têm personalidade jurídica nem autonomia política; são meras circunscrições administrativas do Município, com tratamento urbanístico espacial, sendo a zona urbana sua área territorial. Assim, pode-se definir como solo urbano aquele compreendido entre a cidade, ou seja, a zona urbana, e os espaços reservados para o seu crescimento definidos em lei, isto é, a zona de expansão urbana. Tais zonas sujeitam-se a normas de urbanização específicas no tocante ao parcelamento, uso e ocupação do solo, o que não ocorre com as zonas não abrangidas pela cidade (Uchôa, 2007).

<sup>56</sup> O Estado Moderno pode ser dividido em três grandes fases históricas: a do Estado absoluto, a do Estado liberal e a do Estado social (Uchôa, 2007). Estado democrático de direito é um conceito que designa qualquer Estado que se aplica a garantir o respeito às liberdades civis, isto é, o respeito pelos direitos humanos e pelas liberdades fundamentais, através do

(Silva<sup>1</sup>, 1997; Fernandes<sup>2</sup>, 1998 ; Lima, 2007).

Acontece que a aplicação dessas concepções necessita de algumas considerações preliminares. Primeiro, a expressão “direito urbano” limita o espaço da intervenção urbana ao território urbano, como se este não se inter-relacionasse com o ambiente rural. Segundo, a questão ambiental faz parte do conteúdo do direito do urbanismo e da forma como este se funde nas questões relativas à qualidade de vida e à dignidade da pessoa humana, motivo por que alguns autores (Condesso, 1999; Machado, 2002) consideram o direito do urbanismo como para-ambiental. Para esses autores, seria impossível abordar o direito do urbanismo sem o exame do direito ambiental. O direito do urbanismo alcança não só as normas de intervenção e de planejamento, mas todo o processo de decisão, e, uma vez que trata de instrumentos de ação política permanente e contínua, tanto pública quanto privada, retira muitas vezes do campo da administração pública a titularidade plena da execução das políticas urbanas (Silva<sup>1</sup>, 1997; Fernandes<sup>2</sup>, 1998; Lima, 2005).

Sob tais condições, o objeto da regulação promovida pelo direito do urbanismo é um recurso comum, o solo, destinado à constituição física da cidade. Nesse sentido, normas passam a ser editadas visando à ocupação do espaço urbano mediante os propósitos de combater a especulação imobiliária, de organizar e disciplinar a propriedade em função do bem-estar coletivo, de facilitar o acesso à propriedade por pessoas de baixa renda (Constituição Federal, 1988; Silva<sup>1</sup>, 1997; Fernandes<sup>2</sup>, 1998; Estatuto da Cidade, 2001; Lima, 2005; PDOT-DF, 2009). Assim, limitações urbanísticas fixam as faculdades, os direitos e as obrigações que um proprietário pode ter em relação à área do solo que vier a lhe pertencer, seja na modalidade de terreno, de lote, de fração ou de projeção. As limitações urbanísticas são tipificadas em planos diretores<sup>57</sup> e em normas de edificação<sup>58</sup>, ou construção, que se constituem em servidões, restrições e expropriações urbanísticas, ou seja, em limites ao acesso, à posse e à construção (Silva<sup>1</sup>, 1997; Fernandes<sup>2</sup>, 1998; Lima, 2005).

A necessidade econômica, no final do século 19 e início do século 20, de explorar todas as possibilidades de um imóvel, aliada à evolução das técnicas de construção, conduz à criação de novas figuras no direito do urbanismo (Silva<sup>1</sup>, 1997; Fernandes<sup>2</sup>, 1998; Lima, 2005). Procura-se uma nova disciplina para o espaço urbano, de forma a adequar o imóvel às

---

estabelecimento de uma proteção jurídica. O Estado democrático de direito não pode prescindir da existência de uma Constituição, ou seja, ele é contratualista.

<sup>57</sup> Exemplos dos Planos Diretores das Regiões Administrativas do DF, obrigatoriedade para cidades com mais de 200.000 habitantes.

<sup>58</sup> Código Civil Brasileiro (2002) e Código de Edificações do Distrito Federal (Lei n. 2.105/1998).

possibilidades de uso que sejam justas para as demandas da coletividade. Por isso, passa a ser conveniente sobrepor usos e regular donos distintos em uma única porção de solo, como o público e o privado; o individual e o coletivo; o comercial e o habitacional. Comenta-se, inclusive, a respeito de um novo direito, o direito do espaço, que, por sua vez, guarda íntima relação com o direito de superfície e, conseqüentemente, com a concessão de uso da superfície para fins de produção, prestação de serviços e exploração imobiliária e comercial (Lima, 2005). Contrariamente a essa concepção, Ávila (2008) defende que o subsolo não é uma entidade jurídica, um objeto ou coisa cuja titularidade se possa proteger, pois a sua visibilidade à ocupação não é positivada. Para esse autor, o dono de um terreno não é proprietário do subsolo, pela simples razão de que nenhum direito de propriedade pode recair sobre objeto ou coisa inexistente.

O objeto do direito de superfície é a concessão do uso de superfície do solo urbano, público ou privado, e do espaço aéreo em cima de uma propriedade, que se configura como o instrumento de atuação para o planejamento urbano. Sua finalidade é, segundo Lima (2005), facilitar a urbanização e incrementar as edificações, de maneira a ajudar a resolver o problema da carência habitacional e de áreas destinadas à produção. A concessão da utilização do espaço aéreo sobre a superfície de terrenos públicos ou particulares guarda relação com a parte necessária à utilização pela propriedade, ou seja, é a coluna de ar que está acima do imóvel. O direito de superfície para alcançar a finalidade de ser instrumento de planejamento urbano passou a existir no ordenamento jurídico a partir do Estatuto da Cidade<sup>59</sup> (Silva<sup>1</sup>, 1997; Fernandes<sup>2</sup>, 1998; Lima, 2005).

O direito de superfície, nos países em que foi adotado, tem desempenhado um importante papel como instrumento de transformação e valorização das terras, além de contribuir para amenizar o déficit habitacional dos grandes centros urbanos, assim como balancear a oferta do solo, considerando sua três dimensões: na superfície, abaixo e acima dela. Todavia, a regulamentação do direito de superfície no Código Civil Brasileiro (2002), em seu artigo 1.299, estipula que *“a propriedade do solo abrange a do espaço aéreo e subsolo correspondentes, em altura e profundidade úteis ao seu exercício, não podendo o proprietário opor-se a atividades que sejam realizadas por terceiros, a uma altura ou profundidades tais, que não tenha ele interesse legítimo em impedi-las”*. Assim, o direito legítimo é conferido pelo plano diretor, que estabelece os limites para a construção, seja sobre o espaço aéreo, seja no subsolo, sendo por isso que os elementos reais do direito de superfície, mediante os quais se faz a ordenação urbana, são o

---

<sup>59</sup> Lei n° 10.257/2001.

solo e a edificação (Lima, 2005).

O Estado é considerado competente para restringir a construtibilidade sobre e sob os terrenos, em razão de o direito de propriedade urbana estar submetido à função pública do urbanismo, a qual exerce um controle do exercício desse direito. Por isso, o direito de construir não é interpretado como uma prerrogativa soberana do proprietário, estando o seu exercício condicionado especialmente aos planos de ocupação do solo, denominados, pela maioria dos municípios, de planos diretores territoriais (Fernandes<sup>2</sup>, 1998; Silva<sup>2</sup>, 1999; Silva<sup>3</sup>, 2001; Lima, 2005). Então, a propriedade do terreno fica limitada à superfície do solo, sem direito ao volume, na medida em que é separada do direito de construir. Por outro lado, o direito de construir permanece pertencendo ao proprietário do solo: “(...) *nem o Projeto de Lei Urbanística n. 775/83, nem o Estatuto da Cidade tratam de dissociar o direito de construção do conteúdo da propriedade. Pelo contrário, reafirmam que a faculdade de construção continua pertencendo ao proprietário do imóvel*” (Lima, 2005, p. 114). No Brasil, portanto, o direito de construir permanece vinculado à propriedade, apesar dos múltiplos direitos sobrepostos ao solo.

O direito de construir disciplina o volume a ser edificado no solo urbano e, de maneira genérica, o volume de edificabilidade indica os metros cúbicos que a construção pode alcançar em cada metro quadrado da superfície do solo. Há duas maneiras de delimitar o volume: a primeira é a partir da prévia determinação do coeficiente de aproveitamento prescrito para a zona urbana, com base no qual se calculam os metros cúbicos do volume de edificabilidade da mesma; a segunda é a partir do procedimento inverso, ou seja, dividem-se os metros cúbicos edificáveis pelos metros quadrados da superfície (Silva<sup>1</sup>, 1997; Fernandes<sup>2</sup>, 1998; Lima, 2005). Os volumes de edificabilidade podem estar previstos em leis e em planos urbanísticos, mas estes podem também não mencioná-los, sempre que se estabeleçam outras formas para sua determinação, como o aproveitamento urbanístico ou o coeficiente de edificabilidade.

O pressuposto do surgimento de um direito cujo objeto é o volume construído que se assenta no solo é lembrado por Lima (2005), que o denomina de espacial, pois é concebido a partir da geometria em três dimensões e se liga a uma noção cúbica ou volumétrica da propriedade. O direito espacial assume que a superfície, interpretada como imutável, evoluiu, apresentando atualmente um caráter desmaterializador que conduz ao conceito de propriedade como um “*solo aplastado em virtude de um plano urbanístico*” (Lima, 2005, p. 153). A superfície, ao estar subordinada à aplicação desse conceito jurídico, passa a vigorar como um

espaço inseparável da técnica construtiva do volume e da geometria em três dimensões, domínios que são integralmente apropriados pelo urbanismo subterrâneo.

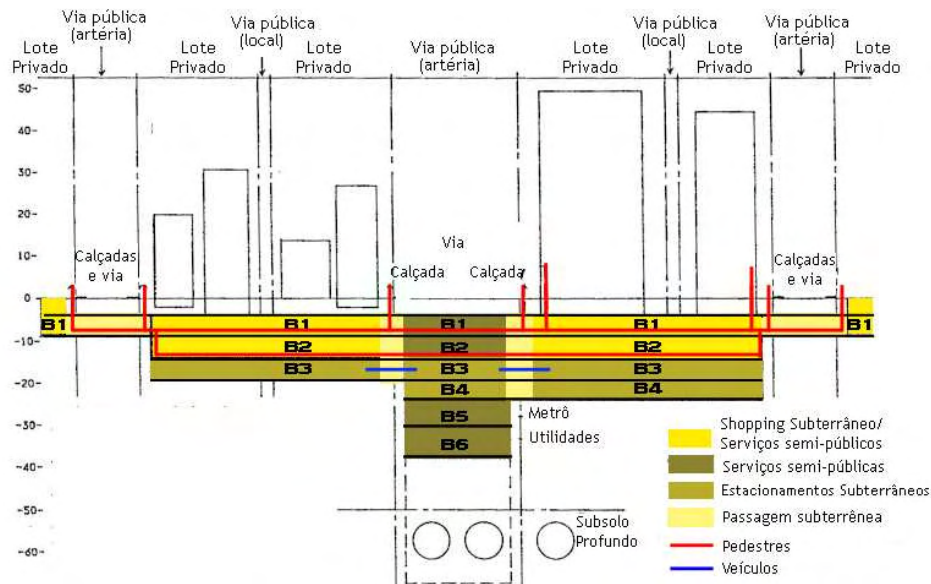


Figura 7 Uso e Ocupação do Subsolo em Tóquio  
Fonte: Barles (2006)

Cria-se, então, um novo paradigma para o direito da superfície brasileiro, que é o disciplinamento do uso e da ocupação do subsolo urbano em conjunção com os objetivos daquele aplicado sobre a coluna de ar acima do solo. Por outro lado, o atual Código Civil (2002) dispõe que a coluna de ar, na exata medida da propriedade do solo, abrange tudo aquilo que está superior e inferior à mesma, até onde seu titular tenha legítimo interesse (Lima, 2005). Contudo, ao invés de ordenar a coluna de ar exclusivamente, seria mais propício falar da coluna de terra possível de ser escavada abaixo da superfície, mediante figuras jurídicas adequadas à conservação, ao acesso e à distribuição desse recurso coletivo. Possivelmente, isso seria similar ao que ocorre em Tóquio, por exemplo, onde os 10 metros de solo abaixo das estruturas enterradas são de solo público, independente dos limites da propriedade existente na superfície (fig. 7).

É preciso reconhecer que o direito urbanístico de superfície, contido no Estatuto da Cidade (2001), permite, na aplicação de seu artigo 21, que o proprietário de um imóvel urbano transfira para terceiro a faculdade de utilização da superfície do solo, bem como do respectivo subsolo e do espaço aéreo relativo ao terreno. A condição é que tal transferência esteja

prevista nas regulamentações urbanísticas municipais, esfera administrativa responsável pela elaboração e implementação dos planos diretores de cidades com mais de 200.000 habitantes (Estatuto da Cidade, 2001). Dentro desse contexto, o Estatuto da Cidade veio regulamentar os artigos 182 e 183 da Constituição Federal, trazendo consigo, entre outros, o direito a cidades sustentáveis<sup>60</sup>, que, por meio do direito de superfície, é mais um instrumento normativo a disciplinar as condutas relacionadas ao uso e à ocupação do solo urbano – nesse caso, instituindo um mecanismo de ajuste de condições de subutilização e superexploração do solo ao longo do processo de urbanização, que se pressupõe infundável e infinito (Akyama, 2006).

A primeira legislação a respeito do subsolo brasileiro data de 1917. De autoria de João Pandiá Calógeras, tal legislação nasceu de controvérsias, pois atendia às pressões de engenheiros brasileiros que se opunham à regulamentação proveniente da Carta Constitucional de 1891 (Fernandes<sup>3</sup>, 1987). Isso porque, em linhas gerais, a referida Constituição garantia ao proprietário do solo, no Brasil, pleno e total direito ao subsolo correspondente. Assim, dada a qualidade do minério de ferro brasileiro e as facilidades de extraí-lo do subsolo, uma grande quantidade de empresas estrangeiras passou, a partir do início da década de 1910, a adquirir parcelas importantes do território nacional.

Isso se deve ao fato de que a exploração do subsolo do território é consequência primeira da atividade minerária, e diferentemente da exploração urbanística, ocorre mediante quatro regimes legais: as concessões de lavra, os licenciamentos, as autorizações e os pedidos de pesquisa. Em 1986, havia 60.720 registros de áreas distintas no subsolo brasileiro, totalizando uma superfície de 1.624.555 km<sup>2</sup>, que correspondem a 19% da superfície do território brasileiro e equivalem à “*Região Centro-Oeste ou a duas vezes a Região Sudeste. Na Europa equivaleria a todo o subsolo da Alemanha, França, Inglaterra, Espanha e Portugal*” (Fernandes<sup>3</sup>, 1987, p. 15). O peso do subsolo reservado, ou bloqueado, fica explícito ao se dividir a área do subsolo com esse destino pela área total terrestre de algum estado ou região brasileira. Por exemplo, nas regiões Norte e Centro-Oeste, 28% e 18% das áreas totais estão respectivamente bloqueadas, equivalendo à área total das superfícies dos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro, Espírito Santo, São Paulo e Paraná.

Como foi constatado por Carmody & Sterling (1993), Barles (1999) e Duffaut (1988; 2004; 2006; 2007), há uma variedade de tipos de proprietários e de procedimentos administrativos

---

<sup>60</sup> A observância ao princípio da função social da propriedade na Constituição Federal (1988) visa garantir à coletividade, nas atuais e nas futuras gerações, o direito às cidades sustentáveis, compreendido este como o direito à terra nua, ao transporte público e à infraestrutura (Fernandes<sup>2</sup>, 1998; Uchôa, 2007).



aplicáveis a estruturas subterrâneas, mas apenas dois aspectos devem ser estudados e alterados para que se faça uma adequada e justa utilização do subsolo: a quem deve pertencer o subsolo urbano, isto é, se ele é público ou privado, principalmente em áreas estratégicas para o planejamento urbano; como definir deveres, obrigações, limites e restrições para o uso e a ocupação do subsolo urbano, independente do regime de propriedade, de tal forma que o espaço disponível no subsolo da cidade não seja subutilizado ou superexplorado (Barles & Jardel, 2005; Duffaut, 2004a, 2004b).

Consequentemente, o subsolo deve ser considerado integralmente no processo normal de planejamento do uso do solo, sendo que políticas nacionais, regionais e locais devem estar preparadas para prover recomendações, orientações, critérios e classificações para assegurar o uso apropriado do espaço subterrâneo, identificando condições geológicas, definindo prioridades de uso e resolvendo potenciais conflitos de uso e de ocupação. É, para o correto planejamento do subsolo, mais importante que se colem dados relacionados ao *as built* das construções do que a projetos propriamente ditos, pois alterações ocorridas durante a fase construtiva, embora corriqueiras em obras subterrâneas, dificilmente são cadastradas pelas entidades de fiscalização e acompanhamento.

Atualmente, inúmeras leis federais impõem restrições ao direito de propriedade, em função dos marcos jurídicos ambientais, tais como o Código Florestal (1965), a Política Nacional do Meio Ambiente (1981), a Constituição Federal (1988), a Lei dos Crimes Ambientais (1988), a Lei do Sistema Nacional das Unidades de Conservação (2000), o Programa Nacional de Florestas (2000), o Estatuto da Cidade (2001) e a Política Nacional de Biodiversidade (2002). Além das previstas nessas leis, há também limitações decorrentes do direito de vizinhança e de cláusulas impostas nas liberalidades<sup>61</sup>. Todo esse conjunto acaba traçando o perfil atual do direito de propriedade no ordenamento jurídico brasileiro, que deixou de apresentar as características de direito absoluto e ilimitado.

A utilização do espaço aéreo e do subsolo urbano, considerado como espaço público municipal, deve ser gerida pelos municípios sob o regime jurídico dos bens públicos e taxada por meio da cobrança de preço público instituído por decreto (Prestes, 2004). Cabe ao poder público municipal a gestão e o controle da utilização do solo e do subsolo para não ocorrer algo similar ao visto em São Paulo, onde uma única concessionária de rede de telefonia

---

<sup>61</sup> Neste caso, são os dispositivos regulamentados em lei e que conferem gratuitamente a alguém vantagens, bens e direitos.

lançou em “área pública invisível<sup>62</sup>”, da maneira que julgou conveniente, uma rede subterrânea rasa de aproximadamente 10 mil quilômetros de extensão (Fernandes & Oliveira, 2002).

Em síntese, o direito do urbanismo abrange o conjunto de regras e normas que disciplinam o regime jurídico da propriedade do solo, a ordenação urbanística, a organização e as atividades de planejamento e gestão do uso do solo, da urbanização e da construção, bem como o conjunto normatizado das políticas públicas relacionadas com o bem-estar das sociedades urbanas e rurais. O aproveitamento urbanístico compreende o volume, mas é muito mais do que este, porque contém outros componentes que influenciam decisivamente no valor do solo, como a densidade e os usos. Em virtude disso, o subsolo estará sempre ligado à superfície e, portanto, a um imóvel, para que tenha materialidade e seja objeto de direitos, estando sua aplicação vinculada a um plano urbanístico que o relaciona a uma determinada propriedade do solo.

### 3.2 A TRAGÉDIA DA SUPERFÍCIE DO SOLO

O Brasil é um país de proporções continentais que ocupa 8.514.876 km<sup>2</sup> e sua área representa quase a metade da América do Sul, sendo 2,6 vezes maior do que a da Índia. A população brasileira totaliza 194,2 milhões de habitantes (IBGE, 2008). A densidade média, da ordem de 22,8 habitantes por km<sup>2</sup>, é baixa se comparada com a de países como Índia (344 hab/Km<sup>2</sup>) e China (369 hab/Km<sup>2</sup>) (UM-HABITAT, 2008); contudo, 86% da sua população é urbana, o que significa que, de cada dez brasileiros, oito vivem em cidades e metade nas 28 regiões metropolitanas (Observatório das Metrópolis/UFRJ, 2008), indicador sensivelmente superior ao de países asiáticos (tabela 1). Conseqüentemente, dois fatores comandam o entendimento a respeito do processo de crescimento urbano: o populacional e o padrão de expansão física das ocupações urbanas. O primeiro representa a pressão sobre a expansão das infraestruturas urbanas e o segundo deve ser entendido como um fator essencial para que o crescimento urbano ocorra a um menor custo social, ou seja, sem promover uma tragédia no uso de recursos comuns, naturais e finitos. O desafio inicial é, então, compreender a argumentação

---

<sup>62</sup> Adoto o termo “área pública invisível” para designar, na realidade, uma parcela do solo abaixo da superfície, em que o solo é um recurso comum desprovido de normas e regulamentações para seu uso e exploração, já que está fora dos “olhos” do Estado e do mercado: embaixo de calçadas, de vias pavimentadas, em áreas *non aedificandi* da superfície.

moral que fundamenta a exploração do solo.

<i>POPULAÇÃO (bilhões)</i>					
MUNDIAL	1950	1975	2000	2005	2030
TOTAL	2.52	4.07	6.09	6.46	8.2
URBANA	0.73	1.52	2.84	3.15	4.91
RURAL	1.79	2.56	3.24	3.31	3.29
PORCENTAGEM URBANA					
	29.0	37.2	46.7	48.7	59.9

Tabela 1 População Urbana Mundial  
Fonte: Adaptado de UM-HABITAT (2008)

Desde a segunda metade do século 19, houve um crescimento de centros urbanos como Rio de Janeiro e São Paulo, devido, inicialmente, a atividades relacionadas à produção de café. Um ciclo progressivo de destruição da superfície do solo, que depois se repetiria nas cidades<sup>63</sup>, assim é a trajetória do café: moveu-se para terras novas, deixando em seu rastro solos exauridos. O pasto tomou conta dessas regiões deixadas para trás, em busca do abastecimento de produtos para um crescente número de pessoas urbanas. Teoricamente, uma combinação de capital, trabalho e terra é necessária para produzir mercadorias. Quando a terra é abundante e de baixo custo, é vantajoso aumentar a área de solo consumida pela produção. Se a mão de obra também é farta, não há incentivo à adoção de novas técnicas para aumento da produtividade e de medidas para preservação do solo (Alves, 1967; Prado Júnior, 1969; Nogueira, 1978). Dessa forma, a exigência do terceiro mecanismo para a produtividade, o capital próprio para a base da produção, é pequena. Esses são fatores que delimitam, ainda hoje, as normas de gestão do solo no Brasil, que são independentes das atividades nele estabelecidas, quer sejam na superfície urbana ou na rural.

No Brasil, a terra foi um presente, um dote natural<sup>64</sup>. Em um território extenso e pouco cultivado, não era difícil encontrar um pedaço de terra e dele se apossar. Com o término do regime de sesmarias, em 1822, o produtor teve poder econômico e político para comprar áreas

<sup>63</sup> O ciclo do café é paradigmático, pois consolidou um padrão de formação e se estabeleceu em uma região onde hoje se instalam os poluidores industriais e se concentra a maior parte da população urbana brasileira.

<sup>64</sup> O talento natural (Rawls, 2003) não se aplica nesse sentido de propriedade.

imensas de terra e continuar seu processo de exploração do solo<sup>65</sup>, pela submissão da mão de obra barata e pouco qualificada. A abolição da escravatura exigiu certa adaptação por parte do proprietário de terra. Com a ajuda política do governo, ele descobriu que as pequenas fazendas perto de suas propriedades poderiam abastecê-lo com a mão de obra necessária durante a época da colheita (Nogueira, 1978; Prado Júnior, 2004).

A mecanização da produção agrícola era uma opção de difícil acesso naquele tempo, principalmente em se tratando do plantio e da colheita do café. A motivação para conservar o solo só viria mais tarde, quando já não houvesse terras apropriadas para o plantio do café – seja por estarem indisponíveis para compra ou por seus preços se tornarem muito altos, em síntese, pela escassez de recursos. Para o posseiro, a terra era gratuita, e a mão de obra, barata: ele e sua família viviam com um pequeno ou nenhum capital. Seu principal objetivo era alimentar sua família, vender o excedente de sua produção no mercado mais próximo e comprar o que ele não produzia, além de juntar dinheiro para adquirir sua própria terra (Prado Alves, 1967; Nogueira, 1978; Júnior, 2002, 2004). O sistema utilizado para manter a produtividade do solo baseava-se em deixar uma parte da terra “descansar” por alguns anos, caracterizando, de certa maneira, uma autorreciclagem da matéria-prima básica.

A necessidade de maior produção, a aversão do produtor aos investimentos com recursos próprios e o seu desprezo pelo emprego de técnicas de conservação determinaram a decadência na produtividade do solo, até chegar à situação de o posseiro e sua família serem forçados a se mudarem, em busca de novo solo fértil (Prado Júnior, 1969; Nogueira, 1978). Nesse sentido, de um ponto de vista econômico e político, a exploração foi puramente racional e eficiente, exceto quanto ao dano físico, que avançou em demasia para possibilitar uma reversão no processo no momento em que as condições tecnológicas viabilizaram opções para a recuperação do solo degradado, cujo exemplo mais típico é a erosão.

O aumento da densidade demográfica urbana, a partir da segunda metade do século 20, forçou uma nova mudança no sistema de utilização da terra. Com o objetivo de possibilitar essa mudança, surgiu a necessidade de introduzir novos métodos de preservação ou recuperação da fertilidade do solo. No entanto, as ações governamentais para combater a deterioração do solo e a perda de água devido à erosão, bem como para recuperar diferentes cultivos, começaram depois que o dano estava instalado. Em um primeiro momento, as técnicas contribuíram para combater os impactos da degradação do solo e as calamidades

---

<sup>65</sup> Solo, para fins agrícolas, é o extrato fértil da terra, que se localiza na camada superior da crosta, ou seja, na superfície.

naturais; em um segundo momento, a tecnologia foi agregada ao processo de produção em circunstâncias bem específicas e mediante subsídios do Estado, mesmo que em pequena escala.

Fatores interligados, a poluição do ar e a exploração extensiva da terra compunham o ciclo de ocupação do solo na superfície. Por exemplo, o processo de desmatamento da cidade de Vassouras, no estado do Rio de Janeiro, ilustra um procedimento que era similar ao adotado em São Paulo, no Paraná e em diversas áreas agrícolas do país, onde os carpinteiros das fazendas buscavam madeiras resistentes para a construção: troncos e galhos, junto com plantas rasteiras, eram queimados e, por vários dias, a fumaça ainda saía dos tocos carbonizados. A terra ainda estava quente quando os escravos iniciavam a plantação. Finalizado o processo de desmatamento, começava a urbanização crescente do solo descoberto, nu e indefeso (Prado Júnior, 1969; Nogueira, 1978). O mesmo aconteceu com a superfície do Distrito Federal, desde o final da década de 1950, durante todo o processo de ocupação e urbanização da nova capital (gráfico 1). O consumo e a exploração extensiva da superfície do solo se fazem presentes até hoje na ampliação das fronteiras agrícolas destinadas ao plantio das matérias-primas usadas como fontes de energia renovável<sup>66</sup>.

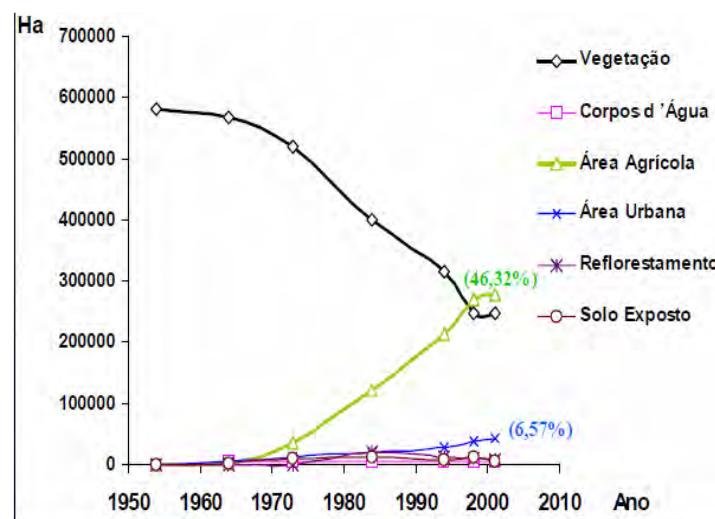


Gráfico 1 Urbanização do Distrito Federal  
Fonte: adaptado de UNESCO (2000)

O solo é uma entidade de definição complexa, pois sua natureza pode ser agrônômica, geológica, geotécnica, econômica, física, jurídica e urbanística. Modernamente, é dividido em duas grandes classes: solos naturais e solos antrópicos ou não naturais. Os solos antrópicos

<sup>66</sup> A energia pode ser renovável, mas o solo, que é a base para esse modelo de desenvolvimento, não é.

são provenientes da atividade humana, apresentam composição heterogênea, irregular, e, por isso, são difíceis de caracterizar. Eles formam a maior parte do subsolo das grandes cidades: aterros, demolições, contenções e escavações/reaterros (Carvalho & Prandini, 1998). Recentemente, a *Food and Agriculture Organization* (FAO, 2006) ampliou o conceito de solo para qualquer material sólido até dois metros de profundidade que esteja em contato com a atmosfera, à exceção de organismos vivos e áreas de gelo contínuo na superfície. Passam, então, a ser considerados como solos: os afloramentos rochosos, os solos urbanos pavimentados, os solos de áreas industriais, os solos em cavernas e os solos subaquáticos até a profundidade de dois metros (Costa<sup>2</sup>, 2006).

O uso e a ocupação do subsolo das cidades pressupõem obediência ao mesmo padrão de consumo, cujo destino no longo prazo é a superexploração e a degradação desse recurso. Atualmente, o subsolo é explorado em áreas rurais, para fins minerários e farmacêuticos, e em áreas urbanas, para esconder as redes de infraestrutura. No caso das cidades, principalmente das maiores metrópoles brasileiras, não há quaisquer dados relacionados à disponibilidade do subsolo<sup>67</sup>, mesmo porque os planos diretores locais se abstêm, historicamente, de disciplinar regras e regimes urbanísticos para o que for possível de ser alojado abaixo da superfície, não demandando, por isso, dados prévios que possibilitem uma ordenação racional do mesmo<sup>68</sup>. Os minérios, e o solo é um minério, não têm segunda safra e, portanto, impõe-se explorá-los racionalmente, mediante planejamento, o que requer conhecimento da natureza do recurso natural e das formas de garantias sociais para a sua preservação e utilização (Hardin, 1968; Fernandes<sup>2</sup>, 1987; Carvalho & Prandini, 1998; Iwasa & Fendrich, 1998).

Os valores intrínsecos à exploração do subsolo urbano são opostos aos da exploração das riquezas minerárias rurais, já que a primeira é destituída de valor econômico, sendo por isso desprezada no regime das preferências declaradas. Mais ainda, o valor ambiental da existência do subsolo urbano, como bem a ser preservado para futuras gerações, é desconsiderado por ausência de informações a respeito de sua natureza, limites e capacidade para abrigar e balancear as demandas sociais. O subsolo natural não pode ser reciclado. Uma

---

<sup>67</sup> Uma exceção é a recente dissertação de mestrado de Alves<sup>2</sup> (2009), que elabora cartas geotécnicas para o subsolo do Plano Piloto de Brasília, fornecendo dados que delimitam as possibilidades geotécnicas de enterrar atividades urbanas. Entretanto, esses dados não são utilizados pelo urbanismo, não ocorrendo demandas nesse sentido nem mesmo na fase de elaboração de planos diretores territoriais, como o PDOT. Outra, nos mesmos moldes, é a dissertação de Neto (2001) que adota como objeto de estudo a cidade de Curitiba/PR.

<sup>68</sup> Mesmo que tardiamente, são exceções os planejamentos setoriais de redes subterrâneas implantadas nas cidades de Porto Alegre e Curitiba (Fernandes & Oliveira, 2003). Apesar de o projeto urbano de Brasília ter apostado na técnica rodoviária e no automóvel, as primeiras projeções residenciais das Superquadras da Asa Sul não dispunham de garagens subterrâneas, assim como as residências das quadras 700 junto à via W3.

vez escavado e subutilizado, o subsolo estará para sempre gasto, e, ao depreciá-lo, promove-se um desequilíbrio natural que ameaça a longevidade das cidades. Esse é um procedimento<sup>69</sup> que traz em si as sementes da própria destruição, pois exige o consumo crescente de recursos limitados do mundo, culminando com o colapso dos sistemas que assim se estabelecem. A assertiva de que “*o injusto é inútil e o justo não o é*” vem a ser a antítese de própria sabedoria que empurrou os grupos humanos para o caminho das cidades, cuja condição central é a permanência.

O conceito do ilimitado e visível crescimento físico, até todos estarem saturados de algum bem, é questionado de duas maneiras: a disponibilidade dos recursos básicos e a capacidade do meio ambiente de fazer face ao grau de interferência implícita (Beatley, 1994; Ojima, 2007). A existência duradoura não pode ser alimentada por valores inconciliáveis, que se vangloriam de transformar o que era supérfluo no passado em algo imprescindível para a geração presente (Schumacher, 1983). O cultivo e a expansão das necessidades urbanas são o oposto do conhecimento relacionado à permanência, o mesmo que inspirou comunidades trogloditas a construírem suas habitações incrustadas no solo – ou seja, a prática de agir conforme o dever de morar e o dever de existir, que não permitem, por sua vez, qualquer arbitrariedade no uso de um recurso natural comum (Schumacher, 1983). Por isso, o urbanismo não deve depender do consumo ilimitado e generalizado da superfície (figuras 8, 9 e 10). Deve se amparar na economia e na tecnologia, como fez em épocas passadas, mas tem de se respaldar, em suas decisões sobre o futuro das cidades, em obrigações e em deveres submetidos à ética do uso e da ocupação solo (Beatley, 1994).

Soluções urbanísticas que agredem o meio ambiente ao estimular a exploração da superfície do solo pelo uso irrestrito do automóvel, ou que degradam a estrutura social, ao transformá-la dependente da tecnologia dos objetos de transporte, não são benfazejas, por mais brilhantemente concebidas ou por maior que sejam seus atrativos estéticos, políticos, econômicos e técnicos. A reorientação do urbanismo, e do próprio conhecimento, objetiva eliminar uma vasta coleção de necessidades injustificadas, de tal forma que, se forem alimentadas, podem, no futuro, ser consideradas como um crime de lesa-humanidade, uma vez que prazeres individuais são convertidos em necessidades à vida na cidade (Mumford, 1964, 1967; Singer, 1998; Brüseke, 1998).

---

<sup>69</sup> A tragédia dos anticomuns decorre da subutilização de um recurso comum, sendo caracterizada pela sobreposição de múltiplos direitos para um mesmo bem, havendo dificuldade de excluí-los de forma a permitir a exploração do recurso. Comuns e anticomuns são tragédias simétricas (Heller, 1998; Buchanan & Yoon, 2000).

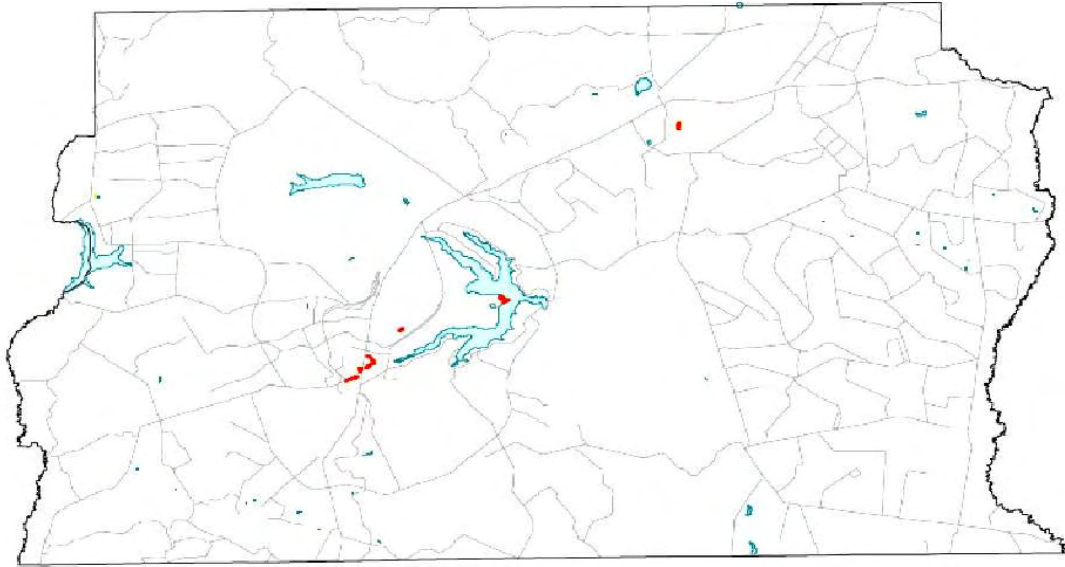


Figura 8 Distrito Federal, 1958  
Fonte: Editado a partir de mapas PDOT (2007)

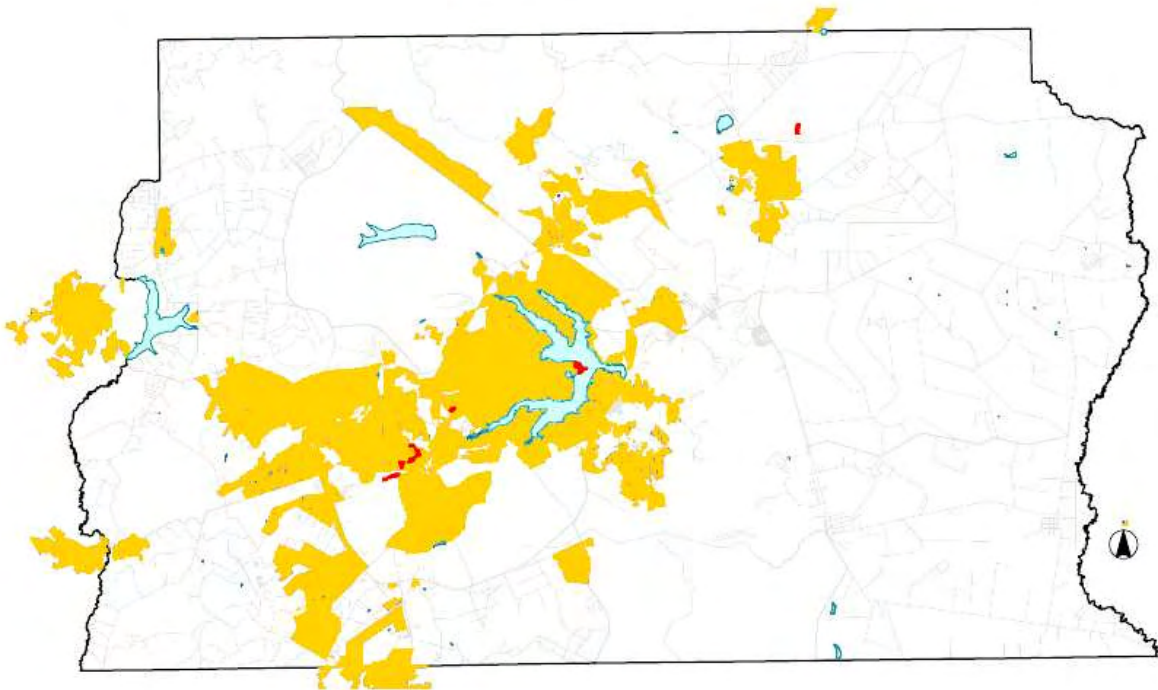


Figura 9 Distrito Federal, 2004  
Fonte: Editado a partir de mapas PDOT (2007)





Figura 10 Polígono da área urbanizada  
Fonte: Ojima (2007)

A massificação do uso do automóvel, a superexploração da superfície do solo e a dependência das cidades em relação ao transporte têm suas causas conhecidas e seus responsáveis identificados. Porém, resolvidos os problemas da culpa e dos fundamentos dos problemas, resta superar esse patamar de conhecimento e avançar na busca de um urbanismo que faça crescer uma cidade economicamente justa, socialmente igualitária e prudente no trato dos recursos comuns, naturais e finitos, ao menos teoricamente.

### **3.3 AS PREFERÊNCIAS RAZOÁVEIS NO USO DO SOLO**

Há muitos anos, a matriz produtiva da economia é baseada na queima de carbono, o que tem gerado a emissão de gases causadores do efeito estufa, principalmente o dióxido de carbono. Essas emissões continuam fortes e com tendência de aumentar em função das projeções demográficas, que apontam um crescimento populacional da Terra da ordem de 40% até 2050 (UNPD, 2009). Por isso é que se difunde que a contínua emissão de dióxido de carbono e de outros gases causadores do efeito estufa, associada a alterações no uso da superfície do solo, é um dos elementos responsáveis pela não mitigação das desigualdades sociais notadas no planeta (CDIAC, 2009).

A maioria das pessoas não tem capacidade para superar os impactos ocasionados pela poluição sem sofrer degradações irreversíveis em sua forma de viver. Iniquidades já enfrentadas por grupos sociais vulneráveis, como mulheres, crianças e idosos, são exacerbadas quando essas parcelas da população são confrontadas com os efeitos severos da poluição (UNPD, 2007-2008; Global Humanitarian Forum, 2009; Global Footprint Network, 2009). Mesmo que não haja um consenso a respeito da magnitude do aquecimento global (Steinke, 2004), não há como refutar a fragilidade desses grupos perante as incertezas climáticas. Um exemplo é a Tanzânia, onde pequenos fazendeiros tiveram seus rendimentos estabilizados em patamar mais baixo do que estavam habituados com a troca de suas tradicionais colheitas por outras menos lucrativas, porém menos sensíveis às alterações de temperatura: em vez de milho, cultivam agora mandioca, batata-doce e painço (Global Humanitarian Forum, 2009). Devido a isso, diminuíram seu padrão de vida e registraram uma queda de 25% na renda familiar. Essas respostas de adaptação às mudanças climáticas são necessárias em muitas partes do mundo, mas geram um impacto desproporcional nas famílias mais pobres quando comparado com as famílias mais ricas.

Considerando a conservação do solo, a questão mais urgente é saber por qual sistema normativo o planejador urbano optará no século 21, uma vez que nenhuma atividade humana que tenha algum tipo de repercussão social pode se considerar moralmente neutra (Cortina & Navarro, 2005). A urbanização é uma atividade que contribui para a manutenção e para a melhoria da vida humana nas cidades. Em consequência, não há como considerá-la desvinculada das concepções morais e das instituições públicas. E, no caso de uma sociedade democrática e pluralista, a contribuição da urbanização deve se realizar a partir de sua perspectiva específica, mas compartilhando dos ideais de liberdade, de justiça, de igualdade, de proteção da natureza e da paz, ou seja, a partir da melhoria das condições materiais de vida, por intermédio do progresso técnico, e da distribuição igualitária dos recursos comuns (Beatley, 1994; Brüseke, 1998; Rawls, 2003; Jonas, 2006).

O processo da urbanização brasileira mostrou que as decisões acumuladas ao longo do tempo, em relação ao uso de recursos de produção, particularmente a terra, têm influenciado as condutas arbitradas para a ocupação da superfície das cidades e a forma dada à sociedade em décadas recentes. A lógica de crescimento das cidades tem sido a mesma das necessidades agrícolas, pois ambas precisam regularmente de renovadas parcelas da superfície do solo, o que prova que ele é um recurso comum desejado e disputado, resultando em uma ordem em que as vantagens e os benefícios são incorporados individualmente e as externalidades

negativas pertencem ao coletivo. O conceito utilitarista de maximizar a distribuição de um bem, ou recurso, para o maior número de pessoas assume uma feição típica das tragédias dos comuns na superfície e dos anticomuns no subsolo (gráfico 2).

De variadas formas, a Economia demonstra que a fase anterior à escassez de um recurso qualquer, inclusive o natural, é precedida pela exploração desordenada do mesmo, fruto das demandas do consumo excessivo (Schumacher 1983). Esse é um fenômeno que se origina de escolhas baseadas em preferências pouco razoáveis, pois se fundamentam em informações precárias. O solo é um recurso natural que poderá se tornar escasso brevemente, pois há uma correlação direta entre ocupação massiva da superfície e inviabilização definitiva e irreversível do espaço subterrâneo. O planejamento urbano, assim como diversos projetos setoriais, desconsidera a possibilidade de agregar valor ao subsolo urbano, subutilizando-o. As cidades dependem de três fatores insubstituíveis: os recursos não renováveis, como a energia e o solo, as margens de tolerância da natureza e o ser humano; destes, o solo é onde se manifesta o traçado do urbanista, e é sobre ele, ao longo dele ou simplesmente nele que a cidade se manifesta e cresce.



Gráfico 2 Proporção de municípios x alteração do solo x causas frequentes  
Fonte: IBGE (2002)

Aceita-se, para fins de planejamento e de projeto urbanos, definir o solo como uma entidade complexa, formada por partículas minerais, matéria orgânica, ar, água e organismos

vivos. Ele é caracterizado como um recurso não renovável à escala humana e que desempenha inúmeras funções básicas essenciais à vida humana: base da produção alimentar e de biomassa; fonte de matérias-primas; armazenagem, filtração e transformação; habitat e banco de genes; reservatório de carbono; arquivo geológico e arqueológico. Nesse sentido, o solo é, por excelência, o ambiente físico e cultural da humanidade, e por isso um bem de valor universal.

A aplicação da teoria de justiça como equidade ao planejamento urbano permite ao urbanista entender o problema ético e começar a ver a possibilidade de induzir um novo estilo de vida, planejado para ser sustentável e justo, questionando o preceito que relaciona a qualidade de vida à garantia de fluidez nos deslocamentos ao longo da superfície do solo. Na realidade, essa causalidade não responde, ainda, nem tampouco soluciona a questão ética associada ao tempo desperdiçado, todos os dias da vida, para sair de casa e chegar ao trabalho ou à escola, por exemplo. A tecnologia dos transportes garantiu, das mais diversas maneiras, que resolveria esse problema na medida em que se assegurasse a fluidez livre e irrestrita dos veículos. Mediante essas garantias recíprocas, a cidade e as suas necessidades foram se espalhando no solo (Ojima, 2007). E o que sobra, de fato, é a chegada do tempo dos homens lentos, já que a velocidade média dos deslocamentos motorizados nas cidades não ultrapassa os 20 km/h em função dos congestionamentos (Kenworthy, 2003; Newman & Kenworthy, 2006; Gouvêa, 2008; Santos, 2009).

Esse processo determinará, tardiamente, a necessidade de se dominar formas de planejar e de projetar que considerem o subsolo para as mais diversas naturezas de ocupação, e não mais de maneiras restritas às redes urbanas básicas, como de eletricidade, telefonia e águas/esgoto, mas que solucionem a questão central ao desperdício de tempo – ou seja, se devemos perder tempo de nossas vidas no trânsito, todos os dias. Se a resposta for positiva, há de se investigar e descobrir maneiras menos injustas de isso ocorrer, principalmente para os grupos vulneráveis da população urbana, que residem distantes do trabalho, das escolas e dos hospitais públicos (Pires, 2009). Para esses casos, a teoria de justiça distributiva e a ética do cuidado fornecem respostas possíveis, como as gratuidades tarifárias para o uso do transporte público. Por outro lado, se a resposta for negativa, surge um duplo impasse: se sabemos como resolver esse problema e descobrir se esse é um desejo universal, independente da renda, do sexo, da idade, da escolaridade e, até mesmo, da comunidade moral a que se pertença.

As diretrizes contidas nos planos diretores urbanos e em programas setoriais, como os de transporte e habitação, derivam de indicadores e de índices nacionais e locais fornecidos

por entidades como IBGE, IPEA, FGV e CODEPLAN<sup>70</sup> a partir de dados como renda, gênero, educação, alimentação, segurança, padrões e hábitos de viagem e condições de moradia. Tais dados balizam as ações, as intervenções e a distribuição dos recursos comuns e públicos geridos pelo Estado. Tradicionalmente, ao se convocar a população para participar do planejamento urbano ou de qualquer programa ou política pública mediante a realização de audiências, a cidade, representada em porções de seu território, se transforma em um bem cujo valor é maior ou menor em função da quantidade e da qualidade dos serviços públicos ofertados e das redes de infraestrutura previstas para serem nelas instaladas. Por outro lado, como forma de descobrir o que pensa a população sobre um determinado tema, o método utilizado é o da pesquisa de opinião, sondagem de opinião ou estudo de opinião, que consiste em um levantamento estatístico de uma amostra particular da opinião pública.

De modo geral, pesquisas de opinião são feitas para representar a percepção de uma população a respeito de um assunto, fazendo-se uma série de perguntas a um pequeno número de pessoas e extrapolando, posteriormente, as respostas para um grupo maior dentro do intervalo de confiança, por exemplo: você gostaria de morar perto do trabalho? As pesquisas podem trazer essas respostas separadas por sexo, grau de instrução, faixa etária, região da cidade e renda. Um tipo muito comum de pesquisa de opinião pública é a pesquisa eleitoral.

A participação da população no processo de elaboração de planos diretores territoriais ocorre mediante audiências públicas<sup>71</sup>, sendo esta a ocasião em que as pessoas manifestam suas preferências a respeito da proposta sugerida pelo Poder Executivo, a quem compete a elaboração daqueles documentos. De acordo com dados da SEDUH<sup>72</sup>, o PDOT<sup>73</sup> foi elaborado a partir de quase cinco mil sugestões apresentadas pela comunidade em mais de 162 audiências públicas locais e regionais, com a participação de 12.692 pessoas. Segundo a Secretaria, esse número, superior aos 10 mil participantes, é maior do que o alcançado durante a elaboração do plano diretor de São Paulo, que tem uma população de 10 milhões de habitantes, ao passo que o Distrito Federal tem aproximadamente 2,3 milhões (SEDUH, 2007).

Em programas setoriais, como os de transporte, habitação e saneamento, o enfoque da

---

<sup>70</sup> IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; IPEA – Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas; FGV – Fundação Getúlio Vargas; CODEPLAN – Companhia de Desenvolvimento do Planalto Central (Agência).

<sup>71</sup> Etapa obrigatória e que deve ser cumprida pelo Poder Executivo municipal como condição para a legalidade do processo, conforme estabelecido no Estatuto da Cidade.

<sup>72</sup> SEDUH – Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Habitação, unidade da administração do Governo do Distrito Federal responsável pela concepção do Plano Diretor de Ordenamento Territorial – PDOT.

<sup>73</sup> Plano Diretor de Ordenamento Territorial, nomenclatura adotada no Distrito Federal.

pesquisa de opinião é direcionado para identificar o nível de satisfação da população com serviços e bens e, a partir dos resultados, apontar as carências e indicar as melhorias, que passam a ser consideradas necessárias, pois derivam das preferências declaradas pelas pessoas entrevistadas. Assim, as escolhas urbanísticas passam a estar condicionadas por um ciclo que se inicia pulando uma etapa fundamental, aquela em que se busca identificar e entender o que as pessoas consideram ser qualidade de vida<sup>74</sup>.

Portanto, duas são as oportunidades em que a população manifesta suas preferências a respeito do local em que reside e da cidade em que vive: nas audiências públicas, legalmente obrigatórias, e nas pesquisas de opinião<sup>75</sup>. Nestas, o pesquisador busca avaliar a aceitação e a rejeição de alguma proposta, ação, diretriz ou intervenção que, supostamente, dizem respeito à qualidade de vida das pessoas na cidade. Recente pesquisa realizada pelo Instituto de Ciência Política da Universidade de Brasília buscou entender o que poderia ser tido como qualidade de vida pelos moradores de cada uma das 29 Regiões Administrativas<sup>76</sup> do Distrito Federal. Foram aplicados 5.759 questionários em pontos de fluxo dessas localidades, divididos de acordo com a proporção do número de moradores de cada uma (Caldas, 2007)<sup>77</sup>. Dos resultados apresentados pela pesquisa, extraem-se duas importantes conclusões sobre o que seria qualidade de vida para as pessoas entrevistadas: a primeira diz respeito a não depender tempo nos deslocamentos obrigatórios (casa-trabalho e casa-escola), e a segunda refere-se a morar perto do trabalho e da escola.

Por outro lado, o longe e o perto, ao invés de serem estabelecidos pela distância existente entre os objetos fixos no espaço da cidade, passam a ser percebidos pelo tempo que os usuários de algum tipo de transporte levam para percorrê-la (Villaça, 1999, 2000; Pescatori, 2007). A dimensão e as características físicas da cidade existem subordinadas às necessidades operacionais dos veículos de transporte, que passam a ser heróis, ou vilões, nas vidas das

---

<sup>74</sup> Porém, em todo esse processo ficam sem respostas perguntas fundamentais, centradas na dignidade da pessoa humana, em vez da qualidade de vida das cidades: a “qualidade de vida”, para as pessoas, reside na quantificação das utilidades públicas? O que as pessoas considerariam importante caso se invertesse a lógica da investigação, retirando da cidade o mérito de “responder” à questão da qualidade, e se depositasse nas pessoas o desafio de pontuar aquilo que consideram fundamental para o bem-viver nas cidades? Os argumentos, os objetivos e as diretrizes dos planos diretores urbanos se alterariam?

<sup>75</sup> Segundo o Estatuto da Cidade (Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001), a política urbana tem por diretriz a gestão democrática, por meio da participação da população (art. 2º, I e II). Quanto ao plano diretor, em seu processo de elaboração, os Poderes Legislativo e Executivo garantirão: a promoção de audiências públicas e debates com a participação da população e de associações representativas dos vários segmentos da comunidade; e, no caso de campanhas eleitorais, avaliações de governos em assuntos tema de reportagem jornalística.

<sup>76</sup> Região Administrativa é uma subdivisão do Distrito Federal, prevista na Lei Orgânica do DF (1993), que visa descentralizar o Poder Executivo distrital.

<sup>77</sup> Brasília concentra mais de 60% dos empregos formais do Distrito Federal (Guia, 2006).

pessoas. A lógica da melhoria da qualidade de vida da população assume uma coerência que visa garantir fluidez através da oferta de mais superfície do solo para mais transporte: mais carros, mais ônibus, mais metrô, mais *tramways*<sup>78</sup>, mais motos, mais bicicletas.

Questionando os entrevistados a respeito do transporte no Distrito Federal, 50% o definiram como ruim ou muito ruim, e 12% consideraram-no bom ou muito bom, resultados que levaram os pesquisadores a concluir que o transporte público é um dos componentes que mais contribui para a diminuição da qualidade de vida do brasileiro (Caldas, 2007). Assim, a qualidade de vida nas Regiões Administrativas do Distrito Federal torna-se dependente do padrão de eficiência do sistema de transportes, uma vez que a maioria das pessoas é compelida a utilizar diariamente qualquer tipo de transporte, fazendo disso um critério fundamental e irrefutável na definição de políticas públicas. De uma condição inicial em que as pessoas não escolheriam ser transportadas, em que prefeririam usufruir de maior autonomia em seus deslocamentos, e em que não desejariam desperdiçar muito tempo de suas vidas no transporte obrigatório – independentemente de estarem viajando em veículos bonitos, pouco poluentes e de baixo custo –, elas se veem submetidas a uma circunstância dificilmente superável em suas vidas.

Além disso, um segundo aspecto merece ser salientado – a percepção das pessoas sobre a “poluição ambiental”, isto é, o que esse indicador de nível de qualidade de vida sinalizaria para elas. A maior parte dos entrevistados (71%) aponta a poluição visual e o lixo na superfície da cidade como a maior degradação ambiental percebida por eles. Vê-se que preocupações relacionadas ao aquecimento global, ao efeito estufa, à poluição do ar pela emissão de gás carbônico, às alterações do regime de chuvas, à contaminação de rios e córregos mostram-se ausentes das vidas dessas pessoas. Entretanto, tal constatação não sanciona a retirada desses itens da pauta do debate relacionado à sustentabilidade das cidades e do planeta, embora demonstre claramente que as preferências são construídas localmente e consolidadas pela dimensão do cotidiano (Singer, 1998).

O que se faz importante notar, também, é como as informações são disponibilizadas à população e como elas podem alterar o regime de preferências declaradas pelas pessoas na composição de programas de investimentos do Estado, aqui considerados como os mecanismos mais justos para a superação de condições desiguais de sobrevivência e de competição. Algumas preferências, consideradas unânimes e irrefutáveis, como a melhoria

---

<sup>78</sup> Tramway é um bonde, também denominado de VLT – Veículo Leve sobre Trilhos.

dos transportes, podem amparar escolhas não razoáveis a médio e longo prazos, pois, além de danificarem irreversivelmente recursos não renováveis, como o solo, não se prestam a solucionar um problema falsamente elaborado: o encurtamento das distâncias urbanas. Tornase mandatório investigar formas de planejar e de garantir o direito ao solo urbano sem acarretar grandes desperdícios de tempo ao ser humano<sup>79</sup> e sem degradar recursos não renováveis.

### 3.4 OS VALORES DA SUPERFÍCIE

Milhares de transformações se impuseram no cenário urbano de várias cidades com o avanço das técnicas construtivas e das tecnologias dos veículos de transporte no século 19. As ferrovias, os navios a vapor, as fábricas e a eletricidade modificaram as paisagens rurais, mas, sobretudo, as urbanas. No final do século 19 e início do século 20, acreditava-se que o veículo que predominaria nas ruas seria o eletromóvel, ou automóvel movido a eletricidade, pois os eletromóveis não emitiam gases poluentes, tinham um manuseio extremamente simples em comparação com os automóveis a vapor ou a gasolina e eram muito mais silenciosos que os demais tipos de motores (Barker, 1990, Orfeuill, 1994; Dupuy, 1995). No entanto, o baixo custo do petróleo, bem como a pouca autonomia dos eletromóveis, fez com que eles fossem perdendo mercado gradualmente, sobretudo após as melhorias técnicas implantadas nos motores de combustão interna.

A indústria dos automóveis começou pelos países europeus, e a popularização desse tipo de veículo se fez com mais ênfase pelas corridas organizadas pelos entusiastas do esporte que surgia, o automobilismo. Renault, Peugeot, Daimler e Benz tornaram-se rapidamente nomes conhecidos, porém, o mercado de automóveis era restrito devido às limitações técnicas que ainda havia nesses veículos, uma vez que motores confiáveis eram caros, e o automóvel, considerado um luxo para poucos. A popularização do automóvel ocorreria nos Estados Unidos, no início do século 20, por intermédio de Henry Ford, que introduziu, em sua fábrica, linhas de montagem inspiradas nos abatedouros de gado da cidade de Chicago, nos Estados Unidos (Burnham & Bennett, 1993; Orfeuill, 1994; Dupuy, 1995).

---

<sup>79</sup> Alguém que leve três horas por dia nos deslocamentos entre casa-trabalho-casa, dentro de um ônibus, por exemplo, ao término de trinta anos terá desperdiçado seis anos no interior do veículo. As condições em que as pessoas são transportadas estipulam a qualidade desses seis anos. Para efeito deste cálculo, considerou-se que uma pessoa permaneça em torno 12 horas/dia acordada e trabalhe 22 dias/mês, gozando trinta dias de férias em ano-calendário de 365 dias.



A partir de então, a indústria do automóvel entrou em uma nova fase, a de carros caros, e o automóvel passou a ser um veículo pessoal utilizado, principalmente, para a circulação urbana. Foram dois os fatores que permitiram tal popularização: o primeiro deles, o entusiasmo das pessoas pela máquina renovada, e o segundo, o desenvolvimento de vias de rodagem com pavimento apropriado a esse tipo de veículo, pois as estradas e as rodovias haviam sido construídas, num primeiro momento, para atender às necessidades das bicicletas e dos triciclos (Dupuy, 1995).

Nesse aspecto, é uma característica marcante do início da história do automobilismo a diversidade de fabricantes, pois, ao se tornar um objeto de consumo, o automóvel atraiu o interesse de grupos empresariais, estimulados pela possibilidade de obtenção de lucros ao longo de todo o processo de fabricação, montagem e venda de carros. Por ser uma máquina relativamente simples, os automóveis podiam ser montados por qualquer pessoa dotada de algum conhecimento mecânico. No início do século 20, registrou-se a aparição de um número superior a mil fabricantes de automóveis no território estadunidense. Entretanto, na Europa, a fabricação se concentrou nas mãos de alguns grupos industriais desde o momento em que o automóvel se tornou um objeto conhecido (Barker, 1990).

O automóvel, ou melhor, os diversos tipos de automóveis já eram, no século 20, componente obrigatório das paisagens urbanas, e quase todos os esforços no sentido de se planejar uma cidade, um estado ou um país passaram necessariamente pela capacidade de gerenciar e de agilizar a circulação desse novo tipo de veículo (Brasiliense & Vasconcellos, 1997; ANTP, 1999; Braga, 2006; Pescatori, 2007). O tráfego foi elevado à condição de elemento principal da organização de toda a construção social, e com isso deixaram-se de lado todas as raízes do “*velho urbanismo*” (Cornell, 1998, p. 25). É importante marcar que, naquela altura, o tráfego passou a ser o mais importante fator no pensamento dos planejadores das cidades, e o automobilismo foi altamente favorecido com os projetos urbanos, como no caso de Brasília, tombada pela Unesco (1987).

Sob tais condições, a universalização do tráfego, isto é, o conjunto de trocas de toda espécie entre a cidade, sua região, o vasto mundo e o interior dela própria, passou a ser a manifestação mais tangível da vida urbana (Dupuy, 1978; Cornell, 1998; Villaça, 1999, 2000; Pescatori, 2007). É preciso reconhecer que já se tentou, com muita frequência, reduzir o urbanismo a uma questão de tráfego, encarado sob o ângulo mais estreito da inspeção da limpeza, sinalização, iluminação e drenagem das ruas e das estradas. A flexível via sobre o solo é um verdadeiro gráfico registrador da vontade humana, que, assemelhando-se ao feixe de todos os

movimentos de trocas, desafia toda topografia, seja acomodando-se a ela, seja vencendo-a por meio de pontes, viadutos, valas ou túneis (Wells, 1997; Braga, 2006).

Apesar de o urbanismo moderno ter sido sobremaneira analisado do ponto de vista organizacional, que, na realidade, enfatiza seu caráter de gestor técnico da vida<sup>80</sup> (Mumford, 1964, 1967; Dupuy, 1978; Huet, 1986; Cornell, 1998; Jacobs, 2000), o maior desafio posto ao urbanista do século 20 estava em elucidar conflitos e eliminar barreiras ao livre e desimpedido deslocamento:

*(...) para facilitar o tráfego e diminuir os pontos de conflito, pode-se evitar o encontro de mais de três vias (sistemas hexagonais Cauchon), estabelecer rotatórias para girar (sistemas Hénard), regulamentar o tráfego proibindo certas giratórias e dividindo os fluxos (flow-system), multiplicar os sentidos únicos, fechar numerosas vias laterais para o tráfego mecânico, criar passagens suspensas ou subterrâneas, prever em certos casos cruzamentos de diferentes níveis em forma de trevo, ou outra forma (Bardet, 1990, p. 40).*

Já se sabia, entretanto, que tais estratégias deveriam ser utilizadas com cautela, pois a fluidez do carro demandaria uma nova maneira de viver na cidade e imporiam um novo paradigma, de fundo ético, para a arquitetura e o urbanismo (Pires<sup>2</sup>, 2009).

Como se acabou de afirmar, as necessidades dos objetos que transportam as pessoas – carros, ônibus, metrô, bondes, motos, bicicletas – é que passaram a inscrever seus limites sobre o solo e a ditar regras para o conhecimento relacionado à circulação e ao zoneamento urbano, definindo níveis de acessibilidade às oportunidades ofertadas na cidade (Déak, 1999; Vasconcellos, 1999a, 1999b, 2000, 2008; Pescatori, 2007; Pires<sup>2</sup>, 2009). Os traços foram substituídos pelos limites operacionais das máquinas, e a vontade de consumir o novo fez com que o urbanismo modernizador do século 20 assumisse uma natureza marcadamente simbólica, sem a correlata manifestação de alteração na estrutura social, como as fábricas, as redes de transporte e os grandes edifícios. Portanto, o projeto de urbanismo no Brasil, perante uma sociedade moderna ainda não existente, procurou criar espaços para essa sociedade, reduzido a imagens fragmentadas de modernidade (Diniz<sup>3</sup>, 2007) – imagens que sugerem, projetam e revelam comportamentos sociais futuros. Um exemplo é o de Brasília, que se tornou a baliza para esse futuro modernizador, marcado pela igualdade de oportunidades e pela liberdade de decisão (Carpintero, 1998).

Na medida em que Brasília nasceu no período do estabelecimento da indústria

---

<sup>80</sup> Brüseke (1998, 2005) argumenta a respeito de uma ética, a da era da tecnologia.

automobilística no Brasil, seu destino, e daqueles que nela viveriam, foi marcado pelo traçado de dois eixos geométricos, destinados a abrigar, na superfície do solo público do Planalto Central, o automóvel, e a ordenar, a partir desses eixos, que são artérias rodoviárias, a malha urbana da nova capital. O futuro dessa cidade foi planejado pela ordem e hierarquia de duas avenidas que se sobrepõem sem se tocar, em ângulo reto e em forma de cruz, pois a “aplicação de princípios da moderna técnica rodoviária eliminou os cruzamentos” (Costa<sup>1</sup>, 1991, p. 20), que seriam, por essa concepção, um dos obstáculos à fluidez na superfície do solo. O plano diretor do Distrito Federal é derivado desse projeto urbanístico piloto, hierarquizado mediante paradigmas da circulação rodoviária motorizada, mesmo durante o planejamento do metrô subterrâneo nos anos 1990 (Costa<sup>1</sup>, 1991).

Ora, o modo de transporte e a tecnologia do veículo, assim se acreditava, resolveriam o problema de como organizar a mobilidade individual. Nessa abordagem, seria o motorista que se encarregaria dessa tarefa. Em outras palavras, o automóvel ofereceu a ilusão de que se possuiria o controle da mobilidade. Essa construção social de automobilidade como autonomia individual negligenciou o fato de que o transporte motorizado é altamente especializado e não é tanto o motorista, mas sim o sistema especializado, que faz valer o controle sobre a atividade de ir e vir. Negligenciou, também, a necessidade de preservar e configurar a superfície para os grandes fluxos de deslocamentos a pé e de investigar o subsolo como abrigo possível para algumas funções urbanas (Diniz<sup>1</sup> et al., 2005; Choay, 2007).

É assim que a superfície do solo, onde já se misturaram todos os tipos de veículos, é ocupada, paulatinamente, por um sistema especializado de percursos separados para pedestres, bicicletas e veículos velozes. Tal sistema chega, em muitos casos, a enterrar o pedestre em passagens subterrâneas, ou a suspendê-lo em passarelas aéreas, para dar passagem, na superfície, ao transporte motorizado. Sistemas sofisticados de terraplanagem, com escavações, compensações e contenções significativas, conformaram valas a céu aberto, só aceitas, naquela época do projeto de Brasília, em subúrbios. Essas valas se assemelham ao emboque de um túnel em pleno centro da cidade (Diniz<sup>1</sup> et al., 2005) e, para Campofiorito (2003), deixam o centro de Brasília, no Plano Piloto, inviável até hoje (figura 11).

Assim, é nessas estruturas rígidas, estáticas, que deve se concentrar a análise das iniquidades urbanas, e não na tecnologia do modo de transporte, pois são essas estruturas que viabilizam, ou impedem, a justa distribuição dos recursos e das oportunidades da cidade (Wells, 1997). Um pavilhão pode facilmente ser posto abaixo, mas um prédio de 20 andares com infraestrutura, superestruturas e terreno caros não pode ser substituído facilmente por um

espaço verde. O capital<sup>81</sup> inicialmente investido vai se opor a qualquer melhoria humana, pois há muita energia da sociedade dependente das estruturas fixas, dificultando ajustes às novas necessidades e possibilidades (Mumford, 1965; Auzelle, 1970; Giedion, 2004).

No recorte realizado pela pesquisa IPEA & ANTP (1999), Brasília apresenta um cenário de 114.450 metros quadrados de solo público destinado a estacionamentos em superfície, mais do que o dobro da área encontrada no Rio de Janeiro, cuja frota de veículos chega a quase dois milhões de unidades. Curitiba destina 32 vezes menos áreas às rodovias e aos estacionamentos em superfície do que Brasília. Por outro lado, a capital brasileira, se comparada às demais cidades amostradas na pesquisa da IPEA & ANTP (1999), não apresenta dados críticos relacionados aos tradicionais impactos da urbanização automobilística, como congestionamento de veículos e as poluições sonora e atmosférica. Entretanto, as exclusões social e territorial ficam explícitas pela quantidade de superfície pública destinada às rodovias e aos estacionamentos, assim como pelo consumo de combustível *per capita* (Bertaud, 2001; Kenworthy, 2003; Ojima, 2007), derivado de um modelo urbanístico fundamentado no emprego do transporte motorizado de superfície para os deslocamentos diários e na adoção da baixa densidade construída (gráfico 3).

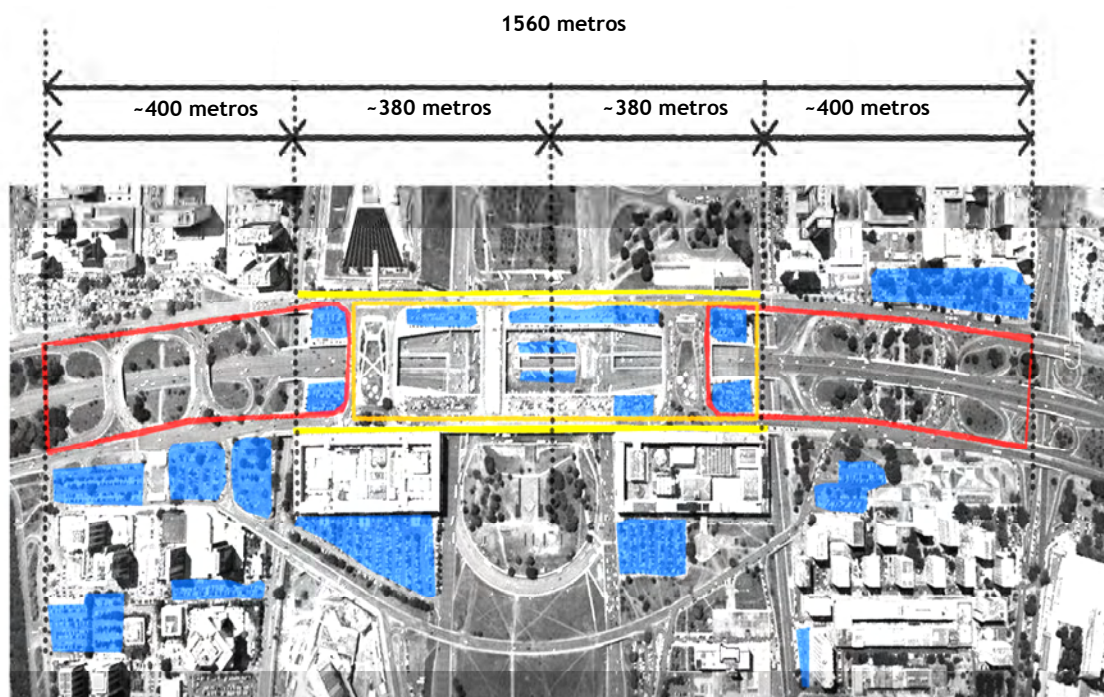


Figura 11 Centro de Brasília  
Fonte: Editado sobre imagem do Google Earth

<sup>81</sup> Capital não apenas no sentido monetário, mas de poder para influenciar nas decisões do Estado (Medeiros, 2003).

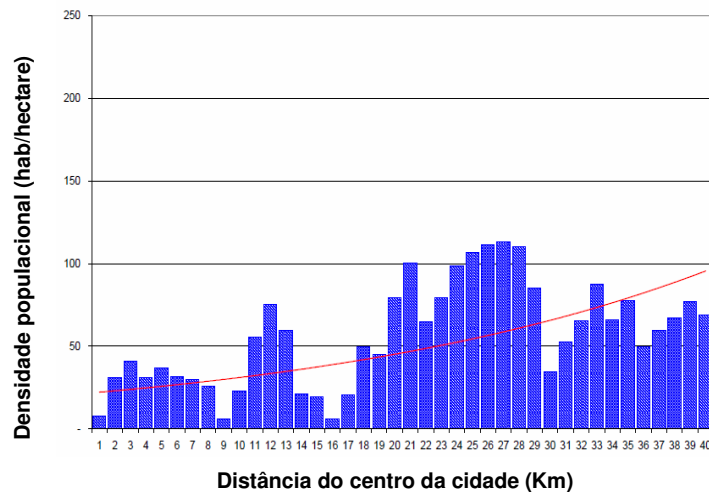


Gráfico 3 Densidade x distância ao centro (Brasília/DF)  
 Fonte: Adaptado de Bertaud (2001)

Naturalmente, agregado aos estacionamentos e às rodovias, há todo um sistema urbano – mobiliário, iluminação, drenagem, sombreamento, sinalização – destinado a prover conforto, segurança e comodidade ao condutor e ao veículo. Campanhas educativas e preventivas são realizadas, a cada semestre, visando esclarecer o pedestre sobre o perigo da superfície (DER-DF, 2009; DETRAN-DF, 2009), além de recursos, financeiros e humanos, que são destinados a garantir o patrimônio do cidadão motorizado na superfície do espaço público. Normas técnicas e manuais de projeto geométrico de rodovias são repassados em cursos de projeto e de desenho urbanos, forçando uma demanda e habilitando profissionais para o exercício do urbanismo da superfície.

O urbanismo dos planos, volumes e massas visíveis na superfície do solo concentrou, em um primeiro momento, o debate a respeito dos sistemas de circulação em torno das escolhas entre padrões das ruas-vias: se lineares, radioconcêntricas ou em grelha retangular. Posteriormente, a discussão foi deslocada para a escolha de redes de transporte – se rodoviárias, ferroviárias, metroviárias, ciclovias ou mistas. Por fim, apresentou-se um leque de possibilidades para as escolhas a respeito de como se deslocar nas cidades, se de carro, de ônibus, de troleibus, de *tramway*, de metrô ou de bicicleta. Logo a seguir, relacionou-se o uso e a ocupação do solo urbano com a eficiência operacional dos sistemas de transporte coletivo. Esse longo processo enfatiza a tecnologia dos objetos e obscurece outra, a tecnologia estrutural, que compõe o esqueleto invisível das cidades. A tecnologia estrutural, que não tem um nome no urbanismo, mas que na engenharia civil se chama geotecnia, reconhece os limites dos recursos naturais e se aperfeiçoa exatamente na fronteira entre o que quer ser visível e o que não deve ser visível (Assis, 2006c, 2006d).

Cidade	Sistema viário
	Uso para Circulação + Uso para Estacionamento (m <sup>2</sup> )
Belo Horizonte	307.898,44
Brasília	572.250,00
Campinas	242.109,38
Curitiba	17.934,38
João Pessoa	153.637,50
Porto Alegre	98.789,06
Recife	147.187,50
Rio de Janeiro	257.625,00
São Paulo	6.939.370,20

**Tabela 2 - Resumo do total anual das deseconomias do transporte urbano de pessoas.**

Fonte: Adaptado de IPEA e ANTP, 1999.

Cidade	Uso para Circulação (R\$/m <sup>2</sup> )	Uso para Estacionamento (R\$/m <sup>2</sup> )
Qualquer	9,33	6,66

**Tabela 3 - Monetização das deseconomias promovidas pelo sistema rodoviário em superfície.**

Fonte: Adaptado de IPEA e ANTP, 1999.

A inexistência de categorias urbanas para o uso e a ocupação do subsolo urbano, associada à ausência de princípios e ordenações específicas de planejamento, faz com que não se pague um preço justo pelo uso desse recurso natural quando ele se tornar imprescindível (Hoch, 1973; Brégeon et al. 1988; Gerbeau, 1995a, 1995b; Working Group n. 4 ITA, 2000). O subsolo se tornará mais atrativo economicamente à medida que o preço da superfície for subindo; entretanto, no momento em que isso ocorrer, o espaço subterrâneo já estará comprometido com centenas de redes de serviços e de fundações de edifícios públicos e privados lançados, ao longo de anos, nas mais diversas direções e profundidades (Silva<sup>2</sup>, 1999).

A natureza está virtualmente indefesa para um modelo de cidade que, tal qual a multiplicação de objetos de consumo, se massificou nos últimos trinta anos: a ocupação extensiva da superfície do solo e a transferência bárbara do que se considera feio e desconhecido para a esfera do subsolo. Por não ter inimigos naturais, essa tendência deve acumular-se, e as consequências em longo prazo desse acúmulo, em muitos casos, são extremamente perigosas e, em outros, totalmente imprevisíveis, como o consumo de subsolo sem regras e limites, pois se trata de um processo que não é percebido no dia a dia da cidade.

O subsolo urbano é um recurso cujo capital é insubstituível, e não se sabe ainda quais seriam as margens de tolerância que a natureza forneceria para essas escolhas do planejamento urbano que privilegia a superfície em detrimento do subsolo (Godard, 1999; 2004).

## SÍNTESE DO CAPÍTULO

O processo da urbanização brasileira mostrou que as decisões acumuladas ao longo do tempo, em relação ao uso de recursos de produção, particularmente a terra, têm influenciado nas condutas arbitradas para a ocupação da superfície das cidades e à forma dada à sociedade em décadas recentes. A lógica de crescimento das cidades tem sido a mesma das necessidades agrícolas, pois ambas precisam regularmente de renovadas parcelas da superfície do solo, resultando em uma ordem em que as vantagens e os benefícios são incorporados individualmente e as externalidades negativas pertencem ao coletivo. O conceito utilitarista de maximizar a distribuição de um bem, ou recurso, para o maior número de pessoas assume uma feição típica das tragédias dos comuns na superfície do solo e dos anticomuns no subsolo.

Algumas preferências, consideradas unânimes e irrefutáveis, como a melhoria da eficiência dos transportes, podem amparar escolhas não razoáveis a médio e longo prazos, pois além de danificarem irreversivelmente recursos não renováveis, como o solo, elas não se prestam a solucionar um problema falsamente elaborado: o encurtamento das distâncias urbanas. Torna-se mandatório investigar formas de planejar e de garantir o direito ao solo urbano sem acarretar grandes desperdícios de tempo ao ser humano, e sem degradar recursos não-renováveis. A crença na fluidez do transporte demanda uma nova maneira de viver na cidade e impõe um novo paradigma, de fundo ético, para a arquitetura e para o urbanismo.

Soluções urbanísticas razoáveis responderiam questões para se é justo morar longe do trabalho e da escola; se é justo despender três horas por dia nos deslocamentos obrigatórios; se é justo ocupar a superfície do solo, nas áreas mais nobres da cidade, com edificações que abrigam atividades como depósitos, cinemas, *shoppings centers*, supermercados, dentre outros que não utilizam a luz e a ventilação naturais; se é justo ocupar, extensivamente, a superfície do solo e o volume de ar acima dela com edifícios garagem para estacionar carros; se é justo ampliar as rodovias na superfície para abrigar as redes de transporte. A ética do uso e da ocupação do solo considera os resultados dos programas, projetos e políticas públicas na

medida em que estes apontem para uma distribuição mais justa dos recursos comuns e públicos.

A questão mais urgente, entretanto, é saber para qual sistema normativo o planejador urbano optará no século 21, uma vez que nenhuma atividade humana que tenha algum tipo de repercussão social pode se considerar moralmente neutra. E, no caso de uma sociedade democrática, a contribuição da urbanização deve se realizar a partir de sua perspectiva específica, mas compartilhando dos ideais de liberdade, de justiça, de igualdade, de proteção da natureza e paz, ou seja, a partir da melhoria das condições materiais de vida, por intermédio do progresso técnico, e da distribuição igualitária dos recursos comuns.

Assim, é nas estruturas públicas da cidade, naquelas que são fixas, que se deve concentrar a análise das iniquidades urbanas, e não na tecnologia do veículo de transporte, pois são elas que viabilizam, ou impedem, a justa distribuição dos recursos e das oportunidades da cidade. O urbanismo dos planos, volumes e massas visíveis na superfície do solo enfatiza a tecnologia dos objetos e obscurece outra, a tecnologia estrutural, que compõe o esqueleto invisível das cidades.



## 4. O SUBSOLO NA ERA URBANA

*Depois da conservação de recursos naturais,  
Surgiu o ideal de conservação dos recursos públicos.  
(Billington, The Tower and The Bridge, 1985, p. 5)*

Há cerca de 11.000 anos, iniciou-se a produção sistematizada de alimentos, a principal fonte de energia humana, propiciando a geração de excedentes que, por sua vez, favoreceram o crescimento populacional e o desenvolvimento de tecnologia e de estruturas socioeconômicas mais complexas. Constituíram-se, assim, circunstâncias que intensificaram a capacidade do ser humano de moldar e de impactar o meio ambiente. A agricultura e a criação de animais permitiram a produção de um número substancialmente maior de calorias por hectare de terra, disponibilizando um excedente de energia que incrementou o crescimento populacional de 5 para 86 milhões de pessoas em um intervalo de 4 mil anos, entre 6 e 10 mil anos atrás aproximadamente (Brown, 2003, 2008).

Recentemente, a população mundial ultrapassou o número de seis bilhões de pessoas que, desigualmente, consomem energia e recursos naturais, e produzem dejetos bem acima de suas necessidades metabólicas. As pessoas que vivem nas cidades, por sua vez, ocupam menos de 2% da superfície da Terra e, apesar de representarem menos da metade da população global, são responsáveis por 78% das emissões de carbono, 60% do consumo residencial de água e 76% da madeira utilizada para fins industriais (Sheehan, 1999, 2000; Brown, 2003, 2008). Desde os tempos mais remotos, os impactos das escolhas humanas são reflexos da relação entre o crescimento populacional e o aumento do consumo de recursos comuns, que legitima a produção de mais alimentos, bem como a ampliação e a diversificação das fontes de energia e de recursos minerais – que, de outro lado, fundamentam as decisões sobre a vida nas cidades (Ojima, 2007).

Todavia, é tarefa extremamente difícil, em se tratando de recursos comuns e naturais, estabelecer limites e cotas para a distribuição e a exploração desses tipos de bens, que, por sua vez, conformam a base produtiva de qualquer sistema econômico. Sob tais fatores e condições, que são globais e não exclusivamente locais e circunstanciais a um momento

histórico, há de se dispor espaço no solo para moradia e trabalho, assim como para complexas funções, tais como mobilidade, produção e armazenamento de energia. Deve-se, ainda, reservar parcelas cada vez maiores fora das áreas urbanas, pois a população que nelas vive exige uma concentração de alimentos, água, energia e materiais que a cidade não consegue prover no domínio de seu território. (Mumford, 1982; Schumacher, 1983; Santos, 1988; Carmody & Sterling, 1993; Smith, 1997; Besner, 2000; Villaça, 2000; Lutzembeger, 2004; Choay, 2007; McKibben, 2007; Pecchi & Piga, 2008; Becchetti, 2008; Sachs, 2009).

A desigualdade e a injustiça com que os impactos das decisões relacionadas à distribuição de bens gerados a partir de recursos comuns, como o solo, afetam a população do planeta e não requerem, unicamente, a mitigação de seus efeitos, mas a superação de dogmas embutidos nas escolhas a respeito da exploração e da ocupação da superfície da Terra, as quais fundamentam as ações do “urbanismo visível”, descritas nos capítulos 2 e 3. A exacerbação das desigualdades e das injustiças resultantes do planejamento urbano atinge a todos e ocorre quando um dos seguintes aspectos é identificado no processo de ocupação do solo: a) a fixação de populações urbanas nas superfícies ao longo de cursos d’água; b) a conversão do solo destinado à agricultura alimentar naquele necessário aos transportes e à mobilidade urbana; c) o aumento da ocupação de superfícies do solo pela urbanização; d) o aumento das superfícies do solo destinadas aos transportes motorizados (Mumford, 1982; Schumacher, 1983; Santos, 1988; Carmody & Sterling, 1993; Smith, 1997; Besner, 2000; Villaça, 2000; Lutzembeger, 2004; Choay, 2007; McKibben, 2007; Pecchi & Piga, 2008; Becchetti, 2008; Sachs, 2009).

Embora a média de densidade populacional no mundo não seja grande, a distribuição da população na superfície terrestre é desigual, pois há partes completamente desertas e outras densamente povoadas, ou seja, não há como relacionar quantidade de solo ( $m^2$  ou  $m^3$ ) com população e definir patamares de riqueza, ou pobreza, de uma amostra, e compará-la com outra, situada em local distinto do globo terrestre. Por exemplo, ao examinar o território chinês, a média da densidade populacional é de aproximadamente cem pessoas por quilômetro quadrado, mas a vasta maioria de mais de um bilhão de pessoas vivem em não mais que 20% da área do país. Essa porção onde as pessoas se concentram é a de solo fértil, que suporta a produção de alimentos (Gideon, 1989; Brown, 2003, 2008). Entretanto, os crescimentos da população urbana, da urbanização e do consumo farão com que essa mesma fatia de solo suporte também sistemas extensivos de transporte, o desenvolvimento comercial e industrial e o incremento das demandas por habitação. A porção de solo disponível para a agricultura escasseia, e os problemas de transporte de bens consumidos pelas cidades

umentam à medida que a população e os indicadores de qualidade de vida crescem. Não se enxerga, portanto, como estipular um limite razoável para a relação entre população e quantidade de solo, do tipo solo *per capita*, que possa ser controlado (gráfico 4).

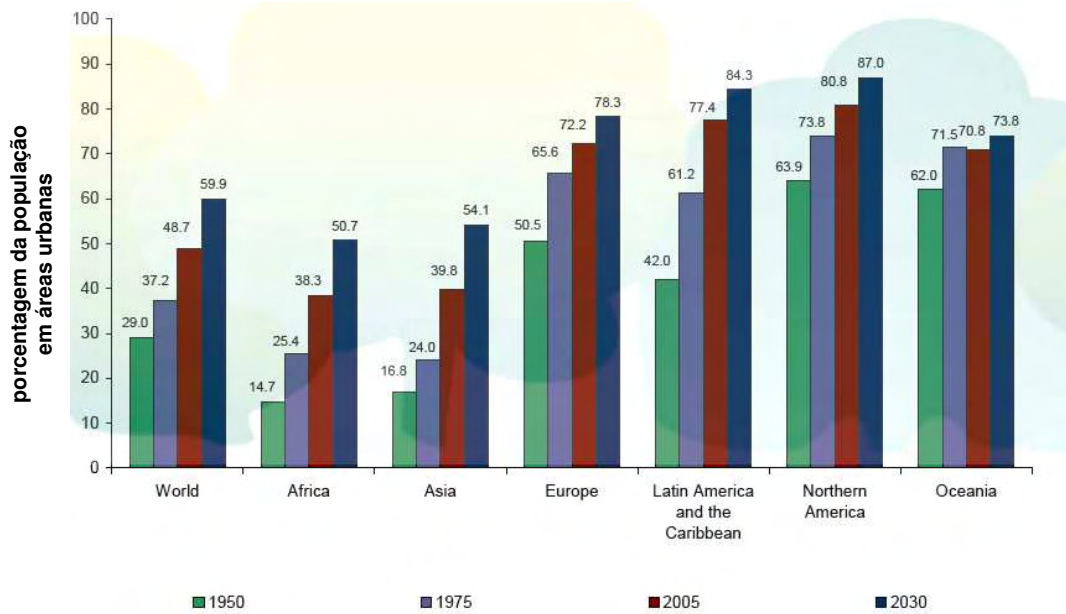


Gráfico 4 Projeção da População Urbana  
Fonte: UNPD (2005)

Por outro lado, o aumento da população urbana determina demanda por superfície, especialmente de solo para o desenvolvimento sustentável, que subsidia a maximização das seguintes atividades: a) matrizes energéticas renováveis, como o etanol; b) produção de bens e alimentos; c) mobilidade urbana, como os “veículos verdes” (Ojima, 2007; Plank Foundation, 2009). Porém, mesmo que não ocorra o crescimento populacional projetado para as próximas décadas, o padrão de consumo instalado no planeta não será revertido se ações compensatórias para reverter injustiças que atingem os pobres forem postergadas (Beatley, 1994; Smith, 1997). Além do mais, essas reparações devem ser realizadas a partir dos centros urbanos, pois eles não precisam crescer e se renovar em cima de solos ricos e nas proximidades de vales férteis, locais que se tornarão fundamentais para a produção crescente de alimentos e de energia renovável. Se isso não for feito, as desigualdades se ampliarão, particularmente aquelas que são frutos das decisões baseadas em escolhas não razoáveis, por exemplo, a oferta desmedida, para fins de urbanização, daquilo que é visível acima da superfície do solo.

Portanto, a disponibilidade de espaço adequado para essas necessidades se torna cada

vez mais difícil em muitas áreas do mundo, em função do aumento da demanda por solo para suprir carências criadas por um padrão de urbanização dependente da eficiência dos sistemas de transporte (Global Footprint Network, 2008; Plank Foundation, 2009). Somem-se a essas constatações os custos sociais das construções sobre a superfície do solo, pois se sabe que a implantação de rodovias expressas e de linhas de metrô, leve e de alta capacidade, e de trem sobre a superfície do solo se materializa mediante a deterioração da paisagem, natural e construída (Mumford, 1964, 1967; Jacobs, 2000; Choay, 2007).

Por outro lado, o discurso dos objetos da tecnologia mascara, na realidade, a qualidade intrínseca a um projeto ou a uma decisão, sendo indiferente o nome com que se qualifica uma escolha. No caso do metrô, por exemplo, ele só se faz desejado, aceito e incorporado ao leque de escolhas razoáveis porque se pensa nele como um meio de transporte subterrâneo. Na realidade, são as preferências, as escolhas e as decisões decorrentes do planejamento, dos projetos urbanos e das políticas públicas que determinam o grau de impacto dos objetos da tecnologia de transporte urbano nas vidas das pessoas. Assim, um metrô pode se deslocar na superfície do solo, acima e abaixo dela sem deixar de ser metrô. No entanto, no cotidiano da cidade e no planejamento da vida humana e dos animais, cada uma dessas opções revela um impacto diferente.

À primeira vista, torna-se mais atrativo economicamente alocar atividades no subsolo à medida que o preço do solo da superfície aumenta, principalmente porque não é usual ter de pagar pelo solo localizado abaixo dela (Newcomb, 1973; Tarlock, 1973; Carmody & Sterling, 1993; Barles, 1999, 2000; Duffaut, 2006). A partir desse ponto de vista, torna-se interessante planejar os tipos de usos a serem implantados no subsolo, controlando-os efetivamente como forma de manter a qualidade do meio ambiente e como “uma reserva de mercado”, evitando que oportunidades sejam desperdiçadas, e soluções, inviabilizadas, pela indisponibilidade de um recurso comum (Labbé, 1997). Decerto, essa seria uma adequação do princípio da precaução ao planejamento urbano, uma vez que se consideraria não apenas o risco iminente, mas também os riscos futuros provenientes das decisões humanas, algumas vezes incompreensíveis em todo o seu alcance pelo conhecimento de que se dispõe no presente (PERucho, 1967; Pike, 2005). Dessa forma, o princípio da precaução implica uma ação antecipatória à ocorrência do dano ambiental, seja por força da superexploração do solo, seja em razão da subutilização do subsolo.

Certamente, os problemas decorrentes das pressões sobre o uso do solo e os efeitos

econômicos do aumento do custo deste mesmo solo são de grande interesse no estudo do potencial de uso do espaço subterrâneo, pois ele se torna uma das poucas zonas de desenvolvimento disponível quando o espaço na superfície está completamente comprometido e reservado (Carmody & Sterling, 1993; Costa<sup>2</sup>, 2006). Entretanto, sem o aumento dos preços do solo, o custo mais alto da construção subterrânea torna-se empecilho para que seu uso planejado e em escala seja aceito. E, na medida em que as construções subterrâneas não são economicamente competitivas, elas passam a ser justificadas por razões estéticas, ambientais e sociais, mas raramente em fundamentos de justiça, que é princípio constitucional das sociedades democráticas (Beatley, 1994; Smith, 1997).



Figura 12 Moradia Subterrânea com Cobertura de Solo  
Fonte: Sterling (1981)



Figura 16 Moradia Subterrânea com Cobertura de Solo - Sala  
Fonte: Sterling (1981)

De todo modo, ao mover certas funções e serviços para o subsolo, a superfície pode ser mais efetivamente utilizada, sendo liberada, em áreas urbanas, para finalidades como a

agricultura e a recreação, por exemplo. Similarmente, a adoção de habitações com cobertura de solo preserva preciosas áreas de superfície arável, minimiza o consumo de energia e incorpora as propriedades naturais do material (figuras 12 e 13) ao invólucro da edificação (Sterling, 1979, 1981; Wells, 1990; Carmody & Streling, 1993; Wells, 1992; Camordy, 1995; Roy, 2006). Utilizar o subsolo habilita o ser humano a viver mais confortavelmente em áreas densamente povoadas, pois, ao mesmo tempo em que encurta distâncias existentes na superfície, viabiliza o aumento da densidade construída e não provoca externalidades negativas na superfície do solo, como a segregação física. O uso do espaço subterrâneo pode acomodar complexas demandas da sociedade atual sem sacrificar parte significativa do meio ambiente natural, já que tanto áreas urbanas como rurais requerem, continuamente, melhorias em sistemas de transporte, de redes de serviço, como energia, água e esgoto, e de condições de lazer e recreação. Pelas razões expostas, são os sistemas subterrâneos que conferem eficiência ao transporte coletivo, permitindo, por exemplo, uma maior autonomia e liberdade no uso do tempo, uma vez que o tempo desperdiçado nos deslocamentos diários obrigatórios é minimizado. Isso tem impacto significativo na vida das pessoas, em especial na das mulheres, para quem o uso do tempo é voltado para múltiplas jornadas, não necessariamente produtivas ou de ócio (Diniz<sup>2</sup>, 2003).

A proposta de alocar, intencionalmente, atividades urbanas no subsolo parece ser meta promissora para auxiliar a aliviar as pressões causadas pelo crescimento e pela urbanização da população mundial. Atualmente, no Brasil, assiste-se ao debate a respeito da exploração e da produção de petróleo oriundo da camada subterrânea de pré-sal. Pesquisas envolvendo a descoberta e a exploração de reservas de óleo e gás a grandes profundidades, em pontos inacessíveis ou em áreas extremamente sensíveis, são financiadas e custeadas por fundos públicos. Apesar de envolverem somas consideráveis de recursos financeiros para a exploração de recurso mineral de capacidade energética incerta, elas são justificadas e informadas como necessárias para a melhoria da condição de vida da população pobre (PETROBRÁS, 2009). Os custos envolvidos em todo o ciclo de vida de um bem comum, mesmo que se trate de um recurso não renovável e finito, desde o momento em que ele é descoberto até ser produzido em escala de comercialização, devem se justificar politicamente por princípios da justiça, como a equidade.

De fato, o custo das construções no subsolo se configura como um importante conflito teórico para uns e como uma questão técnica para outros, pois é argumento desejável que uma

obra subterrânea seja de tão baixo custo quanto possível, de tal forma que ela se incorpore economicamente como uma solução viável para uma série de necessidades da população (Assis, 2006, 2007; Parker, 2004a; Reilly & Parker, 2007). Caso contrário, é raciocínio aceito que qualquer tipo de pressão econômica só existirá se algum valor monetário estiver associado ao espaço subterrâneo, auxiliando, assim, a racionalizar o uso apropriado do subsolo e a minimizar o volume de recursos coletivos usurpados pela exploração e pelo uso individual do mesmo.



1. AMÉRICA DO NORTE
  - Moradias vernaculares e indígenas
  - Moradias modernas tipo *earth sheltered*
  - Sistemas de metrô interligados ao desenvolvimento do subsolo urbano
  - Minas subterrâneas
2. AMÉRICA DO SUL
  - Limitado uso na atividade minerária
  - Sistemas de metrô nas maiores cidades
  - Esquemas hidrelétricos
  - Estocagem de alimentos no subsolo
3. ESCANDINÁVIA
  - Grande variedade de usos em rocha
  - Utilização com dupla finalidade: militar/atividades comunitárias
  - Grande estocagem de óleo e sistemas de energia em cavernas
  - Sistemas de metrô nas capitais
4. EUROPA OCIDENTAL
  - Variada utilização para atividades urbanas
  - Extensos túneis para rodovias e ferrovias
  - Grande parcela dos sistemas de transporte urbano das maiores cidades
  - Moradias trogloditas
5. ÁFRICA
  - Estocagem subterrânea de alimentos
  - Extensas atividades minerárias
  - Alguns esquemas para geração de energia
  - Moradias nativas
6. EUROPA ORIENTAL E ÁSIA OCIDENTAL
  - Sistemas de metrô nas maiores cidades
  - Infraestrutura urbana de pequeno porte
  - Defesa Civil
  - Moradias nativas
  - Templos religiosos
7. SUL ASIÁTICO
  - Templos em cavernas
  - Alguns usos urbanos ligados a redes de infraestrutura e passagens para pedestres
  - Alguns túneis rodoviários
  - Instalações de energia em regiões montanhosas
8. ÁSIA ORIENTAL
  - Aproximadamente 30 milhões de pessoas vivem em cavernas (rocha)
  - Largo esquema de defesa civil
  - Extensa rede de túneis rodoviários e ferroviários
  - Sistemas de metrô nas maiores cidades
9. JAPÃO
  - Extenso sistema de metrô nas maiores cidades
  - Complexos comerciais conectadas a sistemas de transporte
  - Extensas redes de túneis rodoviários e ferroviários
  - Infraestrutura urbana
  - Reserva de subsolo planejada para uso futuro
10. AUSTRÁLIA
  - Moradias e usos diversos em minas abandonadas
  - Áreas de preservação ambiental
  - Esquemas hidrelétricos
  - Poucas rodovias e ferrovias subterrâneas

Figura 14 Ocupação do Subsolo  
Fonte: Adaptado de Carmody & Sterling (1993)

Porém, como enfatizado anteriormente, a existência de um bem comum e público não se justifica por critérios exclusivamente econômicos, mas mediante princípios éticos e valores morais (Hardin, 1968; Beatley, 1994; Smith, 1997). O baixo e o alto custo são qualidades que, ao estarem associadas a decisões sobre recursos coletivos, se submetem, inicialmente, a valores morais, e não apenas econômicos.

Da mesma forma, definir usos possíveis para o espaço subterrâneo não é um fim em si mesmo, uma vez que o aproveitamento do subsolo é manifestação de uma utopia realista que deseja manter o meio ambiente efetivo, atrativo e equilibrado, mesmo em face do aumento da população mundial, que demandará por serviços mais complexos e pelo incremento do consumo. Na realidade, trata-se de verificar e especular padrões de desenvolvimento para alcançar essas aspirações humanas, pois, enquanto perdurar a preferência por “*colocar pessoas em cima e coisas embaixo*” (Assis, 2006a), a ordem social ditará que as atividades e os serviços alocados no subsolo existem em função das pessoas. Estas acabarão por vivenciar, por algum motivo e em algum momento, os espaços subterrâneos.

Dessa maneira, o planejamento ético, ou justo, do solo urbano deve ser o retrato da delicada integração entre o aproveitamento da superfície e o do subsolo, seja para quaisquer finalidades, e de uma relação de interdependência que deve ser acompanhada, medida e balanceada. Há muitos exemplos, de antepassados e de contemporâneos, de usos do espaço subterrâneo para os mais diferentes propósitos, desde a manifestação artística até os depósitos de lixo (figura 14). Ao longo do século 19 e em boa parte do século 20, observou-se um rápido crescimento no uso do subsolo para redes de serviços no continente europeu, nos Estados Unidos, no Canadá e em diversos países asiáticos. E por que isso? Quais as implicações para o futuro das sociedades? As pessoas serão demandadas a trabalhar em instalações no subsolo, ou ele será destinado apenas à baixa ocupação e a funções como armazenamento? Essas eram indagações presentes nas cabeças dos pioneiros do planejamento do uso do subsolo urbano, denominado posteriormente de urbanismo subterrâneo (Utudjian, 1964, 1966).

#### 4.1 OS PIONEIROS DO URBANISMO SUBTERRÂNEO

O planejamento do subsolo urbano surgiu como uma disciplina própria no começo do século 20. Antes disso, refletiu as doutrinas da arquitetura e do planejamento urbano contidas nos conceitos da obra intitulada *Mémoire sur les objets les plus importants de l'architecture*



(1769), de autoria do arquiteto francês Pierre Patte, que visualizou o espaço subterrâneo como abrigo para funções centrais da cidade industrial (Barles, 2002; Barles & Jardel, 2005). Patte previu a instalação de serviços no subsolo das cidades, tais como água potável, drenagem e lixo, ao lado da segregação dos diferentes tipos de tráfego, antecipando o pensamento relacionado ao compartilhamento intencional de galerias subterrâneas por redes de concessionários de serviços públicos.

No século 19, aqueles princípios de Patte provaram ser mais benéficos na teoria do que na prática. O conceito do planejamento urbano do subsolo foi resgatado por engenheiros como condição para o traçado de redes destinadas ao transporte de energia e de fluidos, uma opção justificada pela diminuição dos desperdícios no uso do subsolo e pelos menores custos de implantação e manutenção das redes. As publicações dos engenheiros demonstravam a desordem existente no subsolo das cidades antigas, onde se lançaram redes de serviços públicos aleatoriamente ao longo de anos, constituindo exemplos da total ausência de planejamento abaixo da superfície do solo. Na década de 1830, Henri-Charles Emmerly des Sept Fontaines, engenheiro responsável pelos serviços das redes de água e esgoto de Paris, foi chamado pela prefeitura da cidade para elaborar o “*plano da segunda cidade*” (Barles, 2006, p. 10). A primeira cidade correspondia a tudo que estivesse acima da superfície do solo (figuras 15 e 16); o plano da segunda cidade compreendeu o estabelecimento de um sistema que possibilitasse o gerenciamento e o planejamento de usos no espaço subterrâneo de Paris.

A segunda cidade existe em Paris desde o século 19 como um reflexo da preocupação dos engenheiros com a mecânica dos fluidos, com as redes de serviços e, pelos menos na teoria, com a fluidez e eficiência do trânsito. O subsolo passa a ser o lugar onde se esconde o que não se deseja ver e/ou ouvir. No começo do século 20, alguns arquitetos e planejadores urbanos tentaram considerar o espaço subterrâneo como solução para aliviar o congestionamento e o caos do trânsito na superfície. Seus primeiros projetos se concentravam, de maneira óbvia, na racionalização do uso do espaço subterrâneo ao propor enterrar as funções de estocagem e de transportes, uma abordagem tipicamente derivada da engenharia de produção (Bernard, 1995; Heim de Balsac, 1995; Levy, 1995; Lundkvist, 2003; Meijenfheldt et al. 2003; Duffaut, 2003).

Pode-se dizer que Eugène Hénard, arquiteto francês, deu especial atenção ao espaço do subsolo urbano, ao revelá-lo, em 1910, como o meio adequado para acomodar uma série de necessidades das populações: propôs a “*rua de múltiplos pavimentos*” (*rue à étages*

*multiplas*), como método para separar e organizar cada tipo de trânsito em pisos e em níveis distintos, de forma a reduzir o congestionamento e a livrar a superfície da cidade dos impactos do transporte motorizado. Hénard (1911) denunciou o congestionamento do subsolo urbano em função da passagem de inúmeras redes de infraestrutura e sugeriu submergir o tráfego urbano, os fluidos, os dejetos e as redes de energia e comunicação em uma galeria de múltiplos pavimentos mediante um plano de ordenamento urbano amplo, não se restringindo ao subsolo (figuras 17 e 18).

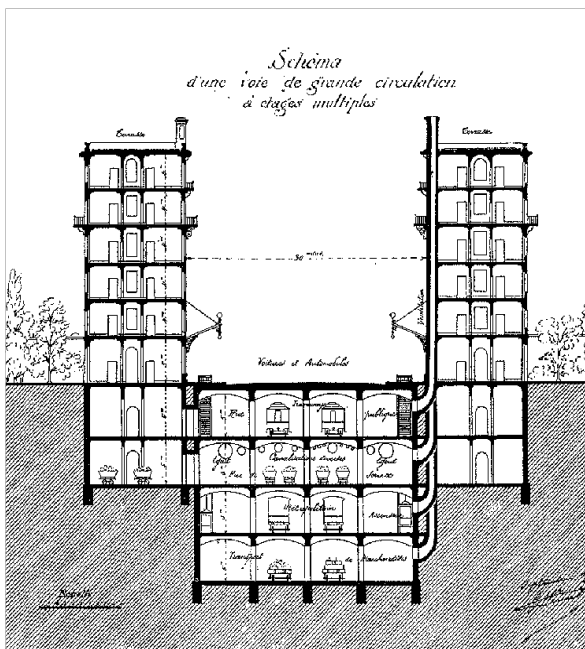


Figura 15 Zoneamento Vertical em 1911  
Fonte: Barles (2006)

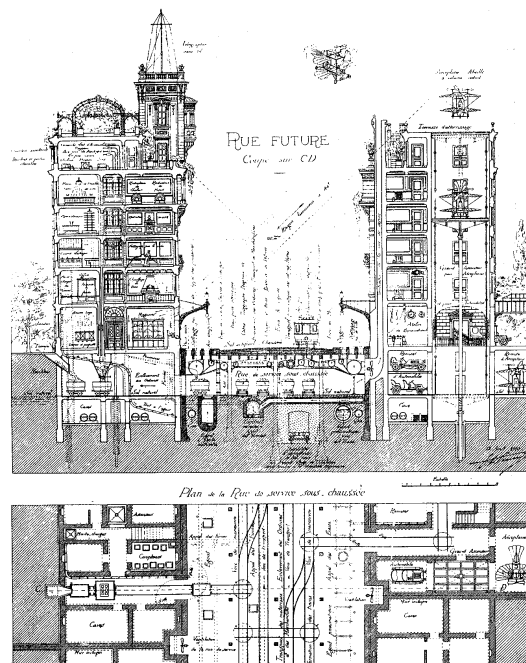


Figura 16 Rua em Múltiplos Pavimentos em 1911  
Fonte: Barles (2006)

Apesar de inovadoras, as criações e conjecturas de Hénard não ultrapassaram a esfera teórica de suas publicações (Bardet, 1990; Choay; 2007). Além disso, nada do que Hénard propôs se concretizou em seu tempo de vida, mas anos depois, pelas mãos do americano Lloyd Wright, do franco-suíço Corbusier e do brasileiro Lucio Costa, para destacar alguns dos que adotaram seus conceitos, tais como a separação dos diferentes tipos de tráfego e das funções urbanas, mediante um zoneamento vertical; o sistema de rotatória e “tesourinhas<sup>82</sup>” para fluxos locais, evitando os cruzamentos e as conversões; a compensação de solo durante a

<sup>82</sup> “Tesourinha” é um nome popular, dado em Brasília, para a conversão de um sentido do fluxo rodoviário para outro, sem que haja cruzamento, conversão esta que, por suas proporções e características, assemelha-se a uma tesoura. Na realidade, é uma adaptação para a escala intraurbana do trevo rodoviário periurbano ou interurbano proposto por Hénard e, posteriormente, por Utudjan em Paris, para as rodovias expressas francesas.

implantação de infraestruturas urbanas; tubos pneumáticos subterrâneos para despacho de correspondência; e elevação do nível destinado ao tráfego de *tramways*, como em Chicago, Estados Unidos (Bardet, 1990; Burnham & Bennett, 1993; Choay, 2007).

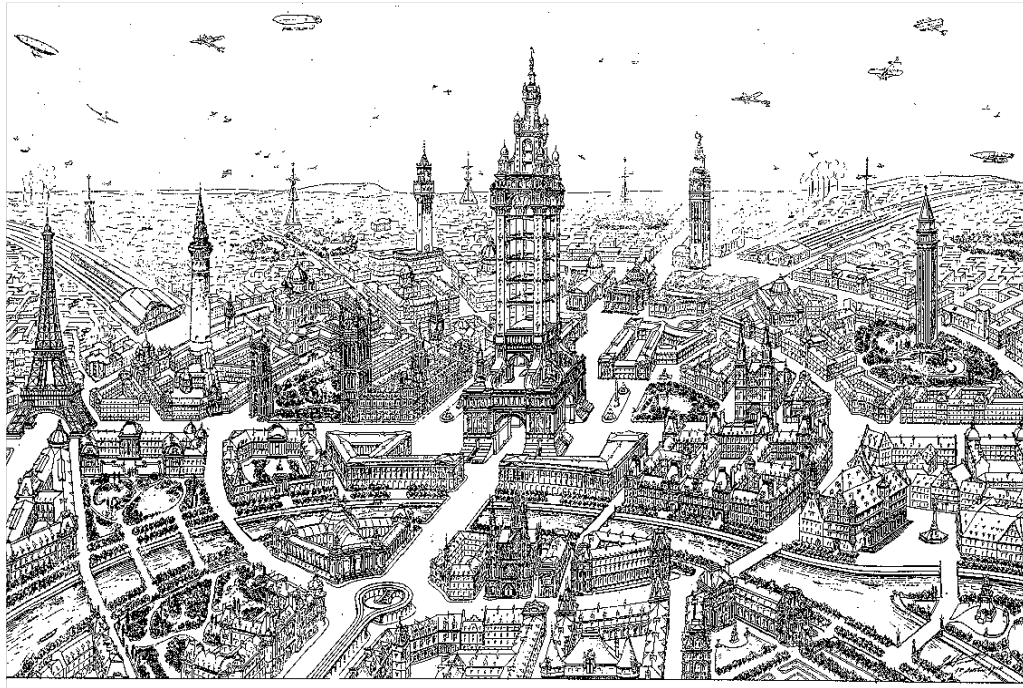


FIG. 4.—UNE VILLE DE L'AVENIR: VUE A VOL D'AEROPLANE.

Figura 17 Reordenamento proposto por Hénard em 1911  
Fonte: Barles (2006)



Figura 18 Rede elétrica subterrânea - Paris (1910)  
Fonte: Parisenimages (2008)

Em 1933, por influência direta das publicações de Hénard, foi criado o *Groupe d'Études du Centre Urbain Souterrain* em Paris, conhecido como GECUS, mais tarde rebatizado como *Groupe d'Études et de Coordination de l'Urbanisme Souterrain*, cujo mais

influyente líder foi o arquiteto e planejador urbano francês Édouard Utudjian (1905-1975). Essa organização rapidamente alcançou escala internacional graças ao *Comité Permanente International d'Urbanisme Souterrain* (CPITUS). Até sua morte, em 1975, Utudjian publicou, regularmente, uma revista<sup>83</sup> e influenciou o pensamento urbanístico europeu por intermédio de congressos e simpósios internacionais que promoveu, de projetos que concretizou, de ações educacionais que desenvolveu e de inúmeras publicações de que participou (GECUS, 1958, 1959, 1961, 1962, 1963, 1964, 1965, 1966, 1967, 1968, 1970, 1971, 1972; Barles, 2002).

Inspirado em Hénard, Utudjian fundou, em 1937, o “*International Permanent Commitee for Underground Technologies and Planning*”, cujo objetivo era promover o melhor e mais adequado uso do espaço subterrâneo urbano. Para Utudjian, uma sensação de desorganização emergia no solo das grandes cidades daquele período, o que poderia gerar uma situação incontornável com o passar dos anos (GECUS, 1958; Barles, 2005). Além disso, a iminência da Segunda Guerra Mundial elevou a importância desse Comitê ao demandar a criação de abrigos subterrâneos para proteger a população dos ataques aéreos. Talvez esse ponto de vista tenha sido definitivamente o oposto da opinião de teóricos contemporâneos de Utudjian, como Le Corbusier, que, mediante esquema funcionalista aplicado à superfície do solo, advogou a quase destruição de Paris, enquanto o GECUS, *Groupe d'Études du Centre Urbain Souterrain*, expressava a clara intenção de preservar a herança cultural, histórica e arquitetônica da cidade (Barles, 2005; Choay, 2007). Logo a seguir, a iminência da Segunda Guerra Mundial incentivou a construção de abrigos subterrâneos para a população, que serviam também como estruturas ambivalentes, tais como estacionamentos para carros, teatros, arquivos públicos, estações de transporte, correios e depósitos (GECUS, 1958).

Não havia nada de novo a respeito dos problemas urbanos apontados pelo GECUS, pois, no começo do século 20, planejadores, arquitetos e engenheiros produziram intensamente ideias baseadas na higiene, habitação, trânsito e uso do solo nas cidades (Mumford, 1952, 1982; Giedion, 2004; Choay, 2007). Entretanto, naquela época, a solução proposta era original, pois requeria o uso da terceira dimensão do solo, o subsolo, cujos recursos eram escassa ou pobremente explorados. Utudjian e o GECUS acreditavam que o espaço do subsolo deveria estar completamente integrado à vida da cidade e ao planejamento urbano, e não dedicado somente às redes de serviços públicos (Choay, 2007; Barles, 2005; GECUS, 1958,

---

<sup>83</sup> *Le Monde Souterrain* é o nome de uma revista publicada pelo GECUS, de tiragem bimestral, cuja edição vigorou de 1958 a 1972.

1959). Assim sendo, o subsolo poderia abrigar e estruturar uma variada possibilidade de funções previamente selecionadas, o que se constituiria como um verdadeiro zoneamento vertical, permitindo ao planejamento urbano se estender ao nível do subsolo (figura 19) e completar o zoneamento horizontal existente na superfície do solo. Essa possibilidade foi considerada por Choay (2007) como “notável” para a organização da cidade.

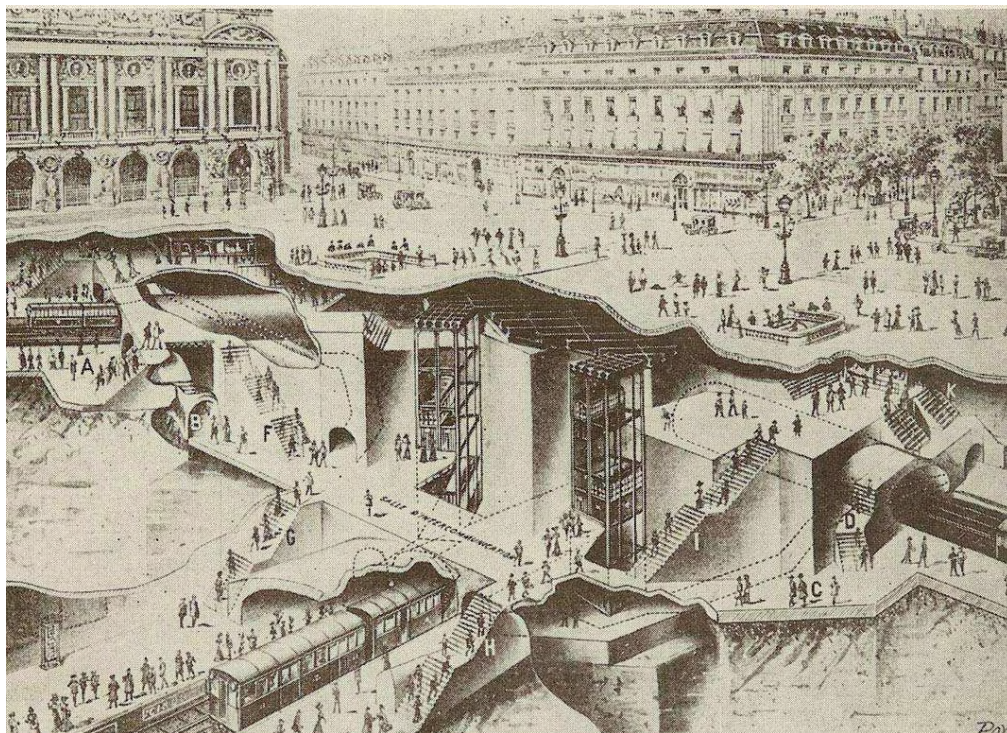


Figura 19 Planejamento do Subsolo de Paris  
Fonte: Utudjian (1966)

Conscientes da audácia contida em suas propostas, os membros do GECUS, em torno de duzentos profissionais de variadas categorias, buscavam respaldo teórico na história da humanidade e tentavam argumentar que o planejamento do subsolo urbano decorria de uma vontade indiscutível do ser humano:

*(..) desde a mais remota antiguidade, três fundamentais elementos têm contribuído para o desenvolvimento de obras subterrâneas: (...) desejo exploratório (...), transposição de obstáculos naturais ou do passado (...), a necessidade de abrigo ou proteção (Utudjian, 1966, p. 10).*

O projeto do Grupo, de fato, não foi bem-vindo naquela época do século 20, evidência

explicitada por Utudjian durante a palestra de abertura do IV Congresso Internacional do Urbanismo Subterrâneo, ocasião em que ele lembrou a reação de seus opositores aos conceitos do GECUS: “(...) *eles riram e disseram: vocês estão doidos, estão loucos, o que isso significa? Vocês realmente querem enterrar a humanidade viva! O que nós precisamos é do sol, do verde e da vista livre*” (Barles, 2006, p. 6). Era uma época em que os princípios defendidos nos Congressos Internacionais de Arquitetura Moderna (CIAM) exerciam acentuada influência nas instituições públicas e na comunidade profissional da Europa Ocidental. O mais célebre documento produzido nessa época é a Carta de Atenas (Choay, 2007).

Entretanto, o GECUS sempre refutou a intenção de “enterrar a habitação humana”, apesar de existirem posturas divergentes entre seus membros em relação ao assunto. Por exemplo, Victor Deznai<sup>84</sup> defendeu a existência da cidade “tipo caverna” durante o IV Congresso do Urbanismo Subterrâneo (1937). Na opinião dele, tal ideia seria símbolo e função de uma era altamente civilizada, uma vez que as guerras e os conflitos armados iriam conduzir a esse modelo de cidade subterrânea. William Hare, representante da *Garden and Town Planning Engineers Association*, durante esse mesmo Congresso, contrapôs que o ideal de uma civilização seria a paz e não a guerra. As reações do GECUS foram imediatas, ao reafirmar sua oposição à construção de cidades inteiras no subsolo, conforme exemplos oferecidos pelo próprio Utudjian, que dedicou um capítulo inteiro a esse tema em um de seus livros<sup>85</sup>.

Inicialmente, o GECUS propôs um plano de desenvolvimento para o subsolo da capital francesa que se baseava na criação de uma rede subterrânea de vias expressas de alta velocidade e em numerosos estacionamentos para carros, de forma a eliminar o congestionamento na superfície de Paris e propiciar fácil acesso aos subúrbios, em especial ao aeródromo de Bourget<sup>86</sup> (figura 20). O plano era uma proposta para o gerenciamento racional do subsolo da capital francesa, por intermédio do largo uso de túneis para múltiplas redes de serviços e de utilidades, que poderiam ser úteis tanto em tempo de paz como de guerra. O primeiro plano proposto seguiu, então, o traçado das redes existentes na superfície, pelo simples fato de a propriedade do subsolo na França estar associada à propriedade da

---

<sup>84</sup> Victor Deznai foi um professor de língua francesa em Praga e um estudioso das “necessidades do homem moderno”. Enviou correspondências para Corbusier expondo suas idéias.

<sup>85</sup> *Architecture et Urbanisme Souterrains* (1966).

<sup>86</sup> Primeiro aeroporto de Paris.



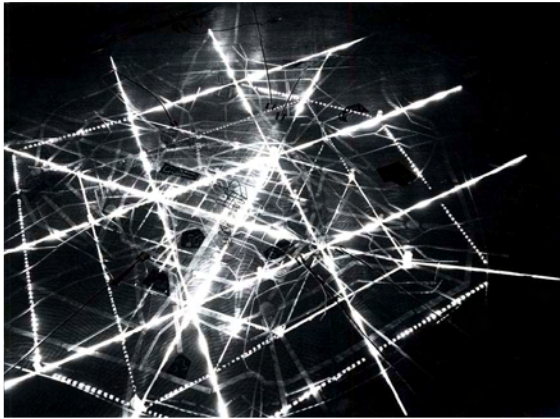


Figura 21 Sistema Viário Proposto para o Subsolo de Paris  
Fonte: Utudjian (1966)

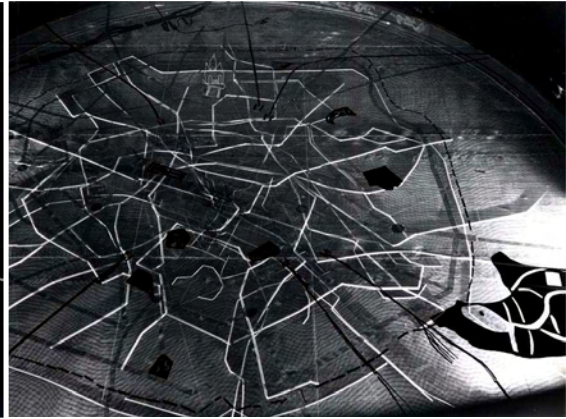


Figura 25 Maquete do Sistema de Vias e Estacionamentos Subterrâneos para Paris  
Fonte: Utudjian (1966)

De acordo com seus criadores, o projeto da Paris subterrânea deveria atender a dois pressupostos: de um lado, resolver o problema militar que envolvia a proteção da população parisiense e a manutenção de seus serviços básicos; de outro, estimular a redução do desemprego com a construção de garagens e pistas de alta velocidade para linha de transportes públicos, viabilizada pela taxa imposta aos motoristas de carros, equivalente às economias de combustível e de manutenção obtidas pela implantação da rede proposta. Em 1937, o GECUS estimou as perdas anuais causadas pelo trânsito em vários bilhões de francos (figuras 23 e 24) (Barles, 2005). As características do projeto eram totalmente inovadoras, pois englobavam aspectos econômicos e sociais até então desconhecidos dos planejadores urbanos, como as externalidades e a monetarização das deseconomias<sup>87</sup> do transporte urbano motorizado. Tal monetarização<sup>88</sup>, no Brasil, foi realizada pela primeira vez em 1998 (IPEA & ANTP, 1998), mas, diferentemente do contexto francês, teve como objetivo sensibilizar os tomadores de decisão a respeito da importância de investimentos em transporte público coletivo para a diminuição das iniquidades decorrentes da utilização do automóvel (Diniz<sup>1</sup> et al., 2005).

As rodovias subterrâneas não se concretizaram da forma proposta, mas o GECUS foi parcialmente reconhecido pelo Estado francês ao ser consultado pelo Conselho da Cidade de Paris, em 1954, para estudar e propor soluções para o problema dos estacionamentos de carros na cidade. O grupo sugeriu a criação de 41 estacionamentos no subsolo, entre os quais somente alguns seriam efetivamente construídos (Utudjian, 1964, 1966). Mais tarde, Utudjian

<sup>87</sup> A tragédia dos comuns (Hardin, 1968) ilustra a deseconomia crescente gerada pelos *commons*. No caso urbano, o exemplo dos transportes é elucidativo para as deseconomias tecnológicas e as suas externalidades.

<sup>88</sup> Dar preço às deseconomias do trânsito motorizado.



desenvolveu o conceito de “*estacionamentos desestimuladores*”, que deveriam se estabelecer nas portas de Paris, de tal forma a estimular o uso do transporte público no centro da capital e desestimular a entrada de carros até o centro da cidade (Barles, 2005).

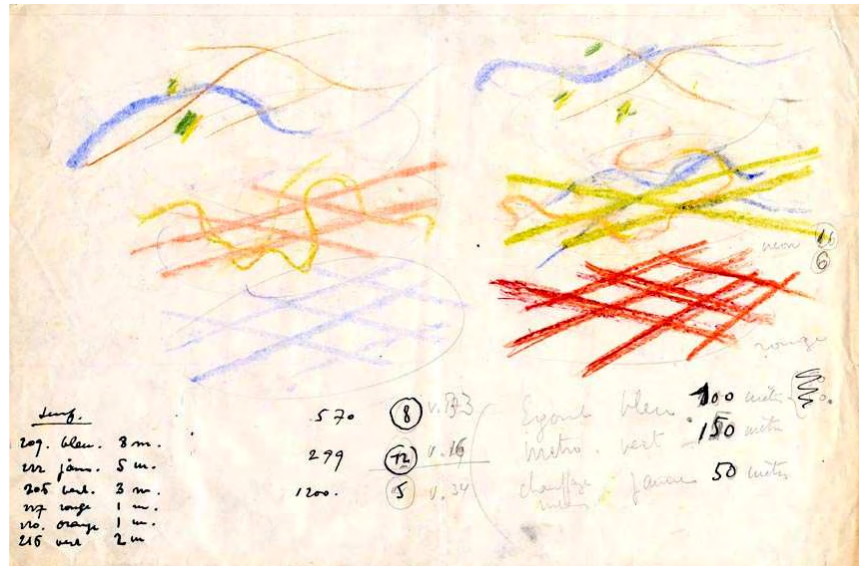


Figura 23 – Estudo Utudjian para o Sistema Viário Subterrâneo  
Fonte: Barles (2005)

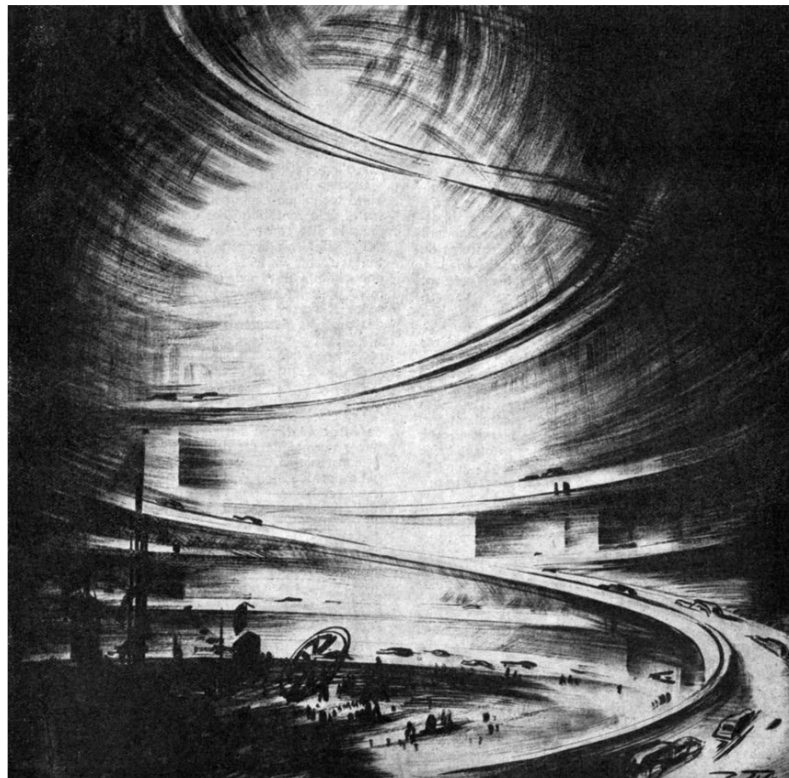


Figura 24 Perspectiva de Acesso a Estacionamento Subterrâneo Proposto para Paris  
Fonte: Utudjian (1966)

Mais adiante, em 1962, a prefeitura de Paris decidiu deslocar o mercado central de

abastecimentos, *Les Halles*, para os subúrbios, liberando, então, espaço na região central da capital francesa. Considerações a respeito do possível desenvolvimento dessas áreas surgiram imediatamente e, em 1967, o GECUS elaborou uma proposta teórica de forma a demonstrar as oportunidades oferecidas por um possível uso do subsolo. A sugestão contou com a aprovação da *Commission Permanente des Halles*, e o princípio de um fórum subterrâneo foi adotado (figura 25). Como manifestação de aceitação profissional, em 1968, o *Atelier Parisien d'Urbanisme*,<sup>89</sup> responsável pelo estabelecimento de um programa de desenvolvimento do distrito de *Les Halles*, baseou os projetos nos princípios fundamentais desenvolvidos pelo GECUS. Mais tarde, numerosas reorganizações deram à área sua feição atual, resultado da tentativa de aplicar a doutrina do planejamento urbano do subsolo.

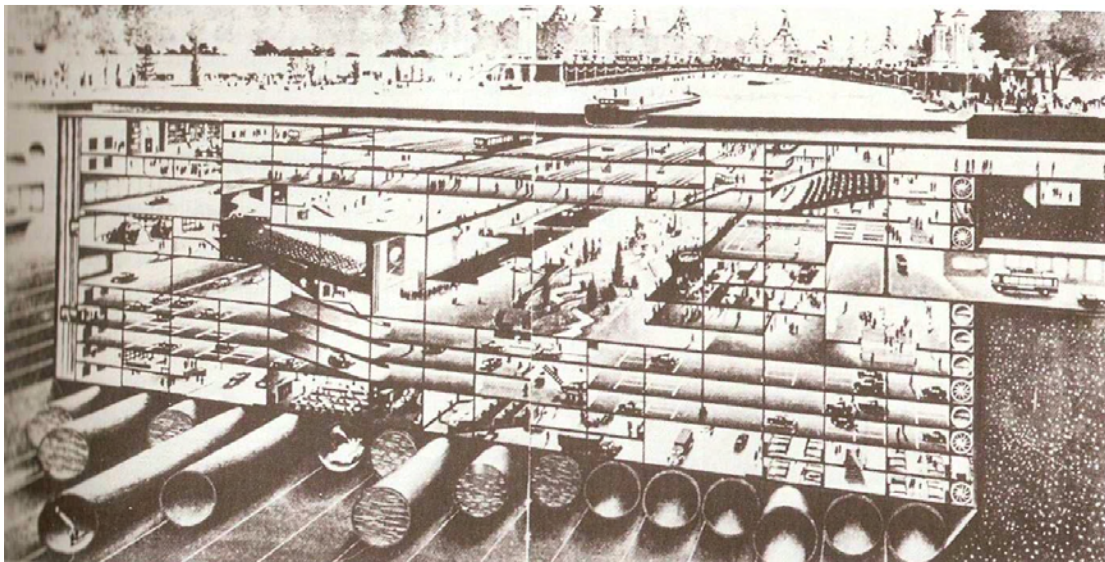


Figura 25 Proposta para Les Halles, Paris  
Fonte: Utudjian (1966)

O GECUS não se restringiu aos projetos parisienses, foi também responsável pela publicação de um relatório relacionado ao projeto de uma rede de autopista no subsolo de Londres, ampliando estudos realizados por Hénard e apropriados, posteriormente, no Relatório Buchanan (Choay, 2007; Barles, 2005). Além disso, criou o *Comité du Tunnel Mixte sous le Pas-de-Calais (Liaison Fer et Route France-Angleterre)* e foi consultado para o desenvolvimento de *La Défense*, distrito de negócios próximo a Paris, e de uma série de cidades, conforme notícias publicadas na revista *Le Monde Souterrain* (figuras 26 e 27) (Utudjian, 1964, 1966).

<sup>89</sup> Atelier Parisien d'Urbanisme – Órgão composto por diversas representações profissionais e entidades, responsável, até a presente data, pelo planejamento do uso e da ocupação de Paris (Île-de-France).

Lado a lado com os projetos, o grupo de Utudjian elaborou um programa para o desenvolvimento de técnicas para obras subterrâneas, que consistia dos seguintes aspectos: em escala internacional, a proposta residia em promover o CPITUS e criar o *International Underground Office*, que seria responsável pelo estudo e pela pesquisa das atividades relacionadas ao planejamento do subsolo; em âmbito nacional francês, o objetivo seria convencer as grandes cidades a listar as infraestruturas construídas abaixo da superfície e, por consequência, propor um plano geral para o desenvolvimento do subsolo (GECUS, 1958, 1959, 1961, 1962; Barles, 2005). Essas medidas foram consideradas em concordância com teorias ligadas a legislação, estética do subsolo e ensino (figura 28).

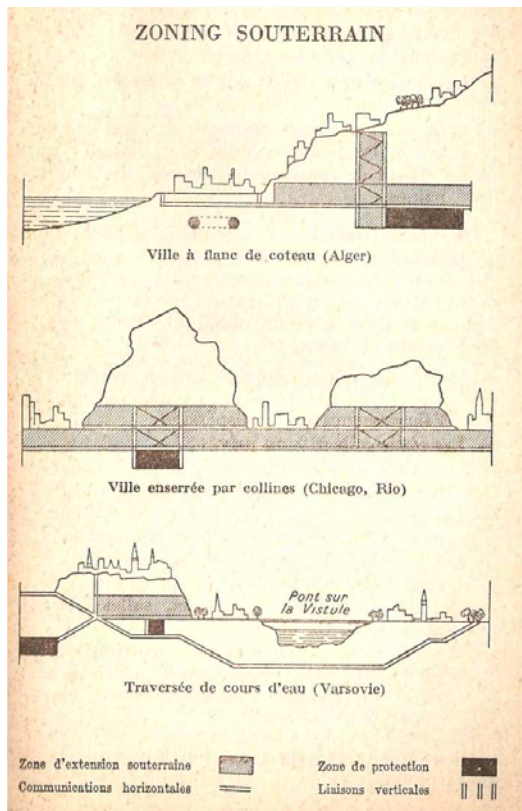


Figura 26 Zoneamento Subterrâneo – cidades não francesas  
Fonte: Utudjian (1964)

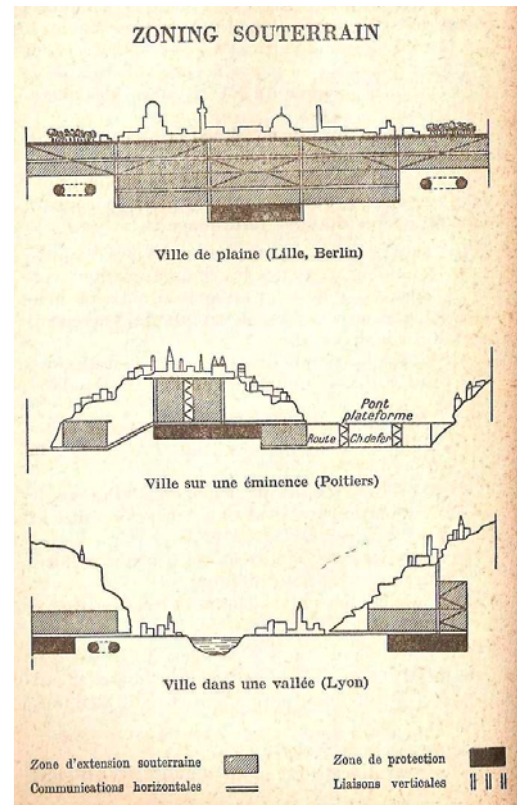


Figura 27 Zoneamento Subterrâneo – cidades francesas  
Fonte: Utudjian (1964)

É fato que o GECUS não sobreviveu à morte de Utudjian, em 1975, mas três anos antes de seu falecimento, já havia sido criada a *Association Française des Travaux en Souterrain* (AFTES), além da *International Tunnelling Association* (ITA), que integra as

associações nacionais de obras subterrâneas. Ambas possuíam uma missão mais técnica do que social, e ainda são vistas no contexto da predominância de engenharia civil, que explica o porquê, ao menos inicialmente, do forte enfoque delas no desenvolvimento urbano.

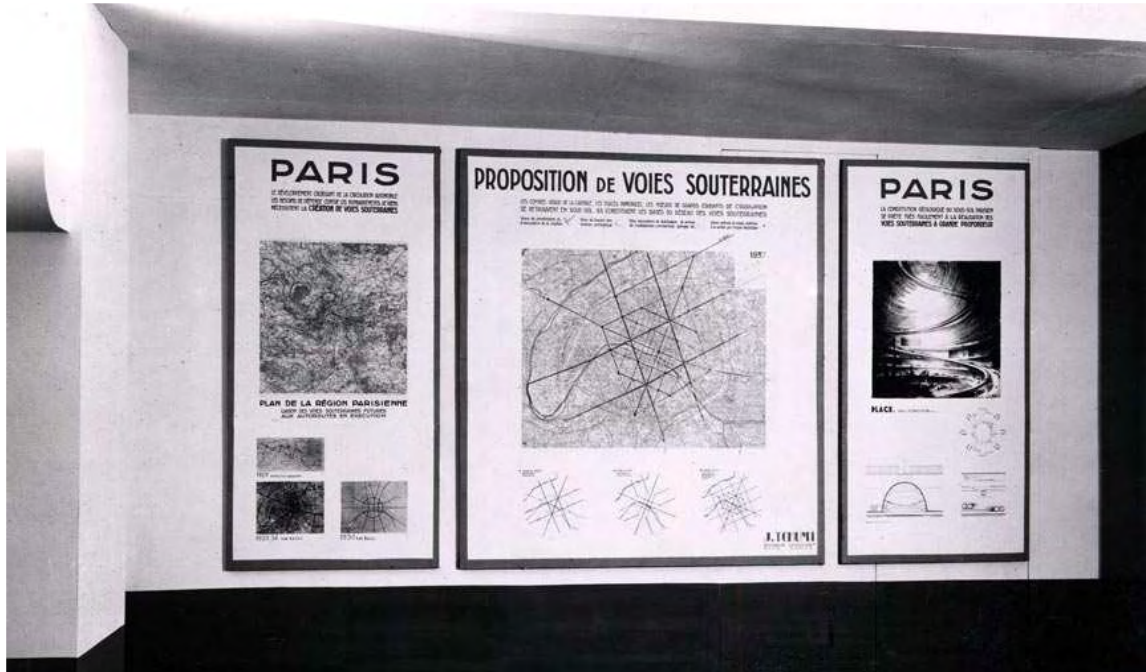


Figura 28 Exposição das propostas do GECUS  
Fonte: Barles (2005)

Anos mais tarde, em 1983, uma série de conferências internacionais se iniciou na Austrália, desencadeando o nascimento, em 1995, da *Association des Centres de Recherche pour l'Utilisation Urbaine du Sous-sol* (ACCUS) ao fim da conferência do *Urban Underground Space*, neste mesmo ano em Paris. A ACCUS, que está sediada em Montreal, organizou uma variedade de conferências, mas o alcance delas foi bem menor do que o das realizadas pela ITA, que incorporou a temática do planejamento urbano do subsolo aos seus grupos de estudos ambientais (Barles, 2005). Desde então, essas associações publicam periódicos, organizam regularmente congressos e são ativas nos domínios da engenharia.

Tanto Hénard como Utudjian desejavam a reapropriação da cidade pelo zoneamento vertical das funções (Choay, 2007), um conceito que permaneceria excêntrico até o final dos anos 1950, quando se começou a defender a aplicação de usos mistos em uma mesma unidade imobiliária como princípio da coesão urbana<sup>90</sup>. Para aqueles dois arquitetos, as técnicas

<sup>90</sup> Fortemente influenciado pela publicação da jornalista canadense Jane Jacobs.

modernas de escavação subterrânea permitiriam que o subsolo fosse aproveitado para abrigar com segurança e salubridade outros usos, além daqueles consolidados pelas redes de transporte e de infraestrutura básica. Com isso, a superfície da cidade e seu tecido histórico ficariam conservados e livres de alguns impactos ambientais negativos decorrentes do aumento da densidade construída.

## 4.2 TECNOLOGIA E URBANISMO

Preservar o meio ambiente e estender, ao mesmo tempo, o ciclo de vida de recursos mundiais, enquanto se promove o desenvolvimento econômico e se mantém o estilo de vida baseado no consumo e no prazer individual será complexo, senão impossível de alcançar. A imediata utilização do espaço subterrâneo pode auxiliar a mitigar no curto prazo as iniquidades decorrentes dessas escolhas, pois os benefícios de densidades urbanas mais elevadas podem ser viabilizados sem resultar em impacto físico no meio ambiente local. Em complemento ao óbvio benefício de preservar “espaços verdes” e solo para a produção de alimentos, há fortes evidências de que a população de cidades com densidades mais elevadas utilizam menos o automóvel (Kenworthy, 2003; Ojima, 2007) (gráfico 5).

Não há como negligenciar a forte associação entre densidade urbana e consumo de gasolina (combustível), mas é também interessante notar que a densidade, ao cair para aproximadamente 2,47 pessoas por metro quadrado, revela uma correlação com o incremento desse consumo (Kenworthy, 2003). Até aqui já se evidenciou que a fluidez urbana baseada na tecnologia dos objetos de transportes e em seus requisitos de eficiência operacional não garante, *de per se*, uma diminuição do tempo desperdiçado nos deslocamentos diários e obrigatórios. O privilégio de gozar dos benefícios ofertados pelas cidades não significa que se deva submeter a penalidades difíceis de serem suportadas, como despender muito tempo, inutilmente, dentro de um ônibus que serpenteia de um lado para outro. O processo de inovação tecnológica é amplamente influenciado pelos imperativos do meio urbano, que é dependente da aquisição de objetos para o consumo e para a sobrevivência de seus habitantes, principalmente de alimentos e de energia (Schumacher, 1983; Brown, 2003, 2008; UNPD, 2006; Weisman, 2007; Plank Foundation, 2009).

Todavia, a economia, determinada pela demanda por conservação de recursos

materiais, financeiros e ambientais, é o pré-requisito para a criação do urbanismo subterrâneo. Tal qual a arte estrutural defendida por Billington (1983), o urbanismo invisível no subsolo é contrapartida para a liberdade individual de expressão contida no urbanismo visível na superfície. Os engenheiros e arquitetos do subsolo se propuseram, no passado, ao controle social do infinito e do abundante, e, nesse sentido, a escassez era a razão compositiva para os dois, o eixo que estruturava o traçado do urbanista, a diretriz para as regras do planejador urbano, assumindo os contornos para o fim da crise do modelo numérico que pauperiza o sensível no engenheiro (Sánchez, 2005). A tecnologia tradicional dos objetos ainda não resolveu os problemas causados pela explosão urbana desde o período pré-industrial; pelo contrário, potencializou-a (Mumford, 1965; Jacobs, 2000; Choay, 2007; Santos, 2009).

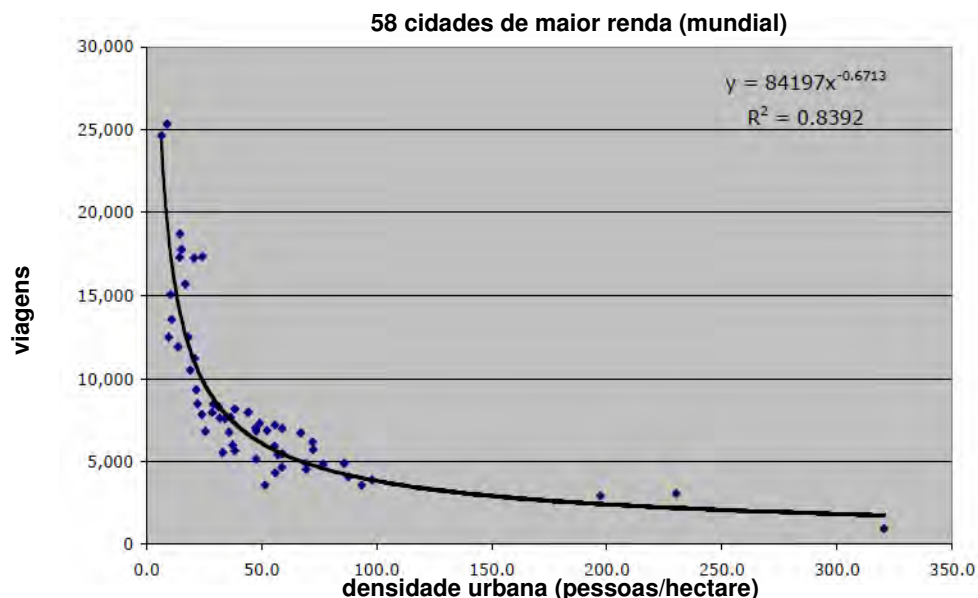


Figura 31 Densidades urbanas e viagens de automóvel  
Fonte: Kenworthy (2003)

Como resultado dessa argumentação, a tecnologia na engenharia estrutural aparece como perspectiva plausível e valorizadora de bases sociais, ou seja, do ambiente, da circunstância, da situação. É diferente da tecnologia da máquina, a outra face da tecnologia. A estrutura, o esqueleto da arquitetura e do urbanismo, é a face esquecida da tecnologia e, segundo Billington (1983), pode ser a chave para a revitalização da vida pública moderna. É o modelo, paradigma que deve ser assumido em toda e qualquer manifestação da arquitetura e do urbanismo, e que constitui as bases metodológicas para a criação de projetos subterrâneos. Tais aspectos revelam que as motivações subjacentes ao ato de projetar estão intrinsecamente ligadas a noções de ética e regras de conduta que orientam a escolha das soluções mais

adequadas, independentemente das chamadas questões técnico-econômicas (Jonas, 1979, 1995; Brüseke, 1998; Cortina & Navarro, 2005). Necessidades como a preservação do ambiente, a conservação dos recursos naturais, a distribuição equitativa dos custos, benefícios e riscos são contornos fundamentais para a solução de engenharia, que se limita não apenas aos foros da técnica, mas também aos fundamentos das éticas ambiental e do uso do solo (Singer, 1998; Beatley, 1994).

Tomada como se fosse verdade, a simplicidade, ou seja, o despojamento do supérfluo é o primeiro postulado da tecnologia estrutural e pode ser identificada na singeleza da forma, que é revelada pelo material que a constitui e que a potencializa no vazio. A sua qualidade intrínseca é a máxima expressão plástica, traduzida, de certa forma, por uma análise estrutural simples: “a elegância da engenharia” (Billington, 1983, p. 20-21). É produto da imaginação de uma única pessoa, mas o resultado de uma demanda social. A leveza estrutural é alcançada pela busca reflexiva e angustiante de empregar o mínimo de material com o máximo de expressão visual, ou seja, é a “eficiência estrutural” e está associada ao terceiro pressuposto da tecnologia estrutural, a economia, o tradicional paradigma da obra subterrânea.

Mas a relação entre tecnologia e sociedade, de um lado, e a emergência e o desenvolvimento do urbanismo, de outro, levanta as correlações entre a inovação tecnológica e a cidade (Mumford, 1965; Choay, 2007). O fato é que todos os primeiros avanços tecnológicos não foram frutos do trabalho de cientistas, mas muitas vezes de artífices, iletrados em sua maioria, que improvisaram ou aperfeiçoaram tecnologias já existentes (Billington, 1983, 2003). A ciência, então, não esteve associada com o começo da industrialização. Os primeiros túneis da era moderna nada tinham a ver com a ciência, nem tampouco as máquinas a vapor<sup>91</sup>. Por exemplo, o uso do espaço subterrâneo na China tem uma história de mais de quatro mil anos. A filosofia chinesa do uso desse espaço coincide, mas também difere de alguns conceitos básicos prevaletentes de outros lugares do mundo onde habitações subterrâneas existem, tais como na Tunísia, Turquia, França, Itália, Espanha e Austrália. Nesses locais, a motivação principal para o uso do espaço subterrâneo derivou da necessidade de se proteger de um clima quente, seco e severo durante o dia e, em certas épocas do ano, de temperaturas noturnas mais baixas (Gideon, 1989).

No caso da China, o desenvolvimento do espaço subterrâneo foi motivado por outros

---

<sup>91</sup> Savary em 1910.

fatores, tais como a necessidade de preservar o solo propício para agricultura, associada à disponibilidade de solo mole, tornando a escavação relativamente fácil, o que determina um baixo custo para tal tipo de construção, além da utilização de equipamentos simples e da economia resultante quando solos são desprezados, como as encostas de colinas, que podem ser utilizados para outros fins que não o cultivo (Gideon, 1989; Carmody & Sterling, 1993). No passado, as razões básicas para o uso do espaço subterrâneo chinês também envolveram a economia de energia, o armazenamento de alimentos, a proteção física, a utilização de baixa tecnologia, a disponibilidade de poucos recursos financeiros, o emprego de mão de obra e a economia de materiais de construção. Nos tempos modernos, as principais motivações para o uso do subsolo têm sido a preservação da agricultura, a vantagem do uso duplo do solo em centros urbanos congestionados e a economia de energia e de recursos finitos e não renováveis (Carmody & Sterling, 1993; Boisvert, 1995; Besner, 2000, 2002; Assis, 2006a).

Consequentemente, novas condições são impostas ao território à medida que a população deixa de ser rural e passa a ser predominantemente urbana. Ocorre a ocupação de leitos de cheia, de encostas instáveis, de áreas de infiltração de água para recarga de aquíferos, favorecendo o aparecimento de desastres naturais ou a escassez de recursos, pois, segundo De Mulder (1996), a partir do momento em que menos de 1% da superfície da Terra está ocupada por 3,5 bilhões de pessoas, ávidas por uma porção de solo, é inevitável a ocorrência de um grande impacto no ambiente físico e, principalmente, junto aos limites das áreas urbanas. As construções e as pavimentações, além de obras subterrâneas não cadastradas, aumentam a vulnerabilidade da população aos perigos potenciais, pois o crescimento urbano tende frequentemente para a ocupação de áreas com condições geotécnicas piores e de proteção ambiental (Carvalho & Prandini, 1998; Iwasa & Fendrich, 1998).

Todavia, já se havia notado, entre o final do século 19 e o início do século 20, um aumento do aproveitamento no uso do espaço subterrâneo, graças à crescente urbanização impulsionada pelo desenvolvimento de atividades facilitadoras da produção de bens de consumo, tais como a mineração, os transportes, a água e a energia. Em razão desse fato, o aparecimento de pesquisa aplicada se fez necessário em áreas do conhecimento como a geologia e as engenharias. Em um primeiro momento, para solucionar problemas relacionados às propriedades geológicas e geotécnicas do maciço do solo urbano. Logo em seguida, no desenvolvimento de técnicas, métodos e tecnologias para a escavação, para a estabilidade e para a sustentação do maciço do solo, que é a porção de rocha situada em volta do vazio



produzido pela escavação. E, por último, no estudo de procedimentos de projeto e de obra eficientes, seguros e pouco perturbadores do ritmo de vida na superfície das cidades (Duffaut et al. 1997; Besner, 2000; Barles 2002).

Obras subterrâneas são claramente diferenciadas de outros tipos de construção pela sua natureza inerentemente relacionada à total dependência das condições geológico-geotécnicas do maciço, e principalmente à interdependência entre essas condições, os meios e métodos utilizados na construção, da qual resultam os riscos associados. Um dos grandes fatores do desenvolvimento da geotecnia, como ciência eminentemente aplicada, tem sido a ocorrência de acidentes, que, em grande medida, se podem atribuir ao insuficiente conhecimento ou à deficiente aplicação do conhecimento geotécnico (Iwasa & Fendrich, 1998; Carvalho & Prandini, 1998). O exemplo mais conhecido de luta prolongada para a correção de um erro geotécnico é o da Torre inclinada de Pisa, localizada na Itália. A preocupação com a ocorrência de acidentes justifica a atribuição de elevados fatores de segurança<sup>92</sup> na concepção e no cálculo de qualquer túnel urbano, ainda que tal precaução venha a se refletir nos custos diretos do empreendimento (Parker, 1996; Assis, 2006g).

De toda forma, as carências da engenharia civil para lidar com os problemas geotécnicos foram evidenciadas com o aparecimento de cada vez maiores e mais variados tipos de construções, principalmente a partir do fim do século 19, e com a ocorrência de acidentes que mostravam até que ponto as bases empíricas dos métodos até então adotados eram inadequadas (Francis & Rocha, 1998; Assis, 2006d). A rápida expansão da geotecnia é consequência da crescente complexidade das realizações humanas e dos importantes problemas postos por diversos ramos da engenharia e da tecnologia, especialmente a partir da segunda metade do século 20 (Assis, 2006a). Resulta, ainda, de caminhos opostos assumidos por cada segmento da engenharia civil, pois na estrutura fala-se em pauperização do sensível (Sánchez, 2005), e na geotecnia admitem-se riscos-limites em nome da observação empírica (Assis, 2000, 2006f). Com o desenvolvimento das grandes concentrações urbanas, os edifícios tornaram-se cada vez mais altos e, simultaneamente, os locais apropriados para a vida nas cidades, cada vez mais escassos.

Para as áreas urbanas, convergem as infraestruturas de telecomunicações, transporte e energia e toda a atividade econômica em geral, o que as torna mais vulneráveis aos desastres

---

<sup>92</sup> O fator de segurança para a estabilidade do solo em túneis situa-se entre 1,5 e 2,0 antes da instalação do suporte. A forma ótima de um túnel em solo depende do  $K_0$  que é o coeficiente de coesão do solo.

naturais, muitas vezes ampliados por deficiente planejamento. A ruptura invisível das infraestruturas de uma cidade pode ter efeitos desastrosos e incalculáveis no longo prazo. Impõe-se, portanto, uma nova forma de pensar e gerir as cidades com base no conhecimento das ligações cada vez mais complexas e intrincadas dos sistemas geoambientais e antrópicos (Carvalho & Prandini, 1998). De certa forma, o hábito arraigado entre arquiteto e engenheiro, em que aquele cria e este calcula, e em que o primeiro descreve e o segundo inventa, faz com que o potencial do subsolo seja negligenciado por ambos. Porém, como assinalou M. Wells (2001), em *A more gentle way to build*, a etapa crucial em direção ao equilibrado e legítimo aproveitamento do subsolo urbano é a produção de um conhecimento que não se restrinja a integrar os recursos ambientais com as variáveis socioeconômicas, mas que proponha soluções (figura 29). Estas devem ir além do cálculo da engenharia e da eficiência construtiva e não devem se justificar em atender ao gosto dispendioso do indivíduo na distribuição de recursos e bens comuns durante o planejamento do uso e da ocupação do solo urbano.



Figura 29 Earth sheltered architecture  
Fonte: Adaptado de Wells (1990)

### 4.3 ESTRUTURAS URBANAS SUBTERRÂNEAS

Os principais tipos de obras subterrâneas civis são derivados de escavações no solo ou na rocha e, em virtude de suas características geométricas, são denominados de túneis, caso apresentem uma estrutura horizontal, abaixo do nível da superfície e dotada de dois portais; de acessos, que são as “portas de entrada” para o subsolo; de galerias, que são estruturas

similares ao túnel, mas dotadas de um único portal; de poços, que são estruturas verticais enterradas no solo; e de cavernas. A escavação é o processo empregado para romper a compacidade do solo ou rocha, por meio de ferramentas e processos convenientes, tornando possível a remoção. Uma escavação pode ser realizada com dois objetivos: para a obtenção de bens minerais e para a abertura de espaços com fins diversos, como os urbanos (Redaelli & Cerello, 1998). As operações de escavação propriamente ditas são normalmente complementadas pelo carregamento do material escavado, pelo transporte e pela descarga do mesmo. Escavações precisam ser estáveis por períodos variáveis, desde poucas horas até centenas de anos, até que um sistema de suporte ou obra definitiva seja implantado.

Cerca de 30% da crosta terrestre é formada por solos, folhelhos, argilitos e outras rochas que podem ser escavados sem o uso de explosivos. Adicionalmente, a capacidade e o poder de escavação dos equipamentos vêm crescendo com os anos, reduzindo assim as necessidades de desmonte a fogo. Grande parte das escavações para uso civil não atinge a rocha sã, o que torna o estudo do material não consolidado de grande importância (Carvalho & Prandini, 1998; Costa<sup>2</sup>, 2006). Escavações subterrâneas em material pouco consolidado requerem algum tipo de sustentação, que pode ser feita por diferentes métodos, cuja aplicação normalmente representa um custo significativo na execução da obra. O maciço constitui o principal elemento estrutural das escavações subterrâneas, sendo por isso fundamental a realização de investigações geológico-geotécnicas (GG) adequadas às diversas etapas de planejamento e de projeto, seja para definir a viabilidade de uma proposta, seja para determinar o dimensionamento e detalhamento de um projeto, assim como os custos associados (Assis, 2006b, 2006g; Alves<sup>2</sup>, 2009).

Tradicionalmente, as escavações são divididas em dois tipos, a escavação a céu aberto e a escavação predominantemente subterrânea. Escavações em solo a céu aberto podem envolver pequenos serviços executados por homens munidos de pás e picaretas. O tipo de material a escavar também afeta o custo, o prazo de escavação e, ainda, a metodologia a ser adotada. Teoricamente, um material ideal não existe, pois ele é aquele fácil de escavar, sem fissuras e sem presença de água, não sujeito à desagregação pelo intemperismo e à exposição a água, ar e gases e, ainda, sem necessidade de suporte, sendo, portanto, o mais indicado para a escavação a um menor custo (Parker, 2004b; Assis, 2006h; Alves<sup>2</sup>, 2009). Assim, o custo das obras subterrâneas tem uma relação direta com o conceito de eficiência, pois as condições do maciço não são fabricadas pelo homem.

Em síntese, tudo que é escavado abaixo da terra é obra subterrânea, que, por sua vez, se caracteriza, para fins de dimensionamento, por dois tipos de estrutura: as estruturas longitudinais, que exigem uma dimensão bem maior do que as outras, sendo dimensionadas pela seção típica; e as do tipo caverna, onde não é feito o dimensionamento pela seção típica (abóbada). Os condicionantes geológicos são os fatores que influenciam na escolha do traçado, da seção e dos métodos construtivos. As obras subterrâneas, principalmente os túneis, são as que mais exigem exatidão das investigações geológicas e geotécnicas, e os emboques e os poços de emboque são, de maneira geral, as regiões onde há uma maior concentração das investigações. No entanto, em obras urbanas, em geral de baixas profundidades, ou seja, onde a escavação ocorre a menos de 40m de cobertura de solo (figura 30), as investigações são homoganeamente distribuídas ao longo das obras (Assis, 2006g; Alves<sup>2</sup>, 2009).

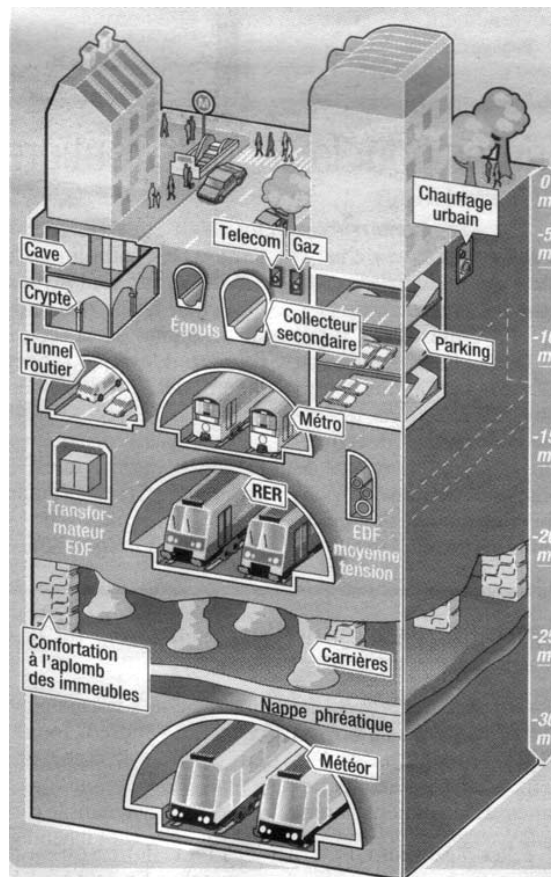


Figura 30 Esquema estruturas urbanas subterrâneas  
Fonte: Barles (2006)

É uma prática de grande parte das publicações geotécnicas relacionadas ao tema do urbanismo subterrâneo enunciar, mesmo que resumidamente, os métodos executivos das obras subterrâneas civis. Acredita-se que, ao exhibir o apuro e a precisão técnicos já alcançados, elimina-se grande parte dos preconceitos relacionados a uma engenharia que

enterra as criações humanas, a qual não faz parte, portanto, do corolário das realizações permanentemente visíveis na superfície.

Os túneis urbanos são os elementos de partida para estruturar o planejamento de um urbanismo tridimensional, já que possuem vida útil sem manutenção corretiva de aproximadamente 150 anos (Assis, 2006a; Parker, 2004b). Geralmente, encontram-se a pequena profundidade do nível da superfície, sendo por isso considerados túneis rasos, com baixa cobertura de solo, principalmente em função das características do ambiente urbano que, desprovido de planejamento, não prevê o zoneamento conjugado e integrado da superfície com o subsolo e vice-versa. Quando os túneis estão em níveis mais profundos e são caracterizados por uma maior cobertura de maciço, sua estrutura de suporte torna-se mais esbelta, e as escavações, mais seguras e rápidas (Assis, 2006i, 2006j) (figuras 31 e 32).

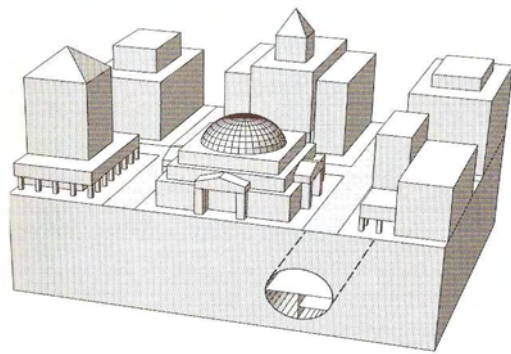


Figura 31 Modelos de Ocupação do Subsolo  
Fonte: Carmody & Sterling (1993)

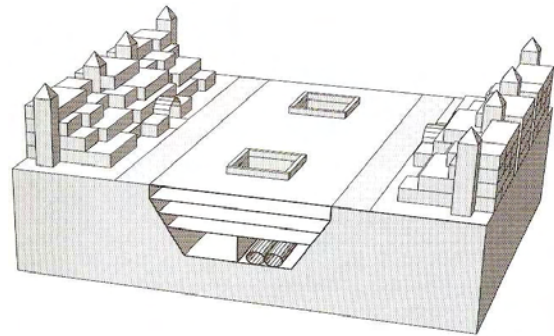


Figura 32 Modelos de Ocupação do Subsolo  
Fonte: Carmody & Sterling (1993)

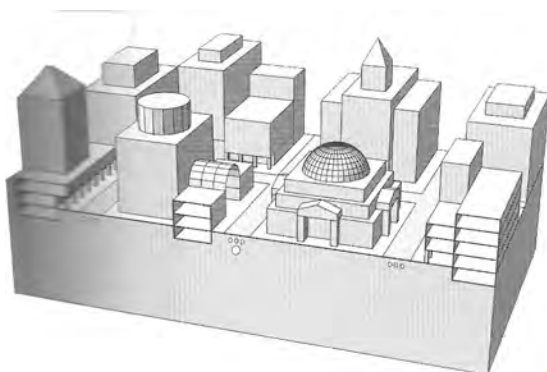


Figura 33 – Integração de Ocupações Subterrâneas em Solo Público e Privado  
Fonte: Carmody & Sterling (1993)

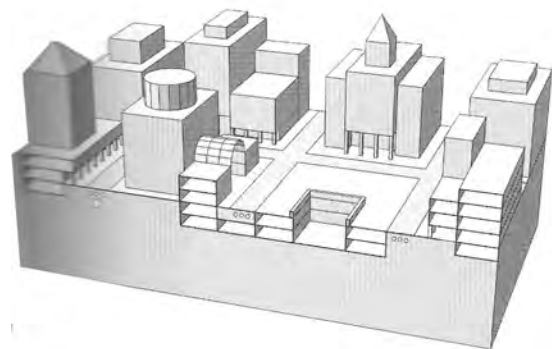


Figura 34 – Integração de Ocupações Subterrâneas em Solo Público e Privado  
Fonte: Carmody & Sterling (1993)

Desde que conjugados ao planejamento, os pontos de acesso ao subsolo, onde o túnel

precisaria estar mais raso para evitar circulações verticais compridas, podem ser coincidentes com subsolos de edificações. As curvas verticais de um túnel, que alteram o alinhamento de suas geratrizes, são limitadas pelas atividades que eles abrigam, e não por sua tecnologia estrutural, pois um veículo como o *tramway*, por exemplo, é condicionado por um projeto geométrico cuja rampa máxima não deve exceder os 5% de inclinação para condição de operação comercial (Zamorano et al. 2006).

Para ilustrar o caso dos transportes de alta capacidade, os eixos das vias de metrô subterrâneos localizam-se sob os alinhamentos de grandes avenidas, acarretando, certas vezes, os seguintes problemas: a) as grandes avenidas urbanas, geralmente, ocupam fundos de vales, onde predominam condições geológicas complexas e para onde convergem as redes de utilidades públicas (figuras 33 e 34); b) as edificações subterrâneas interligadas ao túnel se situam em pontos mais distantes do seu eixo de alinhamento, uma vez que se localizam em pontos da superfície para onde as pessoas são atraídas, como parques, templos, grandes empreendimentos comerciais, universidades e hospitais (Carmody & Sterling, 1993; Barles & Guillerme, 1999; Assis, 2006c).

Nessas condições, em que forçosamente se adota a alternativa de túneis rasos, os maciços tendem a ser pouco consolidados ou constituídos totalmente por solos, principalmente em países tropicais, e estão sujeitos a uma acentuada erraticidade (Francis & Rocha 1998; Iwasa & Fendrich 1998; Assis, 2005). Além disso, existe a possível ocorrência de nível de água acima ou cruzando a seção do túnel, já que grande parte das cidades está situada nas proximidades de corpos d'água, como lagos, rios, mares e lagoas (figuras 35 e 36). Agrega-se ainda a inexistência de cadastro planialtimétrico das redes de utilidades públicas lançadas no subsolo das áreas públicas, geralmente em cotas, dimensões e trajetos desconhecidos durante a fase de elaboração de projetos, acarretando incertezas que impactam nos custos e prazos finais das obras de túneis urbanos (figura 37) (Parker, 1996; Reilly & Parker, 2007; Assis, 2006b).

O acompanhamento e a fiscalização de obras subterrâneas devem se pautar pelo monitoramento constante, pelo cumprimento das previsões do projeto e pelo registro minucioso das ocorrências e alterações, seja por aspectos relacionados à segurança e ao comportamento do maciço durante a escavação, seja por questões ligadas à instalação do suporte e à colocação em carga da estrutura, pois, uma vez enterradas as obras, torna-se extremamente difícil e delicado investigá-las (Parker, 2004b; Assis, 2006k). Há de se lembrar que estruturas na superfície podem se submeter a ensaios destrutivos e ser devidamente

recompostas, ao contrário de peças enterradas, cujas intervenções requerem complexa logística, pois interferem diretamente na estabilidade das estruturas existentes na superfície (Assis, 2006j, 2006i).

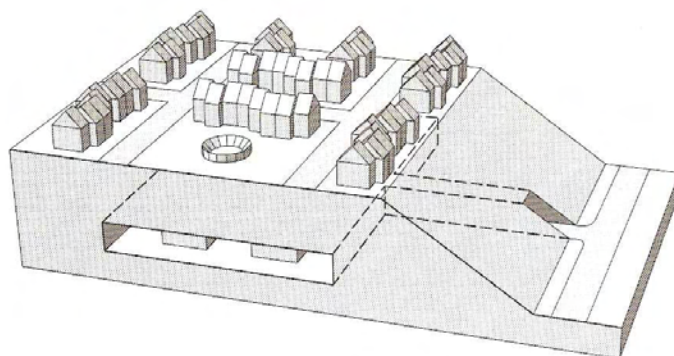


Figura 35 Interferências com Túneis  
Fonte: Carmody & Sterling (1993)

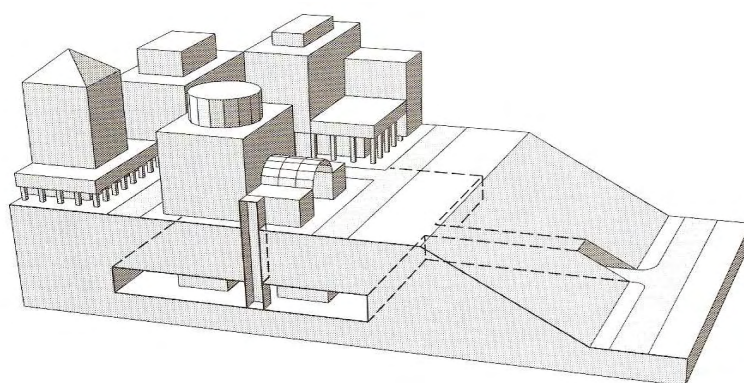


Figura 36 Interferências com Túneis  
Fonte: Carmody & Sterling (1993)

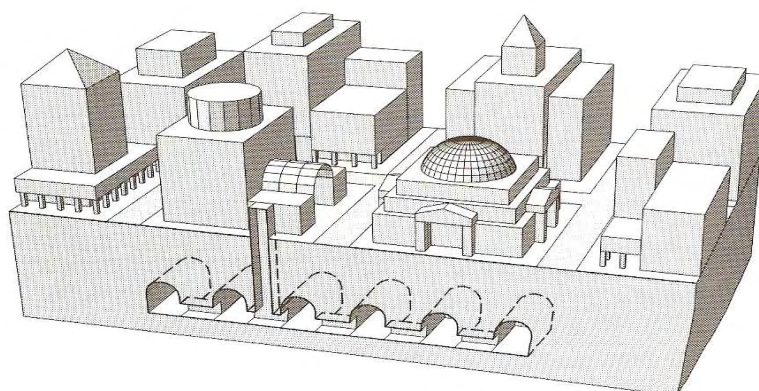


Figura 37 Redes Subterrâneas  
Fonte: Carmody & Sterling (1993)

A justificativa para não adotar, ou menosprezar, a capacidade do subsolo baseia-se no argumento de que as tecnologias das estruturas subterrâneas são complexas, devido, principalmente, ao nível de incerteza intrínseca à natureza de seu suporte, o maciço do solo circundante ao vazio escavado. Trata-se de afirmação desprovida de fundamento científico balizado no conhecimento atual, que decorre, essencialmente, dos avanços alcançados desde a consolidação de princípios de cálculo, monitoramento e estabilização introduzidos pelo *New Austrian Tunneling Method* (NATM) (Neto & Kochen, 2000). Atualmente, os túneis respondem por mais de 90% do volume de escavações subterrâneas civis em todo o mundo e incorporam todos os métodos executivos adotados nos demais tipos de obras subterrâneas (Assis, 2005; 2006). Para o planejamento urbano, três aspectos são de relevante interesse, dados os diferentes níveis de interferência física que geram na cidade: a praça do emboque do túnel, o emboque e o túnel. Também três são os princípios modernos dos túneis: Maciço Circundante, Sistema de Suporte e Instrumentação Ativa.

Independente do método adotado, deslocamentos sempre ocorrem na periferia da área escavada e quase sempre na superfície do terreno, acima das escavações. Quanto maior for a seção escavada e quanto menor for a sua cobertura, maiores são os recalques<sup>93</sup>. Recalques acentuados podem comprometer a segurança e a funcionalidade de edificações, em áreas urbanas densamente ocupadas, sendo crítico o controle de deformações em função das suas consequências (Assis, 2006). Por outro lado, a inexistência de projetos urbanos estruturantes no subsolo das cidades potencializa os impactos do canteiro de obras de uma construção subterrânea, como a disponibilidade de espaço e a localização de poços de acesso para as frentes de escavação, e reduz o leque de opções possíveis para a adoção de medidas necessárias à obra, tais como locais para executar sondagens, rebaixamento de lençol freático, melhoria e reforço de maciço, instrumentação, e manobra de grandes equipamentos.

Os métodos construtivos empregados em obras subterrâneas em rocha podem ser reunidos em dois grandes grupos conceituais: os derivados de escavações realizadas a fogo e os resultantes das escavações mecanizadas. Os métodos construtivos de túneis em solo são o *cut-and-cover*, que abriga os métodos convencionais e os túneis imersos, e a categoria dos métodos tuneleiros, que são os microtúneis, a escavação sequencial e as máquinas tuneladoras (figuras 38 e 39). Entretanto, é comum a aplicação de métodos combinados, ou mesmo

---

<sup>93</sup> Recalque – fenômeno caracterizado pela alteração do nível e do prumo originais de uma obra, como um edifício, devido ao adensamento do solo sob sua fundação.



alternados, pois os mesmos são determinados em função das características geológicas-geotécnicas do maciço, que são, no caso de obras urbanas, marcadamente heterogêneas (Parker, 1996, 2004a; Assis, 2006).

O novo método austríaco foi idealizado para escavar túneis em rochas brandas e solos e favorece deliberadamente a deformação do maciço adjacente ao contorno escavado, para distribuir e, ao mesmo tempo, reduzir as tensões máximas induzidas, sem permitir sua desagregação e, conseqüentemente, a perda de coerência. No final dos anos 1970, após ter sido empregada com sucesso em escavações urbanas na Alemanha, a metodologia foi introduzida em São Paulo durante a execução do Túnel do Alto da Boa Vista, em solo de argila porosa, e desde então vem sendo aplicada com relativa frequência em obras subterrâneas no Brasil (Celestino & Assis, 2006). Na comunidade técnica, o termo NATM é comumente utilizado para identificar os túneis executados por etapas com revestimento em concreto projetado.

De certa forma, a ausência de legislação, normas e regras para o uso e a ocupação ordenada de espaços no subsolo propicia o aparecimento de práticas e de tendências baseadas no “bom senso”, no sentimento do projetista e do executor nos mais variados fatores, tais como renovação de ar, iluminação, evacuação de emergência, especificações de materiais, drenagem e acústica. Porém, esse é um modelo de conhecimento que desconhece a visibilidade dos danos decorrentes de obras subterrâneas, pois um dia, e sem avisar, eles chegam à superfície, sendo por isso fundamental conhecer e aperfeiçoar as técnicas e os métodos de obras subterrâneas a partir de um planejamento regulamentado, ao invés da experimentação aleatória (Assis, 2006b). É nesse sentido que Assis (2006a) argumenta que a educação em engenharia subterrânea é um dos paradigmas das obras urbanas.

A falta de legislação urbana relacionada à indefinida servidão pública do subsolo urbano decorre, sem dúvida, da incapacidade de antever esse espaço como propício ao desenvolvimento da cidade. Em decorrência disso, impõem-se restrições à geometria dos eixos, horizontal e vertical, aos túneis e obras subterrâneas, submetendo o traçado deles aos alinhamentos das projeções das áreas públicas localizadas na superfície (Parker, 1996, 2004a; Assis, 2006) (figura 40). Essa omissão legal impede, muitas vezes, que se investiguem opções de traçado mais adequadas ao tipo de atividade a se instalar em um túnel urbano.

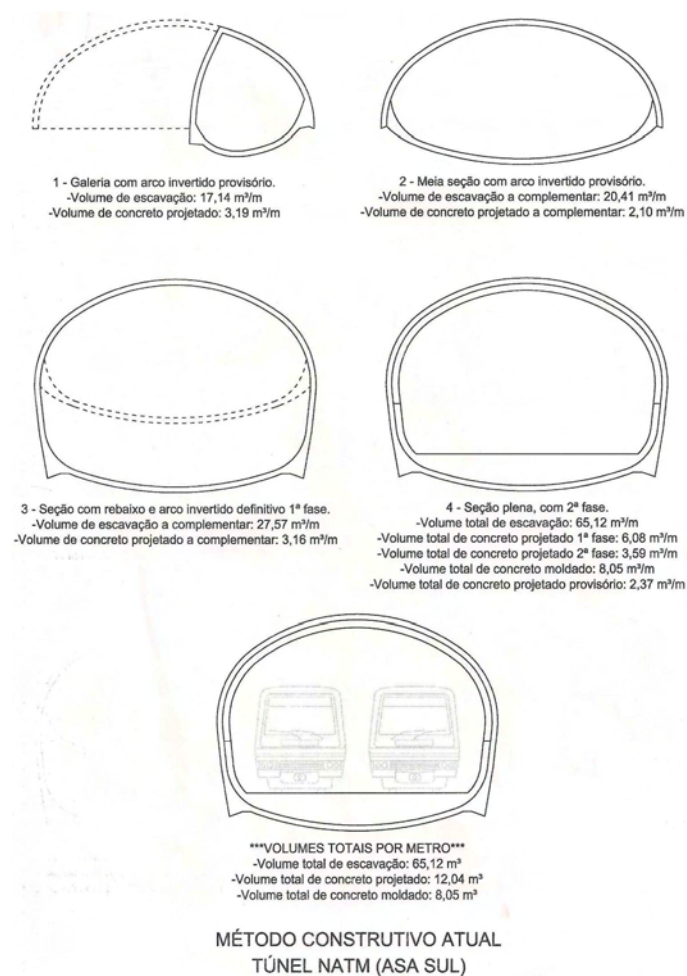


Figura 38 Método NATM  
Fonte: Adaptado dos Projetos METRÔ-DF (2009)



Figura 39 Método *Cut-and-Cover*  
Fonte: Adaptado dos Projetos METRÔ-DF (2009)



Figura 40 Alinhamento de Túneis Subordinado ao Traçado da Superfície  
Fonte: METRÔ-DF (1993)

Assis (2006b) e Parker (2004b) sustentam que o desenvolvimento das tecnologias das estruturas e obras subterrâneas é marcado por fases distintas, quatro em seu total, que eles denominam de “eras”: a Era Antiga (3.000 a.C.), a Era da Navegação (século 17), a Era das Ferrovias (século 19) e a Era Ambiental (a partir dos anos 1960). A Era Antiga é marcada por cavernas para habitação, tumbas dos faraós egípcios (2.700 a.C.) e escavações para atividades de mineração. A Era da Navegação, compreendida na Idade Média, caracteriza-se pelo emprego de obras subterrâneas predominantemente para fins militares, destacando-se o uso da pólvora pela primeira vez em obras civis (1679). A Era das Ferrovias delimita o momento em que as funções urbanas passam a ser intencionalmente locadas no subsolo com o objetivo de organizar a vida na superfície, derivando tais funções de atividades antes inexistentes na cidade, como o Metrô de Londres, sendo notável o Túnel sob o Rio Tâmisa (1807-1843).

É durante a Era das Ferrovias que Brunel (Barker 1990) constata que o método de escavação é dependente da geologia local, ou seja, das características da rocha, um fator comum a todos os métodos denominados de clássicos e posteriormente sistematizados. Ao mesmo tempo, métodos e processos de escavação são aperfeiçoados com a adoção de ferramentas pneumáticas (1857), da dinamite (1864), do ar comprimido (1869) e do *Shield* circular (1869). Fundamentalmente, passam a ser sistematizados os Métodos Clássicos de Túneis, como o Método Alemão, o Método Austríaco, o Método Belga, o Método Inglês e o

Método Italiano, que permitiram a adoção de procedimentos para a parcialização<sup>94</sup> da escavação do maciço de solo ou rocha (Assis, 2006).

O início da Era Ambiental está associado aos acidentes ambientais ocorridos nos anos 1960 e ao período posterior à forte urbanização observada nos países industrializados, principalmente pelos impactos resultantes de modelos de crescimento urbano sustentados em altos padrões de consumo dos recursos naturais não renováveis. Essa era traz consigo a promessa de melhoria nos padrões de deslocamento urbano, com o menor impacto ambiental possível, mediante a utilização e a ocupação planejada do subsolo. O maior desafio que enfrenta é diminuir o tempo de execução e os custos iniciais de implantação, seja por intermédio da massificação da tecnologia das estruturas subterrâneas, seja pela implementação de métodos econômicos que agreguem as externalidades positivas e negativas dos itens que compõem o valor final de uma solução enterrada (Assis, 2006b; Parker, 2004b).

Contudo, a meta deve ser a redução dos “imprevistos geológicos” tanto para as obras distantes dos centros urbanos como para aquelas no interior deles. A tais imprevistos têm sido imputados os custos construtivos superiores aos de obras sobre a superfície do solo, mas que na verdade são provenientes de um planejamento mal efetuado, ou de uma inadequada investigação preliminar e, conseqüentemente, do desconhecimento das características geológicas do terreno. Para reduzir esses imprevistos, deve-se buscar o conhecimento do subsolo por meio de um plano adequado de investigação prévia, envolvendo desde os mapeamentos geológico-geotécnicos, passando pelas tradicionais sondagens mecânicas, até os novos métodos de prospecção com ensaios *in situ* em furos e ensaios geofísicos efetuados na superfície do terreno (Parker, 1996, 2004a; Assis, 2006).

## SÍNTESE DO CAPÍTULO

Este capítulo demonstrou que o aproveitamento do subsolo depende de um planejamento antecipado e que é uma alternativa racional para cidades com carência de espaço na superfície ou que enfrenta severos problemas de trânsito. Por outro lado, é uma

---

<sup>94</sup> A estabilidade do túnel depende da parcialização da escavação e da instalação do suporte do maciço.

opção razoável e tecnicamente viável para resolver os desafios de um desenvolvimento sustentável. Mais ainda, a distribuição equilibrada do uso e da ocupação do solo ao longo de suas três fronteiras pode acomodar o aumento das demandas coletivas e públicas (Becker & Rayo, 2008) mediante os limites pré-definidos, calculados e irreversíveis do subsolo, diferentemente da superfície onde o gosto dispendioso do indivíduo não aceita limites.

## 5. A OFERTA DE SUBSOLO

O problema exposto até o momento admite o solo, e suas fronteiras, como um epifenômeno de virtudes éticas e de modelos econômicos e urbanísticos. Entretanto, distinta abordagem é considerá-lo livre de quaisquer condicionamentos, principalmente os de natureza moral. Entre as duas perspectivas, aparecem outras concepções, como as que levam em conta as gradações intervalares na melhoria ou na busca da felicidade da pessoa; como as que consideram as discrepâncias entre a riqueza potencial de um bem e a sua pobreza efetiva; e como as que fixam relações de causa e efeito para arranjos urbanos específicos. Todas elas contribuem para transformar o contexto do debate, pois fazem nascer as controvérsias, que na realidade são incertezas a respeito do futuro.

Entretanto, conflitos polemizados e não esclarecidos a respeito da exploração razoável de um bem, ainda mais se for um recurso comum como o subsolo urbano, se transformam em impasses que, ao longo dos anos, fomentam pensamentos e ações limitadores da existência do ser humano (Frank, 2008). A cidade, assim como as pessoas, é tanto mais adaptada à vida quanto mais experiências razoáveis e legítimas<sup>95</sup> nela forem abrigadas e por ela forem acumuladas. Porém, diferentemente do ser humano, as cidades não estão encarceradas à efemeridade de uma única existência, ao limite implacável do tempo que impede a multiplicação de experiências e que se estende ao infinito<sup>96</sup>.

Por outro lado, em face da ausência de práticas locais relacionadas ao uso regular, sistemático e razoável do subsolo urbano, resta aproveitar a experiência de outros países para subsidiar escolhas futuras. O objetivo deste capítulo é apresentar exemplos das circunstâncias que regem a oferta do subsolo e que determinam a sua transformação de matéria bruta em abrigo para as demandas sociais. Os casos ilustram as múltiplas e complexas atividades humanas que têm existido no subsolo de incomparáveis regiões do planeta. Admite, mediante

---

<sup>95</sup> Legítimas no sentido de regras, ações e normas derivadas de consensos públicos e determinadas por instituição pública constituída para representá-los.

<sup>96</sup> A teoria da expansão do universo defende “*o universo sem limite no espaço, sem começo ou fim e sem nada que um Criador pudesse fazer*” (Sagan apud Hawking, 1988, p. 15).

essas demonstrações, ser fundamental conhecer e dominar o critério da equidade em todas as ações e relações que envolvem a exploração de um recurso comum e natural como o solo (Beatley,1994).

O critério da equidade está relacionado às concepções de justiça resultantes de conflitos éticos em torno da distribuição social dos recursos e sinaliza tendências significativas para os dois planos do solo, a superfície e o subsolo. Ele consegue delimitar a natureza da oferta de subsolo, ou seja, se uma oferta antecipada de subsolo está submetida às metáforas do cotidiano do indivíduo, as que estabelecem uma cadeia infundável de ambiguidades<sup>97</sup> e de polivalências<sup>98</sup> e, por isso, inibem o reconhecimento de o que é superfície, subsolo, noite, dia, perto, distante. As estruturas do subsolo, quando herdadas o gosto dispendioso pelo consumo de superfície, tornam-se frágeis e suscetíveis ao rápido colapso. De ocultas no subsolo, tornam-se expressamente visíveis na superfície.

Certamente, são inúmeros os casos de usos e de ocupações da superfície do solo urbano que, na realidade, confirmam as leis físicas da conservação da energia e da matéria<sup>99</sup>. Entretanto, seria banal, ou talvez leviano, recorrer a eles para ilustrar, no processo de urbanização, o mecanismo da Física. São exemplos que foram selecionados por serem contemporâneos entre si, por possuírem características físico-demográficas e políticas<sup>100</sup> similares e por demonstrarem intenções divergentes no momento em que se decidiu enterrar parte das atividades urbanas, principalmente aquelas dedicadas à organização da cidade: as redes de água pluvial de Nova York e de Paris e as redes de transporte de alta capacidade de Montreal e de Brasília.

## 5.1 REDES DE FLUIDOS

A ruína das torres do *World Trade Center*, localizadas na cidade de Nova York, Estados Unidos, em setembro de 2001, demonstrou o que os seres humanos são capazes de

---

<sup>97</sup> O litígio entre o estrato referencial e o de sentido não referencial.

<sup>98</sup> O confronto de duas realidades que batalham por manter a sua natureza originária.

<sup>99</sup> A extração de matéria-prima, a sua separação e transformação, o transporte de bens, o consumo e o seu eventual desperdício envolvem muitos processos, inclusive diferentes relações sociais, tecnologias e trabalho sobre o solo (Pepper, 1996). Tais processos são econômicos e estão contidos nas leis da transformação da energia da Termodinâmica. Porém, os resultados (impactos) dos sistemas produtivos não são inteiramente reabsorvidos pela natureza.

<sup>100</sup> Além disso, fazem parte de Estados democráticos.

fazer quando estão em clima de guerra e são inimigos uns dos outros. Entretanto, a urbanização, que forja a natureza e viola os critérios de reciprocidade do solo, possui força destruidora invisível, e que por isso é maior do que qualquer intenção objetiva de matar e de destruir.

Em 1858, Frederick Law Olmstead e Calvert Vaux projetaram um parque urbano a partir da movimentação de 400 mil metros cúbicos de solo, utilizados para aterrar grande parte de um pântano alagadiço, sujo, além de mal cheiroso, e criar o *Central Park*<sup>101</sup>, em Manhattan, na cidade de Nova York, Estados Unidos, que antes de servir como área de bota-fora de construções da Ilha de Manhattan, existia como um lago (figura 41). A drenagem da porção Oeste da ilha era realizada por correntes, fincadas no subsolo raso, que conduziam as águas superficiais em direção ao lago para, em seguida, desaguarem no East River, um dos rios que contorna a cidade de Nova York (Sanderson, 2009).



Figura 41 Ilha de Manhattan  
Fonte: Sanderson (2009)

O concurso para o projeto do *Central Park*, vencido por Olmstead e Vaux, nasceu da necessidade de recuperar parcela do solo degradada pelo processo de urbanização, pois, originalmente, o parque não integrava o planejamento do solo urbano (figuras 42-a e 42-b). Por

---

<sup>101</sup> Foram necessários 16 anos para que se cultivassem e desenvolvessem mais de 500 mil árvores e arbustos nos 340 hectares da área do parque (Sanderson, 2009).



outro lado, a instalação do parque viabilizou, como previsto no plano reticulado de 1807 (Comissioners Plan), a expansão da superfície da cidade, que como outras pelo mundo afora, considerou irrelevante incorporar a topografia existente ao mecanismo natural de drenagem. Grande parte do solo acidentado de Manhattan foi revolvido, depositando sucessivas camadas de aterro sobre leitos de rios e praias para permitir o crescimento físico da cidade (Sanderson, 2009). Por outro lado, o urbanismo visível em Nova York é a manifestação também de algo escondido no subterrâneo, no subsolo geológico.

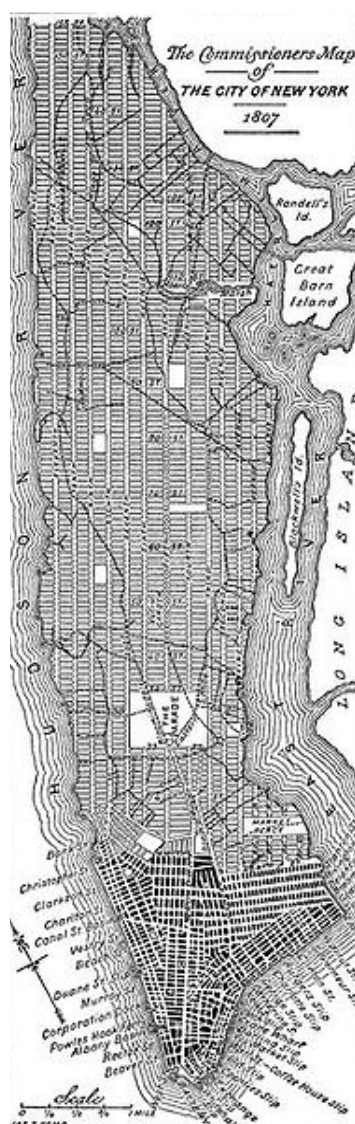


Figura 42-a – Traçado de Manahattan sem o Central Park  
Fonte: Sanderson (2009)

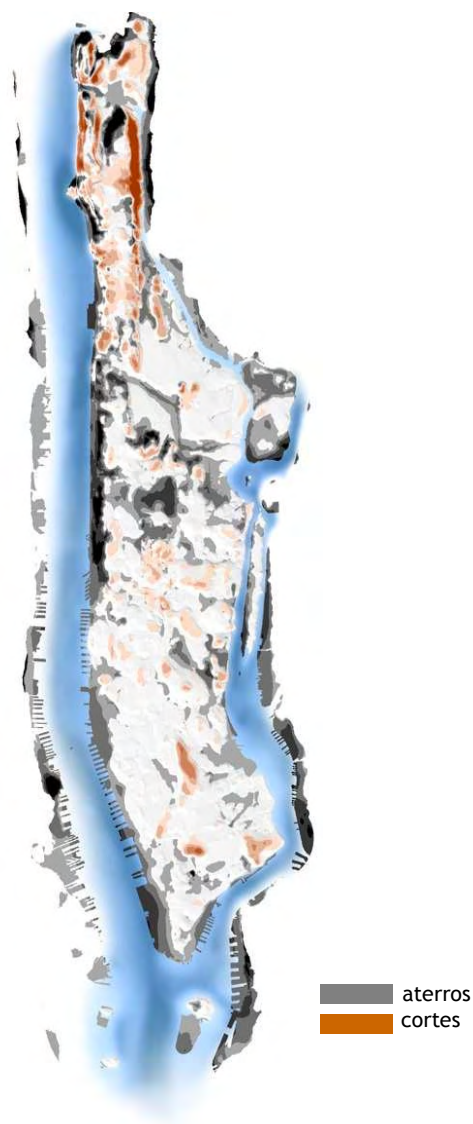


Figura 42-b – Movimentos de solo em Manahattan 1609-2009  
Fonte: Sanderson (2009)

Recentemente, em função da realização de ensaios geológicos-geotécnicos (GG) *in situ* para a elaboração dos estudos de expansão do metrô de Nova York (Shah et al. 2006), foram

identificadas grandes falhas horizontais nas rochas do subsolo de Manhattan. Shah et alli (2006) descrevem o relacionamento entre o histórico dessas deformações com os resultados dos ensaios, e sugerem que a uma falha na formação tectônica original foram se sobrepondo, ao longo dos anos, as cargas sempre crescentes das obras e construções localizadas na superfície. Agrega-se a isto a alta taxa de impermeabilização do solo e do subsolo da cidade, que Sanderson (2009) também associa ao processo de ocupação da superfície do solo, viabilizado pelas sucessivas camadas de solo (figuras 43-a, 43-b e 43-c) que soterraram antigos cursos de água, e que deixa poucos caminhos disponíveis para o escoamento da chuva.



Figura 43-a Manhattan – reconstituição  
Fonte: Sanderson (2009)



Figura 43-b Manhattan – urbanização  
Fonte: Sanderson (2009)

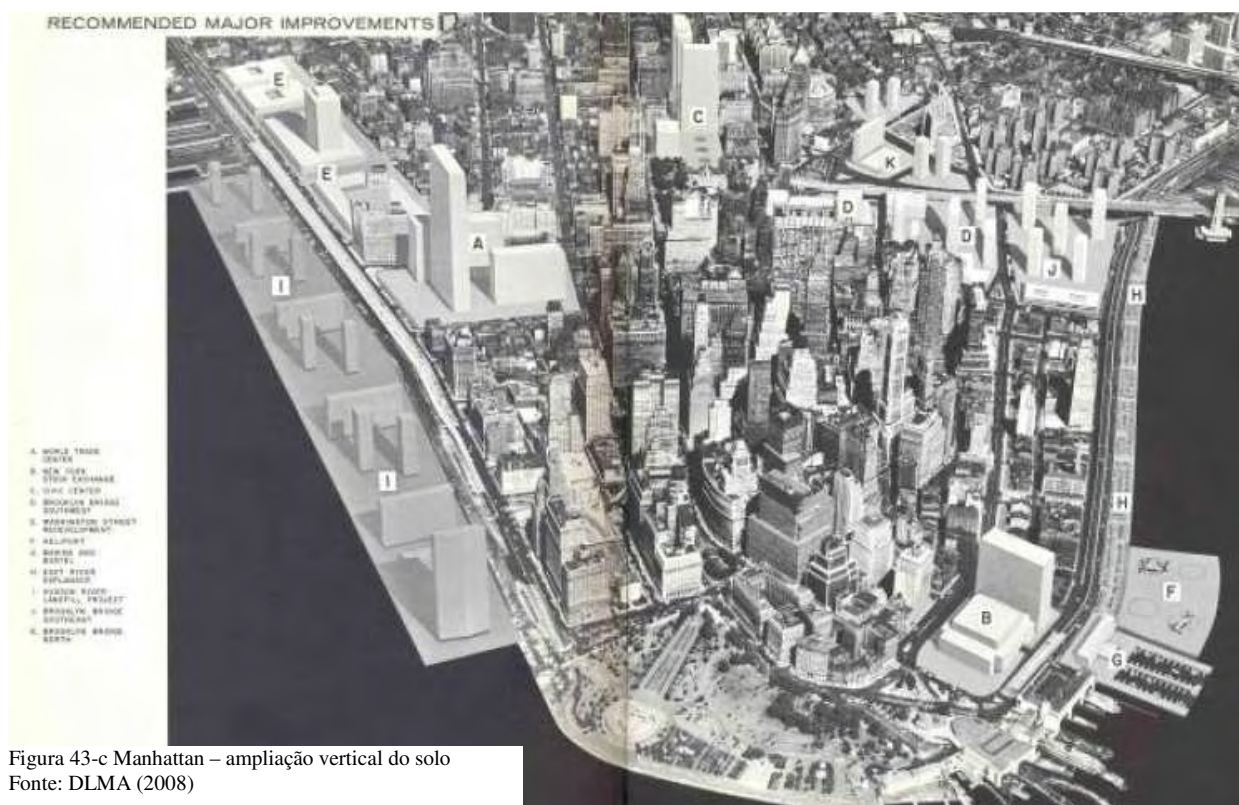


Figura 43-c Manhattan – ampliação vertical do solo  
Fonte: DLMA (2008)

Atualmente, todos os dias, independente de chover ou não, o metrô de Nova York (MTA) evita que algo em torno de 49 milhões de litros de água inundem seus túneis. O monitoramento das águas subterrâneas é um cuidado presente nas rotinas do metrô de Nova York, pois ele é dependente da eficiência de suas 753 bombas de recalque instaladas ao longo dos túneis. O sistema metroviário de Nova York foi implantado em 1903, nos limites de garagens e fundações de prédios, sob um sistema viário de uma cidade em desenvolvimento e que já dispunha de uma rede subterrânea de água pluvial localizada acima da cota em que se implantaram os túneis do metrô. Atualmente, todos os dias, independente de chover ou não, o metrô de Nova York (MTA) evita que algo em torno de 49 milhões de litros de água inundem seus túneis. O monitoramento das águas subterrâneas é um cuidado presente nas rotinas do metrô dessa cidade, o qual é dependente da eficiência das 753 bombas de recalque instaladas ao longo dos túneis. O sistema metroviário de Nova York foi implantado em 1903, nos limites de garagens e fundações de prédios, sob um sistema viário de uma cidade em desenvolvimento e que já dispunha de uma rede subterrânea de água pluvial localizada acima da cota em que se implantaram os túneis do metrô (Sanderson, 2009). As águas que penetram nos túneis têm de ser forçosamente bombeadas para cima e lançadas em cotas superiores às das geratrizes inferiores dos túneis.

O urbanismo visível em Nova York é a manifestação de uma tecnologia estrutural que permite multiplicar o solo 20 vezes para cima, como no exemplo do primeiro arranha-céu do mundo, o Flatron Building, em 1903, e, logo depois, em 1915, do Equitable Building, quando o solo foi replicado 60 vezes acima do nível térreo. Mesmo que a um custo de construção superior ao de uma edificação térrea, o montante financeiro aplicado na obra é recuperável pela comercialização desse solo artificialmente criado acima da superfície (Landau & Condit, 1997). Ainda nesse mesmo ano, foi sancionada a “lei de zoneamento”, cujo propósito era regular a altura das edificações em função da necessidade de garantir a penetração da luz solar até o nível da rua, impondo, assim, limites humanos para o arrojo da tecnologia estrutural e para a exploração do solo (Landau & Condit, 1997).

O crescimento das demandas dos nova-iorquinos, independente do aumento populacional<sup>102</sup> que possa ocorrer, impõe a utilização do subsolo da cidade de maneira planejada e para atividades públicas que agreguem à população um novo significado urbano. Aos limites humanos, se impuseram, também, as margens de tolerância da natureza: o subsolo

---

<sup>102</sup> Há mais de uma década decresce o número de pessoas residentes em Manhattan (UNPD, 2007).

que, durante tanto tempo serviu para esconder o que não deveria ser visto, é o único espaço disponível para acomodar as crescentes demandas da população por melhoria da qualidade de serviços básicos como água, transporte e comunicações. De forma diferente do passado, o perfil da cidade na superfície é o afloramento da lógica da tecnologia estrutural: ao longo do século 20, residia em proporcionar a criação de solo privado se sustentando sobre a camada de rocha mais competente (figura 44); agora, a tecnologia estrutural busca alternativas para oferecer solo público abaixo da cidade urbanizada, porém sob condições mais complexas e onerosas (figura 45).

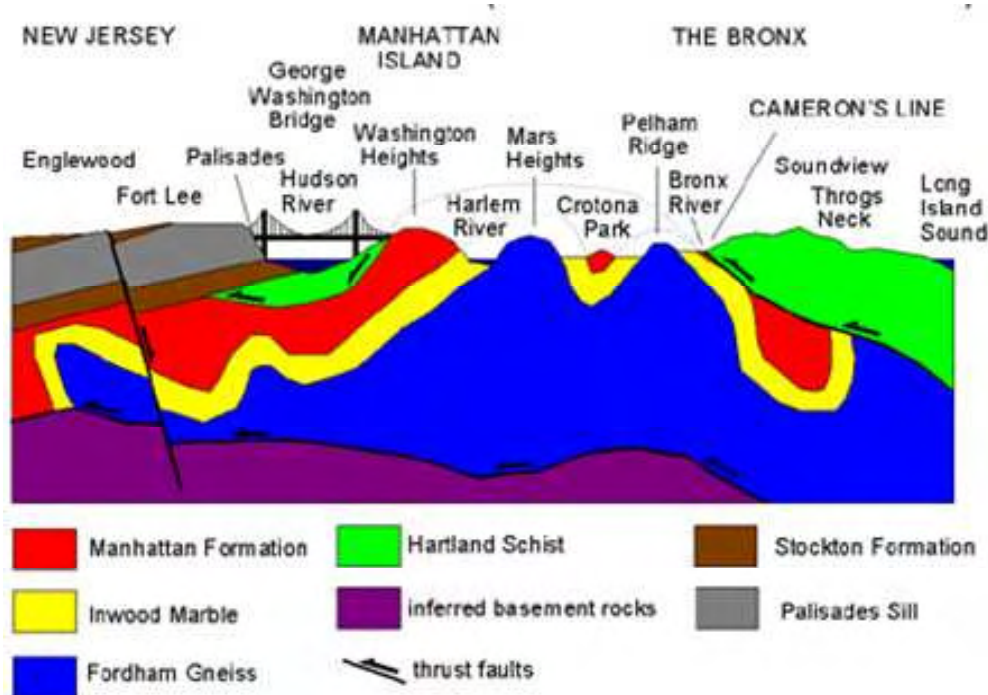


Figura 44 – Perfil Geológico de Manhattan., Nova Jersey e Bronx  
Fonte: Shah et alli (2006)

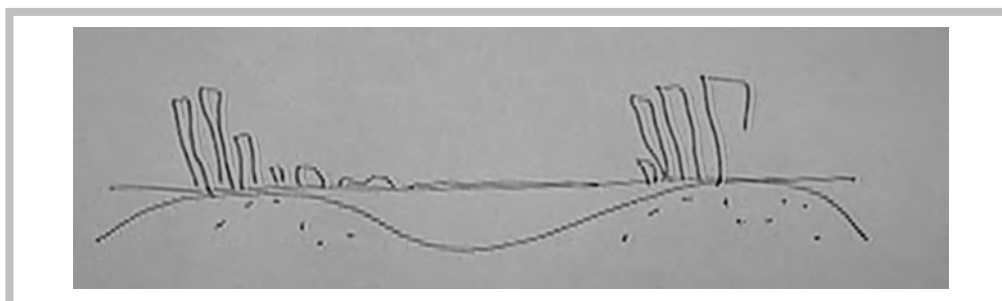


Figura 45 – Correspondência entre o visível na superfície com o invisível no subsolo de Manhattan.  
Fonte: Croquis David (2004)

Diferentemente da organização urbana implantada em Nova York, mas também lidando com área cercada por pântanos (Marais), a cidade de Paris iniciou sua reorganização

urbana pelo subsolo, nos anos 1890, a partir do traçado das redes de águas pluviais. O início de todo o processo remete a 1827, ocasião em que foi publicado um relatório a respeito da saúde pública na capital francesa. Nesse relatório, fazia-se referência ao odor desagradável da cidade, que podia ser percebido a distância, um sinal inconfundível de que se encontrava nas cercanias da “primeira cidade do mundo”, sensação mais marcante do que a visualização dos monumentos históricos da cidade. Anos após esse relatório, a população de Paris saltou de 786.000 para mais de 1.000.000 de pessoas, em 1846. O período posterior a esse aumento demográfico foi marcado por epidemias de cólera e por crises econômicas que conduziram à degradação do ambiente existente na superfície da capital francesa, fenômeno similar ao ocorrido em outras cidades euro-ocidentais de mesmo porte (Gandy, 1998).

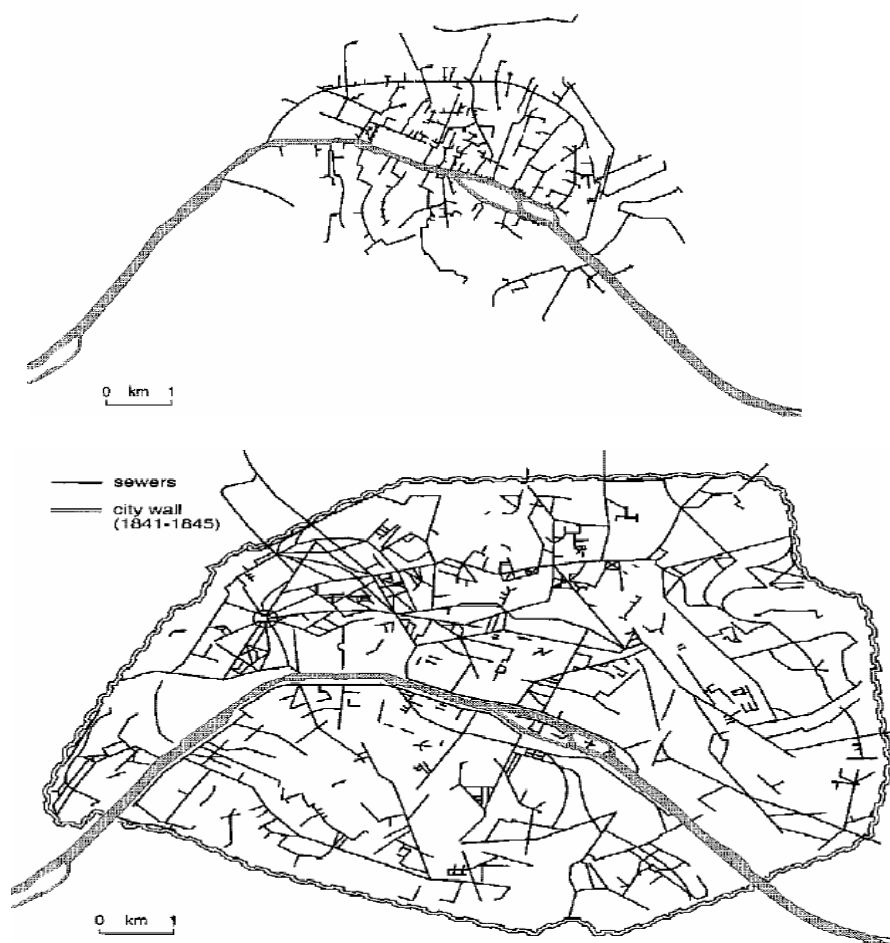


Figura 46 Rede de Esgotos de Paris  
Fonte: Gandy (1998)

Em junho de 1853, Napoleão III designou o Barão Georges-Eugène Haussmann como prefeito e tornou-o responsável pela reconstituição de Paris. Haussmann e seu engenheiro-chefe, Belgrand, encontraram uma cidade servida por uma rede medieval de esgotos,

concentrada em torno da área central, próxima à Île-de-la- Cité (figura 46). As investigações preliminares da equipe de Belgrand revelaram uma série de falhas de projeto no sistema de esgotos existente, pois as dimensões das redes haviam sido estipuladas em função da altura dos homens responsáveis pela construção do sistema, e eram inadequadas para comportar os grandes volumes de água depois de uma tempestade. O traçado, as cotas de assentamento e as dimensões das redes não impediam os alagamentos periódicos das ruas, além de que certas porções da cidade em crescimento não estavam interligadas ao sistema de drenagem existente (Gandy, 1998).

Em 1857, quando começou o programa de reconstrução do sistema de drenagem, o mais importante projeto era a implantação do coletor geral d'Asnières, uma estrutura elíptica, medindo aproximadamente 4,30 metros de altura por 5,50 metros de largura. Tanto Haussmann como Blegrand acreditavam que o moderno sistema de drenagem deveria ser limpo mecanicamente de forma a evitar a presença humana em trabalho insalubre e perigoso. Esta concepção de racionalização do espaço, que aliada a novas técnicas, incorporava, ao mesmo tempo, os mais recentes avanços da engenharia e das ciências empíricas, como a geologia e a mecânica dos fluidos. O mais significativo avanço tecnológico foi efetivado com a construção de enorme sifão sob o rio Sena em 1868, de forma a conectar as duas seções do coletor da Bièvre. Em 1870, a cidade estava servida por um sistema de aproximadamente 560 km de rede de drenagem e ainda contava com um sistema visível, de domínio público, para identificar o nível das águas do rio Sena (Gandy, 1998) (figura 47).



Figura 47 Escultura que marca o nível de água do rio Sena.  
Fonte: parisimages (2007)

É interessante perceber que, diferentemente de Nova York, o subsolo de Paris esteve, a partir de então, associado a uma noção de limpeza, de segurança e de arrojo, delimitando a passagem da cidade da lama para a das luzes. Com a introdução da energia elétrica no interior da rede de drenagem, o espetáculo da iluminação artificial existente na superfície foi estendido para o subsolo da cidade (Archer & Parré, 2005). Transcendendo o mero aspecto funcional e mecânico de corretamente enterrar a infraestrutura urbana, Belgrand resolveu fornecer à população parisiense uma visão do subsolo moderno a partir do olhar de um artista: Félix Nadar, que pioneiramente transcendeu a estética da fotografia ao retratar as catacumbas do subsolo parisiense iluminadas por feixes de luz elétrica (Gandy, 1998). Nadar, aceitando o convite de Belgrand, produziu 23 fotografias do sistema de drenagem de Paris no inverno de 1864-65 (figuras 48 e 49).



Figura 48 Fotos Esgotos de Paris, Felix Nadar  
Fonte: Parisenimages (2007)



Figura 49 Fotos Esgotos de Paris, Felix Nadar  
Fonte: Parisenimages (2007)

Os parisienses ficaram intrigados e admirados com as imagens retratadas nas fotografias de Nadar, pois julgavam que no subsolo residia uma caótica rede de túneis sujos, e não as estruturas exibidas pelo fotógrafo: arqueadas, arrojadas, limpas e iluminadas. A transformação consolidada no subsolo de Paris tornou-se compreensível e visível para o público, retirando parte de seu enigma e opacidade caracterizados na literatura de Júlio Verne e Victor Hugo, por exemplo (figura 50 e 51) (Gandy 1998). Dessa forma, o início do planejamento

do metrô de Paris, assim como a rede subterrânea proposta por Utudjian (1966), se sucederam em um contexto em que o subsolo era considerado um recurso comum agregado a valores positivos econômicos, urbanísticos ou morais.

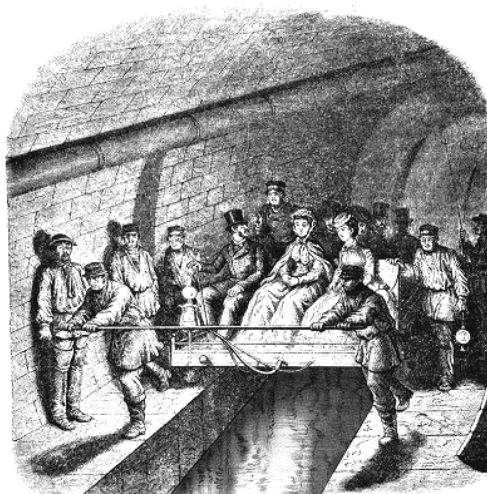


fig. 4  
Une visite aux égouts de Paris, ilustración de Le Magazin Pittoresque (1870)

Figura 50 Gravura visita da população aos esgotos (1910)  
Fonte: Parisenimages (2007)



Figura 51 Gravura visita da população aos esgotos (1910)  
Fonte: Parisenimages (2007)

## 5. 2 TRANSPORTE URBANO

A cidade interior<sup>103</sup> de Montreal abriga, todos os dias, mais de 500 mil pessoas que trabalham, fazem compras, passeiam e transitam ao longo de seus caminhos. O desenvolvimento físico da cidade interior de Montreal ocorreu em vários estágios, sendo o sistema subterrâneo estabelecido em 1962, quando os empreendedores da *Place Ville Marie* (figura 52) resolveram ligar a base de seu complexo de escritórios à estação central do metrô através de túneis para pedestres localizados sob uma via arterial movimentada (figura 53). Ao conectar os corredores para pedestres na base do complexo com a torre de lojas e comércio, o componente inicial do sistema urbano que se estendia pelo subsolo foi viabilizado, pois transporte e comércio eram duas funções econômicas mutuamente impactantes (Boisvert, 2003).

O complexo da *Place Ville Marie*<sup>104</sup>, que está em área equidistante às estações McGill e Bonaventure, introduz originalmente conceitos de arquitetura subterrânea que

<sup>103</sup> *Intérieure*, em francês, e *indoor city*, em inglês, são expressões utilizadas pelos moradores de Montreal. Em se tratando de uma cidade localizada na província de Québec, cujo primeiro idioma é o francês, adotarei a versão da língua francesa.

<sup>104</sup> Planejado pelo urbanista Vicent Ponte e projetado pelo arquiteto Ieoh Ming Pei, o mesmo da expansão do Museu do Louvre, cuja imagem mais conhecida é a pirâmide de vidro que aflora na superfície.



posteriormente serão incorporados no Museu do Louvre, em Paris, sendo um dos empreendimentos mais bem servido pelo metrô da cidade. Os anos de 1960 foram marcados pelos preparativos relacionados à Expo 1967. Novas lojas e escritórios foram sendo construídos nas proximidades de estações de metrô, aproveitando o movimento de pedestres originado das estações, espelhando variações do modelo da Place Ville Marie. A prefeitura da cidade estimulou, naquela época, que fossem desenvolvidos projetos para corredores que propiciassem acesso direto ao metrô, subordinando seu horário de funcionamento ao da operação do sistema de transporte (Sijpkas & Brown, 1997; MONTRÉAL, 1999; Besner, 2000, 2007; Barles & Jardel, 2005)



Figura 52 – Place Ville Marie

Fonte: Adaptado de Barles & Jardel (2005)

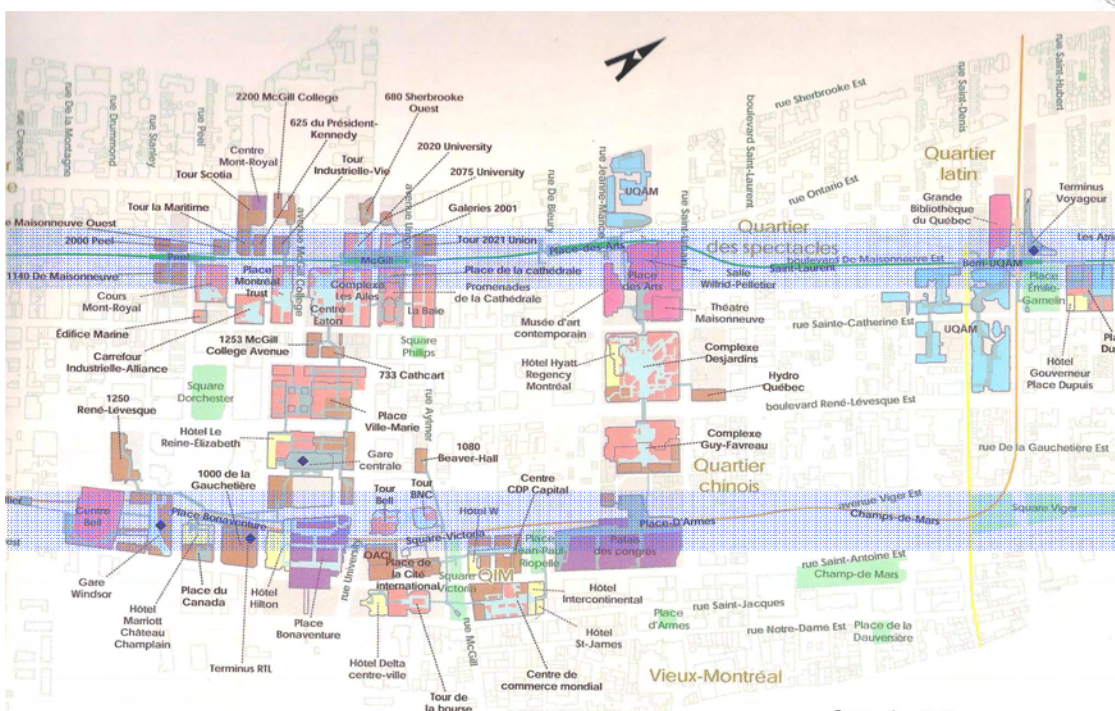


Figura 53 Mapa Esquemático do centro de Montreal com as linhas paralelas do metrô

Fonte: Adaptado de OVI (2005)

Conception: Martin Gagnon  
Supervision: Michel Boisvert  
© 2005, l'Observatoire de la ville intérieure

A cidade interior começou a existir de fato em 1966, quando duas linhas do metrô projetadas para atender ao centro da cidade entraram em operação. Essas linhas são paralelas ao alinhamento das ruas na superfície e distam 700 metros uma da outra. A construção sob as ruas comerciais mais movimentadas foi deliberadamente evitada, a fim de criar certa tensão entre as estações de cada uma das linhas (Sijpkes & Brown, 1997; MONTRÉAL, 1999; Besner, 2000, 2007; Barles & Jardel, 2005) (figuras 54 e 55). Isso provou ser, ao longo dos anos, uma decisão acertada, uma vez que a área completa do centro da cidade é servida por estações alcançadas por caminhadas de até 10 minutos.

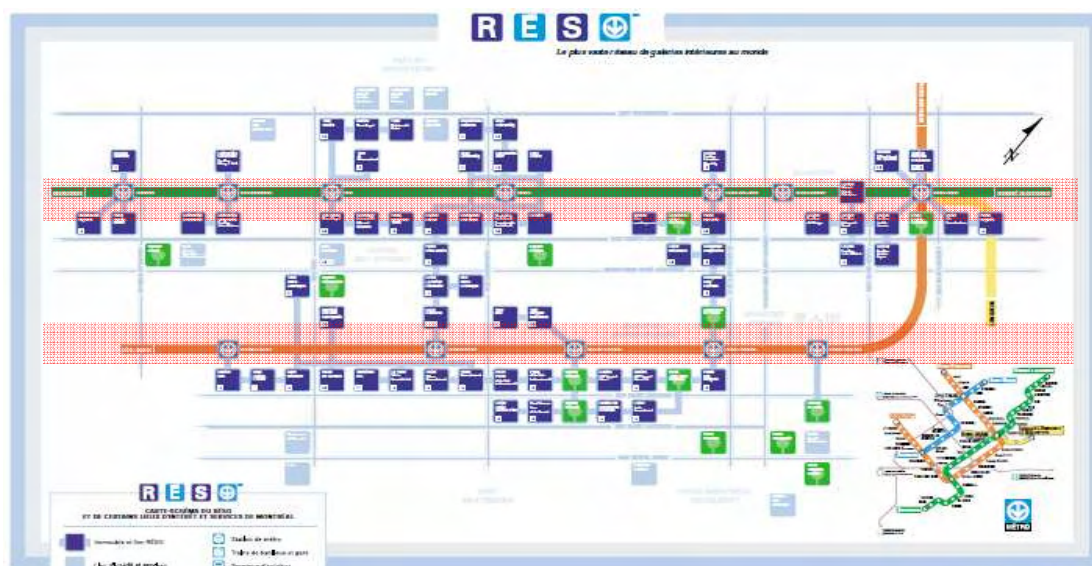


Figura 54 Place Ville Marie em relação às estações de metrô  
Fonte: Adaptado do mapa metrô (2007)

Durante os anos 1970, o desenvolvimento prosseguiu e a rede subterrânea se expandiu significativamente. Entretanto, vários dos novos edifícios eram basicamente volumes similares a “caixas”, megaconstruções que impunham rotas para os caminhos dos pedestres, de tal forma a maximizar a circulação em frente às lojas, copiando o modelo da Place Bonaventure, finalizada no início dos anos 1970. Nesse contexto, cada centro tornou-se uma propriedade privada, desencadeando um caleidoscópio de regras que governavam o comportamento das pessoas, e fazendo com que o sistema adquirisse características de uma série de feudos privados, em termos legais e de arquitetura (Gerbeau, 1995a, 1995b; Sijpkes & Brown, 1997).

Exceção àquela característica dos anos 1970 foi o Complexe Desjardins, que se

formou como um centro realmente multifuncional, comportando escritórios governamentais, hotel, cinemas, lojas e abrigando, de maneira inovadora, um átrio subterrâneo, similar a uma praça, de destinação pública (figura 56). Finalmente, as regras ótimas da cidade subterrânea – transporte, comércio e recreação e entretenimento – passaram a estar inseridas em um único espaço (Sijpkes & Brown, 1997; MONTRÉAL, 1999; Besner 2000, 2007; Barles & Jardel, 2005). As exposições constantes e regulares, bem como os frequentes eventos comunitários e televisivos no espaço sob o átrio, contribuíram para consolidá-lo como um espaço público fechado desse complexo multifuncional.

Durante os anos 1980, a cidade subterrânea não se expandiu na mesma velocidade que na década anterior. Entretanto, uma série de novos projetos para passagens subterrâneas, através de edificações existentes na rua *St. Catherine*, foi construída nos anos 1990, formando o Eixo Leste-Oeste. Vários projetos na superfície foram adicionados à paisagem de Montreal, agregando-se à rede existente de espaços subterrâneos, como o World Trade Centre, Les Promenades de la Cathedrale, o IBM Plaza e La Gauchetière (figura 57). Este último incluiu um movimentado terminal de ônibus e um ringue de skate, além de criar nova rota subterrânea para as estações *Bonaventure* e *Central*. A última extensão do sistema foi a ligação da *Place Ville Marie* com o Eaton Center, uma passagem que completou a conexão no lado oeste entre as duas linhas do metrô (Sijpkes & Brown, 1997; MONTRÉAL, 1999; Besner 2000, 2007; Barles & Jardel, 2005).

Atualmente, Montreal possui em seu subsolo 29 km de passagens subterrâneas ao longo de 10 estações de metrô, 2 estações de trem, 2 terminais de ônibus, 1.700 escritórios comerciais, 7 hotéis, 1.615 unidades de habitação, 2 universidades, inúmeras lojas de departamento, 1.600 butiques, 200 restaurantes, 45 bancos, 34 cinemas e teatros, 2 auditórios de exibição e 10.000 espaços públicos para estacionamento (figuras 58, 59 e 60). Coletivamente, o sistema, que conecta em torno de 80% do espaço com escritórios e 35% das lojas do centro da cidade, permitiu que a cidade se prolongasse junto, só que nos três níveis do solo e agregando outros usos para o subsolo além da infraestrutura urbana e equilibrando, ao mesmo tempo, o consumo da superfície (Sijpkes & Brown, 1997; MONTRÉAL, 1999; Besner 2000, 2007; Barles & Jardel, 2005). O planejamento do subsolo urbano de Montreal objetiva algo mais do que o mero enterrar de atividades que se tornaram incômodas de existir na superfície; expressa a escolha em contrastar elementos, planos e volumes visíveis e invisíveis, desprotegidos e protegidos, desenterrados e enterrados. O planejamento da cidade incorpora

uma expressão própria para esse ordenamento criado, e ao invés de cidade subterrânea, que denota clara oposição e subordinação às regras da superfície, adota *ville intérieure*, na porção francesa da cidade, e *indoor city*, no lado inglês.

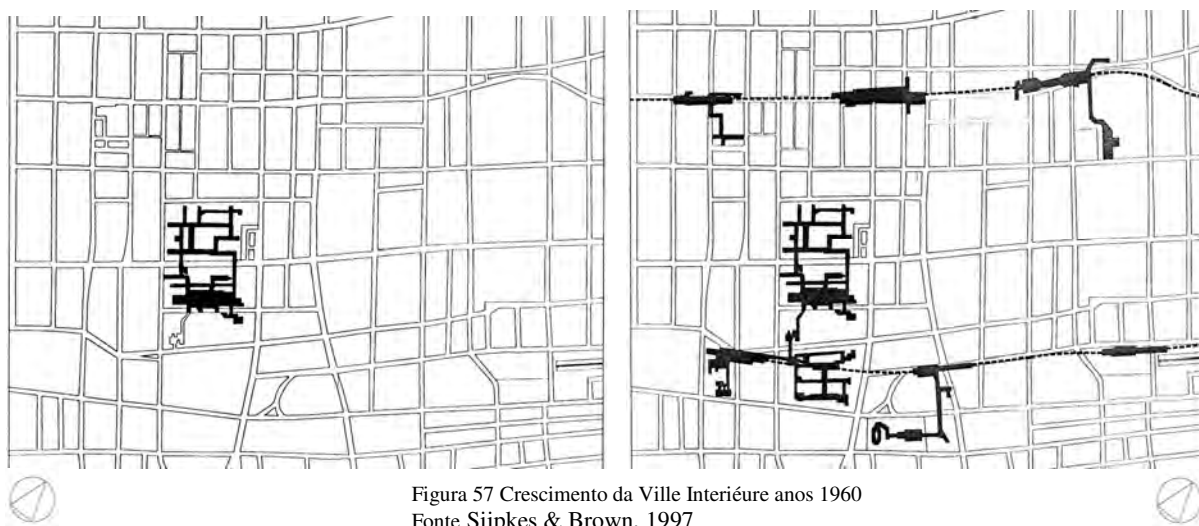


Figura 57 Crescimento da Ville Intérieure anos 1960  
Fonte Sijpkes & Brown, 1997

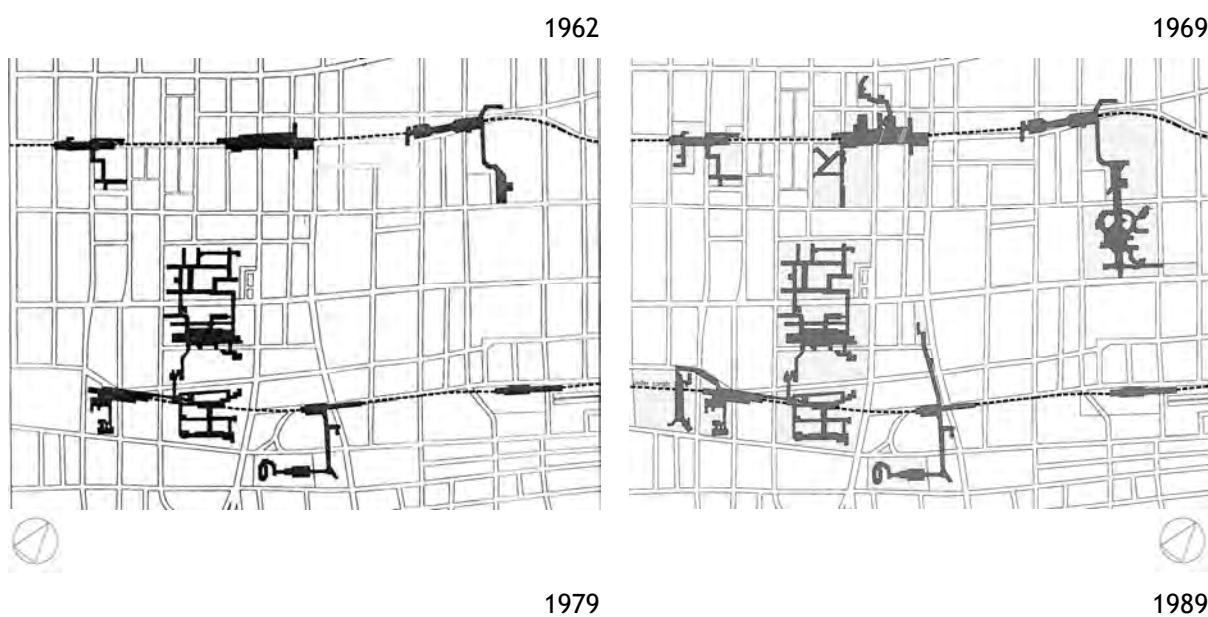


Figura 58 Crescimento da Ville Intérieure anos 1980  
Fonte Sijpkes & Brown, 1997



Figura 58 Complexo Desjardins  
Fonte: Arquivo Pessoal (2007)



Figura 59 Place des Arts - átrio  
Fonte: Arquivo Pessoal (2007)



Figura 60 Place des Arts – espaços para entretenimento  
Fonte: Arquivo Pessoal (2007)

Na mesma época em que se consolidava a cidade subterrânea em Montreal, começou a ser implantado o sistema de transporte urbano sobre trilhos no Distrito Federal. No âmbito do planejamento urbano e de transportes, a denominação de um meio de transporte é basicamente derivada da capacidade, das qualidades operacionais e da tecnologia do veículo, independente das características da implantação e das características geométricas do traçado. Originalmente, o trajeto do metrô<sup>105</sup> no Plano Piloto de Brasília previa uma rede básica interna em forma de oito, com desenvolvimento sob as vias W2, Sul e Norte, e L2, Sul e Norte (figura 61). Tal trajeto foi alterado, posteriormente, em decorrência de audiência

<sup>105</sup> Na época não se tratava de um sistema de alta capacidade, mas de um metrô leve, semelhante ao VLT (veículo leve sobre trilhos).

pública<sup>106</sup> (ENGEVIX, 1991). Em 2009, a geometria completa do metrô do Distrito Federal, em forma de “Y”, se desenvolve fundamentalmente na superfície, ou seja, 75% da extensão, que totaliza um pouco mais de 40 km. O traçado do metrô que hoje está em operação comporta quatro concepções básicas de estrutura: elevada, em superfície, em trincheira ou semienterrada, e subterrânea, sendo esta última equivalente a 10 km de extensão descontínua, ou seja, fracionada ao longo do comprimento total.

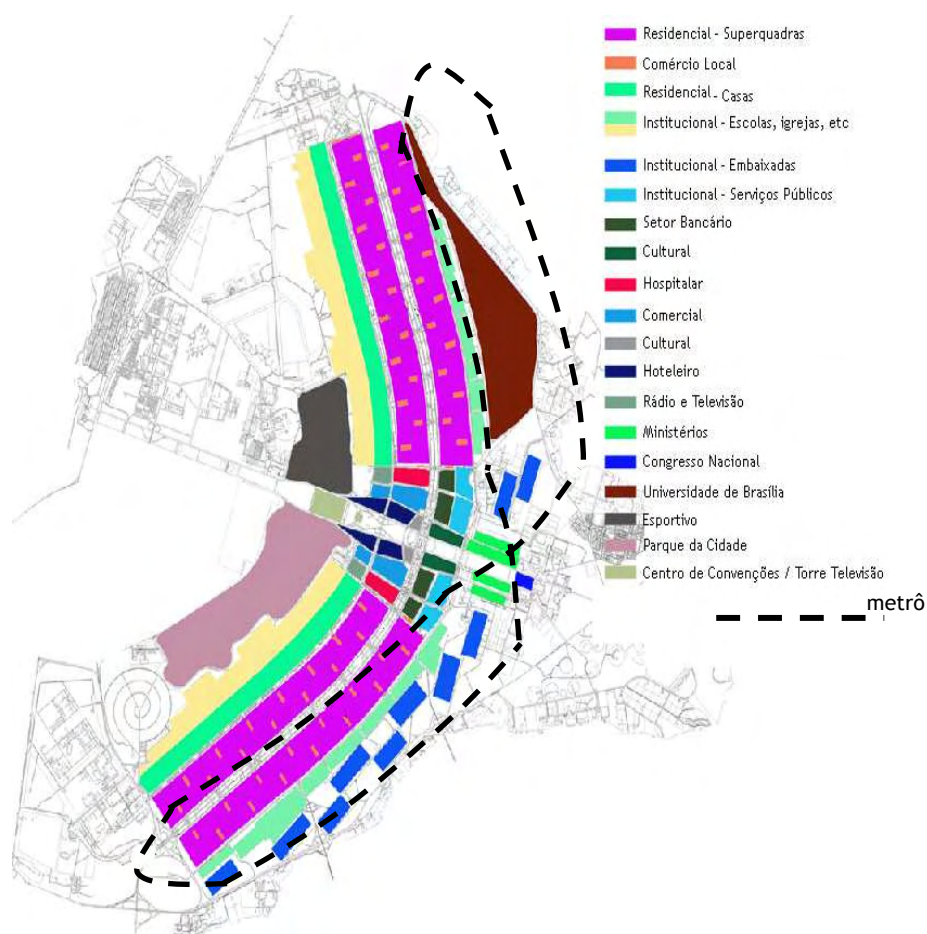


Figura 61 Trajeto do METRÔ-DF no Plano Piloto em forma de oito.  
 Fonte: Adaptado de ENGEVIX (1991)

Ao longo da via W2 Sul, o projeto apresentava, inicialmente, oito estações subterrâneas que, conforme a decisão n. 49/91 do CAUMA<sup>107</sup>, foram parcialmente substituídas por “cinco estações múltiplas, ou seja, de usos compartilhados entre transporte de

<sup>106</sup> Proposta de novo traçado submetida ao órgão de controle ambiental do GDF, pelo arquiteto Lucio Costa, justificada mediante argumentos ambientais e urbanísticos.

<sup>107</sup> CAUMA – Conselho de Arquitetura, Urbanismo e Meio Ambiente do Distrito Federal.

massa, comercial e institucional, cujas alturas deveriam ser semelhantes às das edificações da W3 Sul (ENGEVIX, 1991, p. 46)”, cabendo uma única exceção para a estação prevista sob a Escola-Parque, em virtude da necessidade de preservação dessa edificação. Essa modificação resultaria, caso se concretizasse, em distâncias mais longas para embarques e desembarques, pois as estações passariam a estar localizadas nas Entrequadras 500 e em Comércios Locais<sup>108</sup>.

O Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do metrô do Distrito Federal foi elaborado em 1991 e explicitava a crença de que, no veículo de transporte, residiria uma capacidade renovadora das qualidades urbanísticas da capital federal, assim como mitigadora das dificuldades de acesso ao transporte público coletivo. Apesar de considerar relevante, o documento não apontava ser possível corrigir, mesmo com a implantação do metrô ao longo das vias W2 e L2, as distorções decorrentes do “traçado viário Norte-Sul em contraposição ao traçado Leste-Oeste” (Engevix, 1991), pois o primeiro, no sentido longitudinal, é permeável e desobstruído, ao passo que o segundo é marcado por “ligações transversais, descontínuas, indiretas e limitadas” (Engevix, 1991). Essas características negativas, consideradas pelo relatório como intrínsecas ao partido urbanístico, seriam resolvidas com o uso do transporte de vizinhança, ou seja, com o emprego de micro-ônibus e de vans, pois as limitações de gabarito nas passagens viárias sob os eixos rodoviários Leste e Oeste impediriam a adoção de veículos de transporte coletivo de maior capacidade (figuras 62-a, 62-b, 63 e 64).



Figura 62-a Foto ligações ortogonais rodoviárias sob eixos rodoviários  
Fonte: Arquivo pessoal (2005)

---

<sup>108</sup> Entrequadras e Comércios Locais são conceitos urbanísticos adotados por Lucio Costa no Plano Piloto de Brasília. Para explicações detalhadas de suas aplicações em Brasília e alterações realizadas posteriormente ao projeto, durante a construção e antes da inauguração, ver Carpintero (1998).

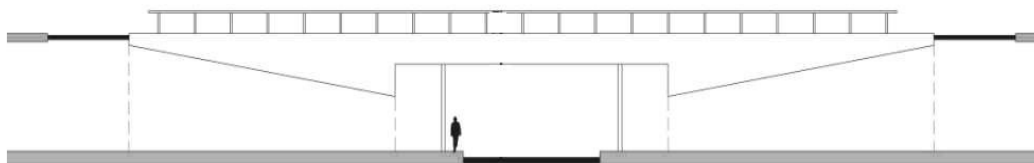


Figura 62-b Croquis ligações ortogonais rodoviárias sob eixos rodoviários  
Fonte: Arquivo pessoal (2005)

A alteração do traçado proposta pelo arquiteto Lucio Costa remanejou a linha do metrô para a borda Oeste do Eixo Rodoviário (Eixo W) e eliminou os dois ramais, W2 e L2, que comporiam o sistema metroviário nas Asas Sul e Norte. As estações do Eixo passaram a se localizar de acordo com os critérios urbanísticos das Unidades de Vizinhança<sup>109</sup> (Costa<sup>1</sup>, 1991), possuindo espaçamento entre si da ordem de 720 metros, com função de atendimento básico à faixa urbana lindeira. Nessas estações, distribuídas ao longo do Eixo Rodoviário, previu-se a implantação de passagens subterrâneas, propiciando a criação de ligações leste-oeste para pedestres, com possibilidade de galerias largas abrigando comércio e serviços (figura 64).

O EIA-RIMA<sup>110</sup> do METRÔ-DF realizou uma análise complementar e comparativa da mudança proposta em relação ao traçado original, ressaltando vantagens antes inexistentes. Uma delas era a significativa contribuição no sentido de solucionar a circulação de pedestres na direção leste-oeste da cidade, “revertendo o atual quadro crítico de elevado número de acidentes de trânsito (atropelamentos)”. Outra era a capacidade, por intermédio das ligações subterrâneas, de resgatar os pressupostos defendidos pelo autor do projeto do Plano Piloto (Costa<sup>1</sup>, 1994), que as admitia em função da operação do metrô sob o Eixo Rodoviário sul, desde que associadas à ordenação de uma nova e expressiva ocupação no nível do subsolo das Entrequadras, refletindo a vontade de que duas questões fossem resolvidas: a consolidação do conceito de unidade de vizinhança ao fomentar a ocupação das Entrequadras e a permeabilidade da cidade no sentido Leste-Oeste. Em linhas gerais, com a implantação do metrô, a cidade poderia crescer ao longo do subsolo.

<sup>109</sup> A forma (geometria) conferida à Unidade de Vizinhança é considerada por Carpintero (1998, p. 110) como a “idéia chave para a estruturação dos setores habitacionais de Brasília” por Lucio Costa, assim como o direito de propriedade para esses elementos geométricos (edificações) e para o solo da cidade.

<sup>110</sup> EIA-RIMA – Estudo de Impacto Ambiental com o Relatório de Impacto Ambiental.



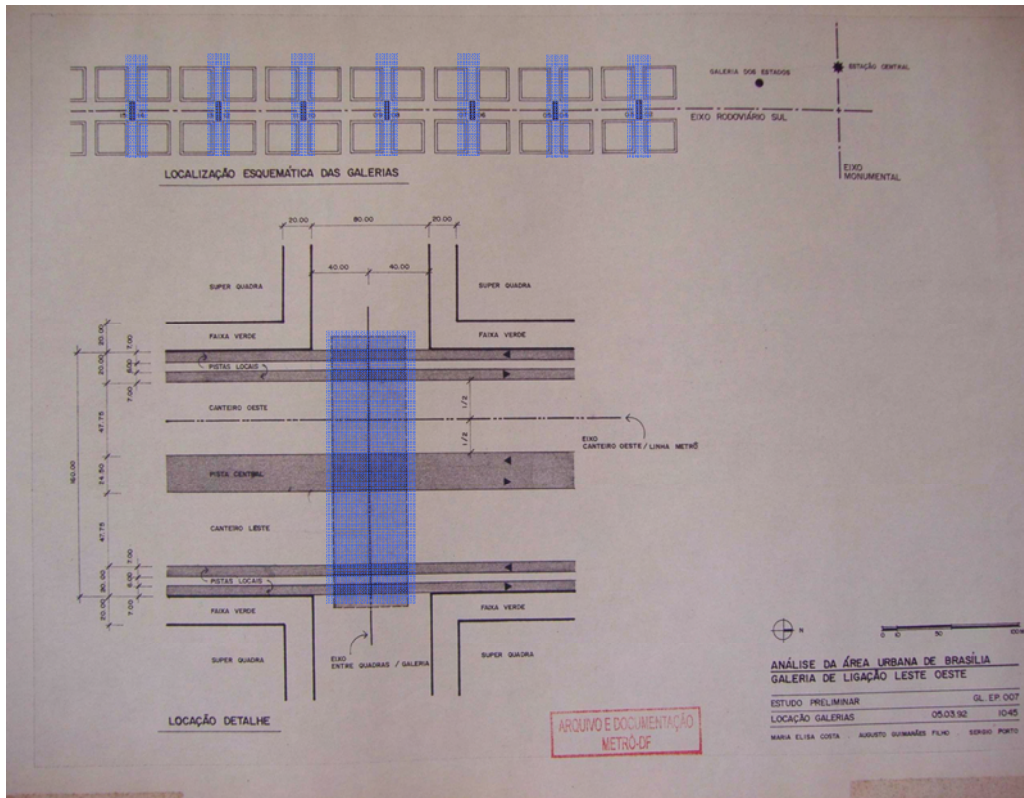


Figura 64 Ligações ortogonais Leste-Oeste  
 Fonte: Adptado Arquivo METRÔ-DF (1994)

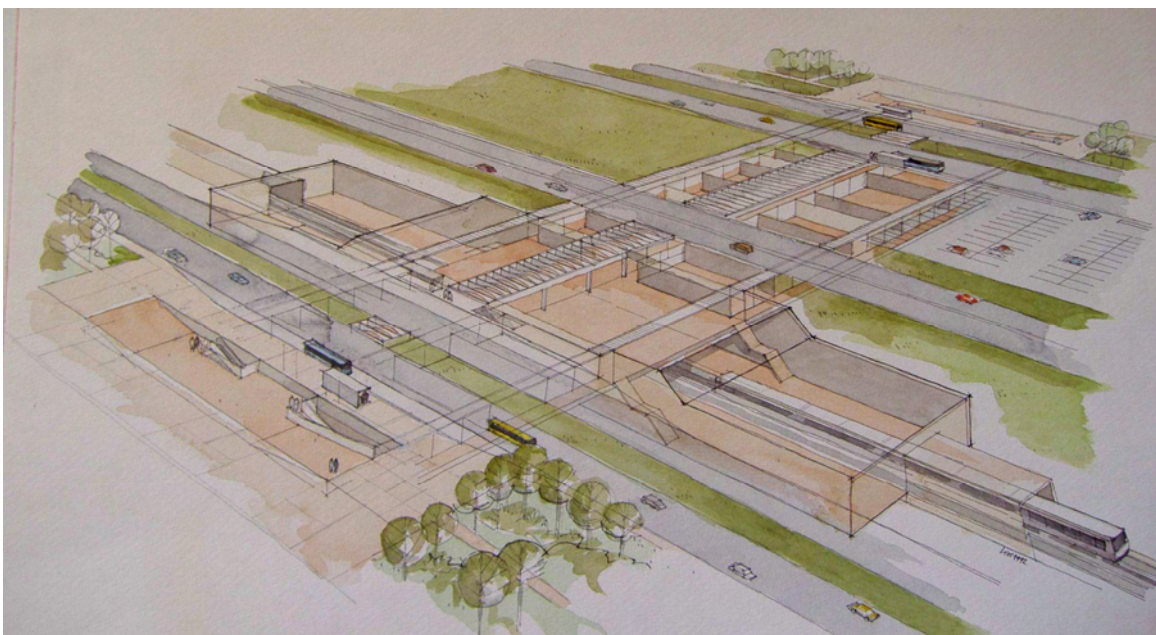


Figura 65 Perspectiva das ligações ortogonais Leste-Oeste  
 Fonte: Arquivo METRÔ-DF (1994)



Figura 66 Perspectiva das ligações ortogonais Leste-Oeste  
 Fonte: Arquivo METRÔ-DF (1994)

## 5.3 CIDADES

A Capadócia é a marca que a passagem da humanidade se prolonga para além das coisas, por que lá os homens se abrigaram não apenas nos platôs, mas abaixo da superfície. Ninguém sabe quantas cidades subterrâneas existem por baixo da Capadócia, mas arqueólogos espeleologistas encontraram um labirinto de câmeras conectadas que desciam pelo menos a dezoito andares de profundidade e a 800 metros abaixo da atual superfície. Um túnel, largo o bastante para que três pessoas caminhem lado a lado, faz a ligação com outra cidade subterrânea 10 km adiante. Outras passagens sugerem que, em certa época, a Capadócia, acima e abaixo do chão, estava ligada por uma rede de túneis, que muitos ainda usam como celeiros e adegas (figura 67) (Erdem & Erdem, 2005).

Independente do momento histórico, dos fenômenos climáticos, dos limites econômicos e dos arranjos sociais, é o contexto marcado por incertezas que dita as regras de planejamento e a necessidade de antecipar decisões a respeito do uso de recursos comuns, notadamente do solo para a ocupação humana, e de saber como realizar escolhas. É nesse sentido que, em 1977, foi elaborado o Plano Estrutural de Organização Territorial do Distrito Federal (PEOT/DF), o primeiro de uma série de planos diretores territoriais e setoriais circunscritos administrativamente ao polígono do Distrito Federal. O PEOT visou disciplinar

a expansão urbana e o crescimento populacional de Brasília, propondo a ordenação espacial da futura ocupação, as áreas de preservação, conservação, valorização e dinamização, e as áreas de expansão, que, em número de três, constituem um eixo urbano formado por Taguatinga, Ceilândia e Gama. Nesse eixo de expansão urbana, que se estende até o município goiano de Luziânia, é que se estabeleceu o Projeto Águas Claras, em área formada pelas Colônias Agrícola Águas Claras, Vicente Pires, Arniqueira, Governador, Vereda da Cruz e Samambaia (PROGEA, 1992).

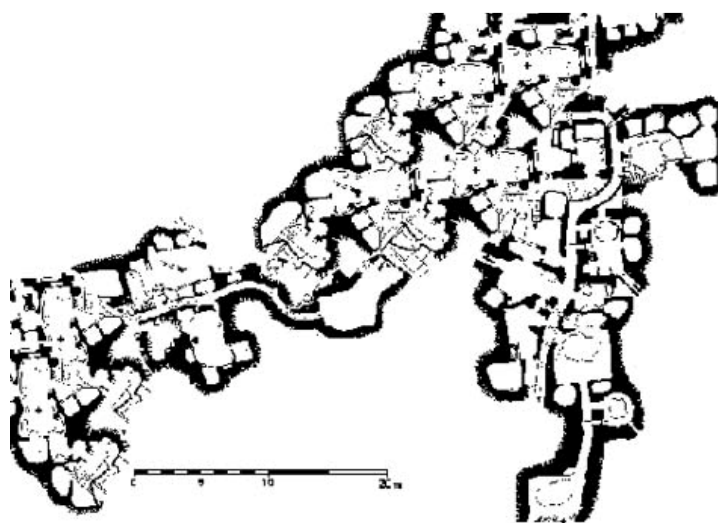


Figura 67 Esquema subterrâneo da Capadócia  
Fonte: Erdem & Erdem (2005)

Em 1983, foi elaborado o Projeto Águas Claras, atendendo às recomendações do PEOT no tocante ao fortalecimento do centro de Taguatinga<sup>111</sup> como núcleo autônomo em termos de empregos, equipamentos e serviços. Desde seu projeto inicial, em 1982, Águas Claras foi concebida para dar continuidade urbana ao eixo metropolitano preconizado no PEOT. Essa tendência foi confirmada em 1992, durante a elaboração do projeto urbanístico, que propôs um grande assentamento margeando a linha do metrô no polígono de solo de aproximadamente 808 hectares entre Taguatinga e Guará. Essa área ofereceria moradia para uma estimativa inicial de 162 mil pessoas, considerando uma média de cinco habitantes por unidade residencial (PROGEA, 1992) (figura 68).

O Estudo Prévio de Impacto Ambiental (EPIA), necessário para a implantação do Projeto Águas Claras, apontava, em 1992, que parte da gleba do empreendimento, em torno

<sup>111</sup> Área urbana periférica ao Plano Piloto.

de 15%, estava utilizada como área de empréstimo de solo e cascalho laterítico retirado por particulares e/ou órgãos governamentais para a construção de estradas (PROGEA, 1992). O documento destacava também que esse processo tinha gerado comprometimentos ambientais diversos, como focos de erosão e dificuldades para o escoamento superficial das águas de chuvas. A região de Águas Claras apresentava, portanto, porções de solo completamente desnudas e expostas, acarretando problemas para o estabelecimento e cultivo de espécies herbáceas.

O Projeto de Águas Claras apoiou-se na estratégia histórica de ocupação de espaços vazios, e, neste caso, sobre a superfície que contorna o Plano Piloto de Brasília, a amenidade inventada pelo urbanista. Para o EPIA, adensar a superfície ocupando-a com construções é um procedimento urbanizador irrefutável, possivelmente um método universal de crescimento que acompanha as cidades e seus centros históricos, ou seja, a continuidade urbana articulada sobre a superfície do solo, que deve ser “acompanhada e disciplinada” pelas instituições públicas (PROGEA, 1992). O transporte de massa sobre trilhos, o metrô, é a espinha dorsal dessa nova área urbana, articulando um sistema binário de rodovias ao longo de seu traçado, que se implanta semienterrado, em superfície e elevado (figura 68-a). O metrô disciplina o acesso a pontos notáveis do projeto urbano, como áreas de usos mistos, institucionais, residenciais, de educação, de recreação e lazer. Ao longo da linha e entre os centros que abrigam as estações, são distribuídas zonas de habitação de maior densidade, com comércios e serviços de utilização mais restrita, limitadas, inicialmente, a uma altura de 12 pavimentos, reguladas por coeficientes de aproveitamento e taxas de ocupação variáveis (figura 68-b).

Posteriormente, em decorrência de uma série de alterações, algumas incorporadas e modificadas no Plano Diretor Local de Taguatinga e de Águas Claras, foram ampliados os coeficientes de aproveitamento para os lotes situados ao longo das avenidas de maior hierarquia, ou seja, aquelas adjacentes ao eixo do metrô, viabilizando, portanto, a densificação construtiva, que permite a existência de edifícios com até 30 pavimentos, algo em torno de 80 metros de altura. Além disso, os lotes cujas divisas ficassem voltadas para logradouros públicos poderiam dispor de aberturas diretas para os mesmos, de forma a vitalizar e qualificar os espaços públicos fronteiriços, conforme justificativa contida na Memória da Elaboração do Plano Diretor Local de Taguatinga e de Águas Claras. Nenhuma previsão a respeito do uso e da ocupação do solo, mesmo que em áreas públicas, foi estabelecida nas sucessivas alterações urbanísticas, que autorizam, caso consolidadas, a oferta de moradias

para 250 mil pessoas, refletindo um acréscimo de aproximadamente 60% em relação à previsão inicial.

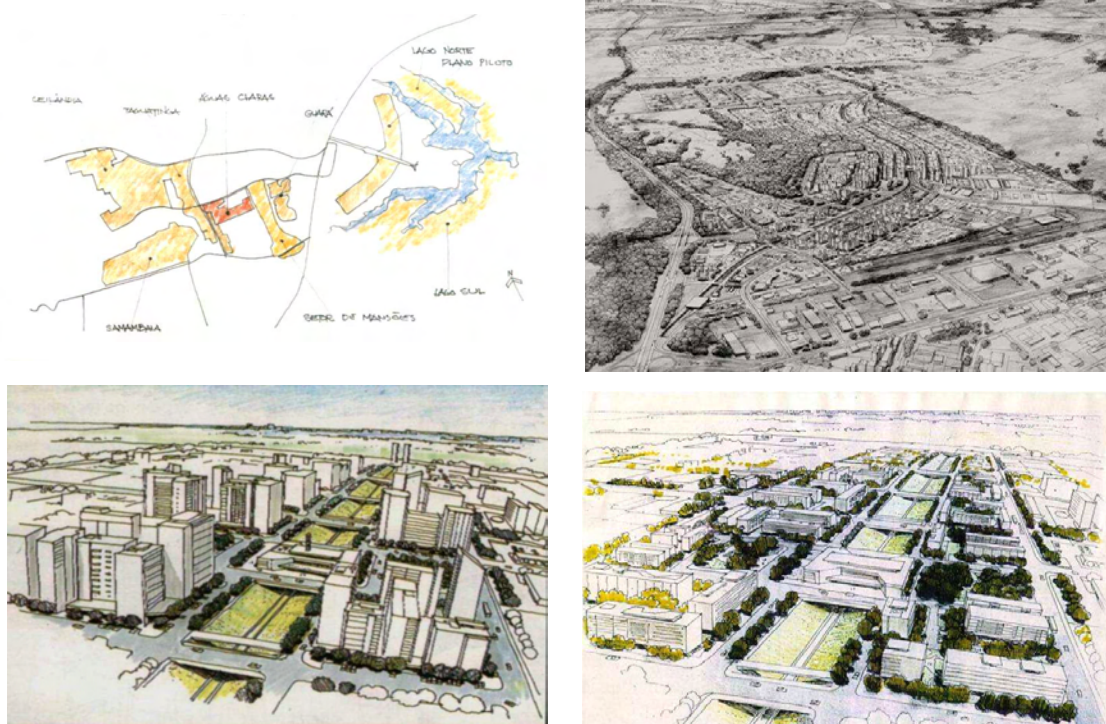


Figura 68-a Projeto de Águas Claras, DF  
Fonte: Arquivo METRÔ-DF (1994)

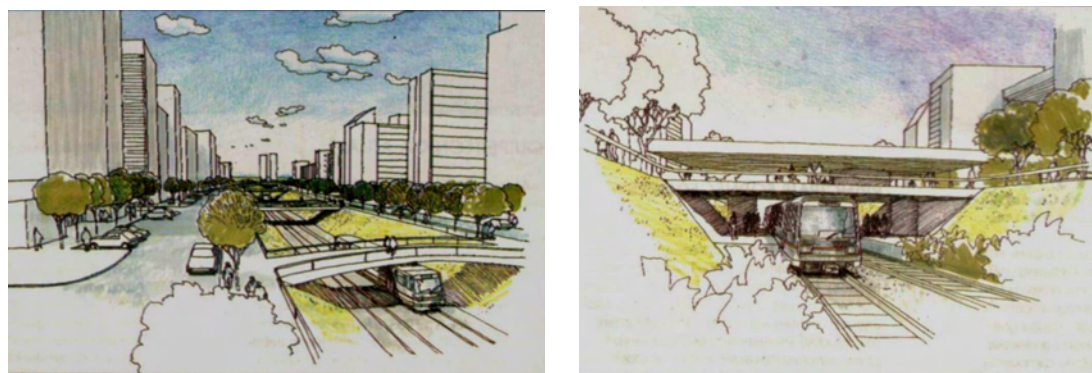


Figura 68b Projeto de Águas Claras, DF  
Fonte: Arquivo METRÔ-DF (1994)

Assim, o Projeto de Águas Claras reforça, mediante as diversas soluções urbanísticas, seja no desenho urbano, seja na regulação do direito de construir, o argumento de que a superfície ao longo de sistemas de transporte de massa deve ser adensada, ilustrando um princípio que se pretende universal, norteador da eficiência operacional e subordinado exclusivamente à tecnologia do veículo. A distribuição do solo é realizada a partir da premissa de melhorar a capacidade de deslocamento do ser humano pela associação com a tecnologia do veículo de transporte integrado à maximização da ocupação aérea da superfície da cidade.

## 5.4 CUSTO DAS ESCOLHAS

Uma questão central diz respeito aos valores habitualmente considerados nas decisões a respeito de investimentos para infraestrutura urbana. Argumenta-se que as razões para o crescimento das cidades em direção às periferias<sup>112</sup> não estão diretamente relacionadas com demandas por moradia em si, mas com escolhas do Estado. Este, ao demonstrar suas preferências na distribuição de recursos coletivos sobre a superfície do solo público, que é um recurso comum, decide por projetos de urbanismo visíveis na superfície da cidade, como no caso do Distrito Federal. Isso é parte de uma ideologia de transformação urbana fortemente intervencionista, criada a partir de uma estrutura de desenvolvimento baseada na tecnologia dos objetos de transporte, individuais ou coletivos, e que passa ao largo de contrabalançar os influxos da desigualdade social.

A manifestação dessas preferências ocorre na forma de subsídios para a urbanização da superfície do solo nas periferias das cidades, como o parcelamento de áreas originalmente rurais e a implantação de grandes redes de infraestruturas para o transporte na superfície, ou seja, a renovação do ato de urbanizar, no sentido mais amplo possível, de converter em *urbs* um campo livre e aberto (Cerdá, 1996). Tal ato é fruto do subsídio deliberado, transformado em crédito avalizado pelo governo e acompanhado por um programa complementar de transporte público coletivo, implantado para prover a acessibilidade necessária aos subúrbios majoritariamente residenciais. Por outro lado, o planejamento, o projeto e, por consequência, a obra subterrânea não são um fim em si mesmos, ou seja, não se autojustificam por prever a colocação de funções no subsolo. Além disso, o fato de não ficarem visíveis os impactos urbanísticos e ambientais das obras no subsolo não significa que eles possam ser desprezados ou considerados inexistentes. O propósito não é fazer uma apologia irrestrita ao uso do subsolo urbano, mas entender o porquê de ele não comparecer integrado às soluções e alternativas para as cidades.

Como consequência direta dessa opção de crescimento urbano, os índices e indicadores da construção civil associam-se a tecnologias e práticas executivas vinculadas a projetos e obras que se implantem acima do nível da superfície (PINI<sup>113</sup>, SINAPI<sup>114</sup>). Sob essa

---

<sup>112</sup> Indicador de dispersão urbana – espraiamento (Ojima, 2007).

<sup>113</sup> PINI – o IPCE (Índice Pini de Custo de Edificações) é o primeiro índice da construção civil brasileira, mais conhecido como índice PINI. Foi criado por entidade privada em 1957.

ótica, inexistem balizadores oficiais (SINAPI), ou mesmo do mercado da construção civil (PINI), que forneçam dados para a realização de orçamentos de projetos contendo soluções para edificações subterrâneas<sup>115</sup>, o que dificulta, e até mesmo inviabiliza, análises comparativas de custos entre diferentes opções de projeto. Por outro lado, o debate a respeito da viabilidade de alternativas subterrâneas desconsidera a força da argumentação moral em temas que envolvem investimentos financeiros e de tecnologia. Por isso, concentra seus esforços em demonstrar os aspectos positivos das tecnologias subterrâneas em comparação com os impactos das construções em superfície, restringindo esse esforço a identificar as externalidades, negativas e positivas, de cada alternativa e monetarizá-las.

Pois bem, mesmo reconhecendo a falácia do argumento que considera irrefutável o resultado da comparação linear entre custos e prazos de uma obra subterrânea com os de uma em superfície, não se identificam motivos para evitar essa especulação, uma vez que ela esclarece toda a argumentação moral contida em decisões assim fundamentadas. Ora, o exemplo do projeto e da implantação de um metrô é elucidativo para o propósito, pois, além de estar associado à capacidade modernizadora e urbanizadora das tecnologias dos veículos de transporte (ENGEVIX, 1991; Costa<sup>1</sup>, 1995), é elemento de infraestrutura que ordena o planejamento e a ocupação urbana (Villaça, 1999, 2000; Paviani, 1996, 1999), antecipando-os, inclusive, em algumas circunstâncias, como em Águas Claras. Além disso, para que a comparação tenha validade, há necessidade de selecionar obras que pertençam a um só contrato<sup>116</sup>, que se situem em uma mesma região geográfica<sup>117</sup> e que disponham de dados confiáveis, uma vez que inexistente sistema nacional de preços para obras de infraestrutura dessa natureza. Nesse sentido, o projeto do metrô do Distrito Federal preenche esses requisitos, que, relacionados às facilidades operacionais da pesquisadora, contribuem para defini-lo como o universo das amostras analisadas a seguir.

Reis et alli (2004) realizaram uma classificação dos tipos de obras do METRÔ-DF em função da metodologia executiva, das características da implantação e da funcionalidade

---

<sup>114</sup> SINAPI – Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil, criado pela Caixa Econômica Federal (CEF) nas áreas de fomento das instituições públicas: habitação, saneamento e infraestrutura urbana. O SINAPI foi implantado no Governo Federal em 1969, para o setor de habitação, e em 1997, para o de saneamento e infraestrutura.

<sup>115</sup> A composição de preços para a realização de pequenas obras subterrâneas, em subsolo raso, é feita pela empresa executora do serviço. Obras de maior porte, como um túnel metroviário, não integram qualquer sistema de banco de dados oficiais, que contemplem variados itens e materiais, como SINAPE e PINI.

<sup>116</sup> Obrigações e deveres entre um mesmo contratante e contratado.

operacional, visando à elaboração de indicadores de custos de obras metroviárias (tabela 4). Posteriormente a essa etapa, identificaram, em cada classe, quais unidades de construção dispunham de dados completos quanto aos projetos e às medições de obras, quais já estavam completamente executadas, ou seja, sem serviços ainda a realizar, e quais não haviam passado por muitas paralisações ao longo dos anos. Depois dessa separação, os autores selecionaram as obras cujos custos haviam sido apropriados<sup>118</sup> e que continham soluções padronizadas.

É importante destacar que valores relacionados a desapropriações, retrabalhos<sup>119</sup> e serviços decorrentes de comissionamento<sup>120</sup>, paralisações e sinalizações, assim como custos ambientais foram expurgados da sistemática proposta por Reis et alli (2004) por não fazerem parte diretamente dos investimentos das obras civis. Assim, de posse das medições, foram identificados todos os itens constantes nas planilhas de medição e retirados aqueles que não se enquadravam nos custos diretos das obras, o que permitiu transformar os dados obtidos em indicadores de custos de obras civis metroviárias<sup>121</sup> (tabela 4).

Entre as opções subterrâneas adotadas no METRÔ-DF e analisadas, o método construtivo de túnel em *cut-and-cover* é o que apresenta o mais alto índice, pois consiste na abertura de uma vala e na posterior execução da estrutura do túnel e do reaterro final, implicando uma intervenção na superfície da região onde é implantado, o que ocasiona gastos com desvio de tráfego e redes subterrâneas, bem como recomposições de pavimento e de logradouros. Nos custos dos túneis NATM e *cut-and-cover*, estão considerados os custos dos emboques (VCA) e de estruturas verticais (shafts), similares a poços, que são locais definidos para o início das escavações.

Pode-se verificar que o processo de implantação do *cut-and-cover* apresenta um custo 42% superior ao obtido para o NATM. As razões que podem levar a esse acréscimo se devem às peculiaridades envolvidas nos dois processos de construção de cada um dos túneis: o primeiro apresenta alto grau de interferência com a superfície, uso de grandes equipamentos para lançamentos de estruturas pré-moldadas, como as paredes diafragma, e grande volume de

---

<sup>117</sup> Os valores se alteram em função das proximidades dos canteiros de obra em relação a jazidas, fornecedores etc.

<sup>118</sup> São mais de 100 frentes de medição de obras.

<sup>119</sup> Retrabalhos são as retiradas de pendências de obras ou a complementação de serviços remanescentes.

<sup>120</sup> Comissionamento é a vistoria realizada na obra finalizada com o objetivo de verificar inconformidades com o projeto.

<sup>121</sup> Excluídos sistemas fixos e móveis, para os quais os autores aplicaram um percentual em relação ao montante da obra civil.



estrutura de concreto armado. Já no NATM, as estruturas de suporte são mais esbeltas, há um baixo nível de interferência com a superfície, e a área de trabalho para implantação do túnel se restringe à seção que está sendo efetivamente escavada.

OBRA	ÍNDICE (R\$-Po <sup>122</sup> )	
	R\$ / m <sup>2</sup> *	R\$ / ml *
ESTAÇÃO SUPERFÍCIE	1426,68	-
ESTAÇÃO ENTERRADA	1811,89	-
PASSAGEM SUBTERRÂNEA DE ACESSO A EST. ENTERRADA	1718,95	-
SUBESTAÇÃO RETIFICADORA	897,52	
TRINCHEIRAS	-	16.548,00
VIADUTO METROVIÁRIO	-	14.056,13
VIADUTO RODOVIÁRIO	-	12.954,99
TÚNEL NATM	-	25.731,05
TÚNEL CUT AND COVER	-	36.651,62
VIA EM SUPERFÍCIE	-	4.416,55

TABELA 4 - ÍNDICES PARA COMPOSIÇÃO DOS INDICADORES DE CUSTOS METROVIÁRIOS

\* R\$/m<sup>2</sup> - reais por metro quadrado, R\$/ml – reais por metro linear.

Fonte: Adaptado de Reis et alli (2004)

Posteriormente, em função de estudos de viabilidade para a expansão do sistema metroviário do DF em direção à Asa Norte e para o prolongamento dos ramais da Ceilândia e de Samambaia, refinou-se a pesquisa realizada por Reis et alli (2004), incorporando unidades de construção recentemente finalizadas às amostras selecionadas por esses autores, principalmente passagens para pedestres. De maneira análoga, Assis (2006) sintetiza as relações entre os valores de diferentes métodos executivos, assumindo o custo de uma construção em superfície, de complexidade e porte similares à de um metrô, como base de referência para a comparação (tabelas 5-a).

Assim, são cinco os métodos executivos delimitados nos indicadores de Reis et alli (2004): em superfície, elevado, VCA (vala a céu aberto), NATM simples e NATM duplo. De todo modo, com exceção do NATM, as tecnologias estruturais são amplamente empregadas no traçado urbano de Brasília. Merece destaque a região central, no trecho de encontro dos

<sup>122</sup> Po – índice para reajustamento contratual dos valores das obras civis do contrato para a construção da linha em “Y” do METRÔ-DF. Adota fórmula própria, baseada em índices compostos por indicadores da Fundação Getúlio Vargas (FGV).

eixos rodoviário e monumental, onde se adotou um VCA (“buraco do tatu”) e um elevado (rodoviária do Plano Piloto/Setor de Diversões Norte) como princípios estruturais do partido urbanístico (figura 69).

<i>MÉTODOS</i>	<i>RELAÇÃO ENTRE CUSTOS</i>
SUPERFÍCIE	1.0
ELEVADO	1.5
VCA	2.5
NATM/ SHIELD SIMPLES	3.0
NATM/ SHIELD DUPLO	3.0

TABELA 5-a - RELAÇÃO ENTRE CUSTOS DE DIFERENTES MÉTODOS EXECUTIVOS

Custos sem desapropriações

Fonte: Assis (2005)



Figura 69 – “Buraco do Tatu”, Asa Sul, Brasília.

Fonte: Arquivo METRÔ-DF (2009)

No caso dos custos das estações e da passagem subterrânea de acesso, notam-se valores próximos, pois as diferenças não alcançam 27%. Parte delas se deve a dois aspectos: o primeiro decorre da opção de empregar as estações enterradas como emboques para as escavações do túnel NATM, razão pela qual nelas não se adotou esse método tuneleiro; o

segundo decorre da condição de a estação subterrânea abrigar em seu interior uma subestação retificadora do trecho, condição inexistente na estação em superfície, pois a mesma, neste caso, localiza-se ao longo da via metroviária. Além desses pontos destacados, não há como deixar de mencionar os acréscimos, no caso das estações subterrâneas, decorrentes dos custos internalizados em função do desconhecido, ou seja, não havendo, na legislação edilícia e nos códigos de segurança<sup>123</sup>, classificações aplicáveis a estações metroviárias subterrâneas, adotaram-se parâmetros restritivos baseados no senso empírico, como nos casos do dimensionamento de reservatórios inferiores de incêndio e do cálculo das bombas de pressão d'água (desenhos/relatórios, 1994).

As tabelas 5-a, proposta por Assis (2006b) mostra, na realidade, uma meta para as obras subterrâneas brasileiras. Todavia, ao se comparar os valores da tabela 6 para o método NATM simples, há uma diferença referente ao período em que os valores da estrutura de suporte do túnel NATM simples foram apurados por Reis et alli (2004), já que eles retroagem a medições e a eventos que ocorreram entre 1992 e 1994, ao passo que os resultados de Assis (tabela 5-a) refletem dados relativos a 2005. Tal fato sustenta os argumentos de que a diminuição dos custos das obras subterrâneas é dependente da massificação de práticas tuneleiras associada ao avanço da tecnologia estrutural, na medida em que esta atua em favor da segurança e da agilidade dos serviços de escavação.

<i>MÉTODOS</i>	<i>ÍNDICE (R\$-Po)</i>
	<i>relação de custos*</i>
ESTAÇÃO SUPERFÍCIE	1
ESTAÇÃO ENTERRADA	1.27
VIADUTO METROVIÁRIO	3.00
TÚNEL NATM	5.5
TÚNEL CUT AND COVER	7.8
TRINCHEIRA	3.8
VIA EM SUPERFÍCIE (com vedação lateral)	1

TABELA 6- RELAÇÃO ENTRE CUSTOS A PARTIR DOS ÍNDICES DAS OBRAS METROVIÁRIAS  
Fonte: Adaptado de Reis et alli (2004)

<sup>123</sup> Código de Edificações do Distrito Federal e Normas editadas pelo Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, cujo cumprimento é exigido para a aprovação e legalidade construtiva das obras.

A internalização dos custos relativos às incertezas de uma obra subterrânea é inversamente proporcional à realização de investigações geológico-geotécnicas (GG), ou seja, se estas sobem, aqueles descem. Percebe-se essa correlação principalmente nos valores atribuídos aos serviços relacionados às metodologias para a escavação do maciço, que representam um dos cinco itens de maior peso no custo final de um túnel metroviário, por exemplo (Reis et alli, 2004). Tal constatação foi possível durante a implantação do Túnel Onoyama, em Taguatinga, Distrito Federal, executado entre 1998 e 2006 em substituição a uma vala a céu aberto prevista anteriormente para a passagem do METRÔ-DF naquele trecho (figura 70).



Figura 70 – Túnel Onoyama, em Taguatinga, Distrito Federal  
Fonte: Arquivo Pessoal (2004)

Não é relevante para os objetivos deste capítulo detalhar as características estruturais desse tipo de túnel, mas ressaltar as condições do suporte do maciço da cobertura<sup>124</sup>, que é uma laje de concreto armado moldada *in loco*, apoiada em perfis metálicos cravados no solo e executada antes das escavações do túnel. O suporte do maciço da cobertura garante uma condição de estabilidade à escavação subterrânea. Devido a isso, as escavações sequenciais

---

<sup>124</sup> A única diferença entre o túnel invertido e o NATM é essa característica do suporte da cobertura, que não utiliza a capacidade do maciço circundante, permitindo que o túnel se implante em uma cota de fundo mais próxima do nível da superfície. Entretanto, em todas as demais etapas de escavação, os revestimentos e o acompanhamento de instrumentação e monitoramento da obra são idênticos ao NATM.

subterrâneas, executadas mediante parcialização, foram remuneradas em item de preços de serviços cujo valor é inferior ao túnel NATM da Asa Sul, em função das condições de segurança creditadas à laje de concreto em comparação com o comportamento do maciço de solo (Arquivo Metrô-DF, 1998).

Até o momento, a reflexão a respeito dos custos das obras subterrâneas se deteve a analisar as infraestruturas destinadas ao transporte de alta capacidade, como o metrô, e as edificações a ele associados, como estações e subestações de energia. É interessante notar que uma das maiores objeções ao subsolo está relacionada à hipótese de pôr no subsolo a moradia humana; porém, há inúmeros exemplos de residências subterrâneas ou semienterradas que atendem a requisitos de conforto térmico, acústico e luminoso da mesma maneira que outras implantadas integralmente sobre a superfície (Wells, 1997; Carmody & Sterling, 1993). Por outro lado, quando se trata de pleitear maneiras seguras para atravessar uma rodovia movimentada, vale o critério da razoabilidade que busca preservar a vida humana, mesmo que para isso se enterre o pedestre para deixar passar o motorista de carro na superfície, e o critério da racionalidade para vencer distâncias que sejam mais curtas (tabela 7 e gráfico 6) (DER/DF & Altran/TCBR, 2007).

<b>PASSAGEM SUBTERRÂNEA (ASA SUL)</b>	<b>VOLUME DE PEDESTRES (DIA)</b>
GALERIA DOS ESTADOS	12.568
SETOR BANCÁRIO SQS	11.441
SQS 203	2.867
SQS 205	2.167
SQS 207	2.842
SQS 209	2.540
SQS 211	2.324
SQS 213	2.372
SQS 215	1.898
ESTAÇÃO 114 SUL	12.242
<b>TOTAL</b>	<b>53261</b>

Tabela 7 Passagens Subterrâneas Asa Sul, Brasília.  
Fonte: DER/DF & Altran/TCBR (2007)

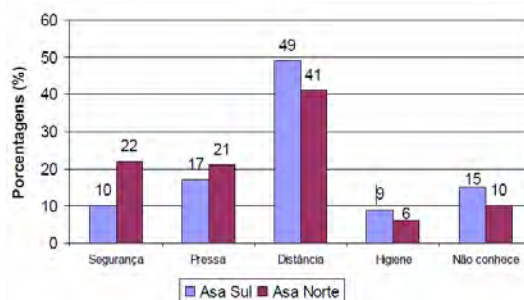


Gráfico 6 Passagens Subterrâneas Asa Sul, Brasília.  
Fonte: DER/DF & Altran/TCBR (2007)

Resta ainda descobrir se há argumento razoável que se sobreponha às conjecturas da racionalidade a respeito das diferenças de custos entre uma obra subterrânea e uma na superfície no processo de crescimento físico da cidade. Dois exemplos são explorados a seguir: o primeiro evidencia o pressuposto de Billington (1985, 2003) da máxima eficiência estrutural com o mínimo consumo de material, que se constitui como uma medida para aquilo que é bom, que deriva do razoável, pois evita o desperdício (tabela 8); e o segundo, explicita que o gosto dispendioso (Dworkin, 2005) do visível na superfície não pode sustentar decisões a respeito do uso e da ocupação do solo, pois rapidamente elas originam externalidades negativas dificilmente compensadas. As figuras 71-a, 71-b e 72 exibem as seções típicas adotadas no METRÔ-DF para quatro tipos de construções subterrâneas, que são, na realidade, desmembramentos do método NATM, que não impacta na superfície, e do método *cut-and-cover*, que paralisa as atividades da superfície durante a implantação das obras.

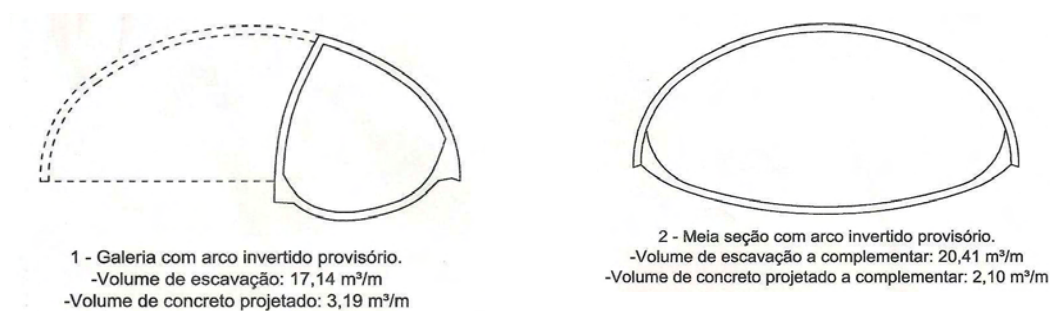


Figura 71-a Seção típica NATM  
Fonte: Adaptado dos projetos do METRÔ-DF (1998)

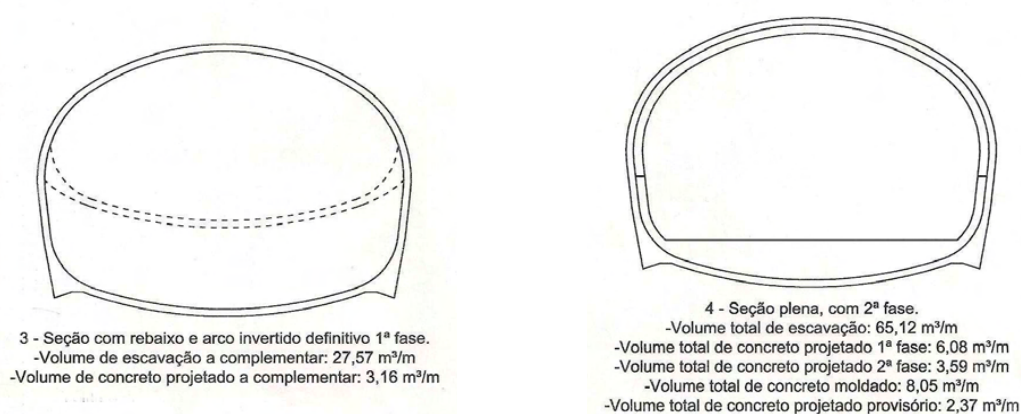


Figura 71-b Seção típica NATM  
 Fonte: Adaptado dos projetos do METRÔ-DF (1998)

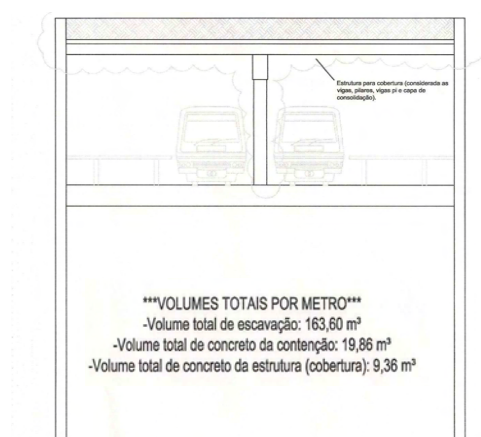


Figura 72 Seção típica Cut-and-Cover  
 Fonte: Adaptado dos Projetos do METRÔ-DF (1998)

Conseqüentemente, buscou-se identificar os volumes de concreto<sup>125</sup> consumidos por cada uma das alternativas, já que esse é o material mais demandado para as contenções das escavações. Constatando-se que o consumo do material é menor para as seções que adotam tecnologia tuneleira, evidencia-se a economia de recursos não renováveis, que não é abatida em impostos, como o ICMS<sup>126</sup>, por exemplo, o que geraria custos de construção menores. Foi intenção comparar opções para obras subterrâneas, mas se o exercício extrapolasse para edificações em altura, possivelmente as diferenças de consumo de recursos não renováveis

<sup>125</sup> O concreto é composto por areia, cimento e brita, recursos não renováveis.

<sup>126</sup> ICMS – Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços.

seriam mais acentuadas (figura 73).

MÉTODO CONSTRUTIVO	VOLUMES (m <sup>3</sup> /m)		
	escavação	concreto	
		projetado	moldado
NATM SIMPLES	65.12	12.04	8.05
NATM DUPLO	129.90	19.71	12.30
CUT AND COVER (paredes diafragma + mezanino)	305.37	-	29.22
CUT AND COVER (paredes diafragma)	163.60	-	29.22
CUT AND COVER (estação + mezanino)	305.37	2.54	28.64
CUT AND COVER (estação + mezanino)	163.60	1.27	28.64

TABELA 8 QUADRO COM OS VOLUMES DE MATERIAL ESCAVADO E DE CONCRETO EM FUNÇÃO DA ALTERNATIVA DO MÉTODO SUBTERRÂNEO

Fonte: Adaptado pela autora a partir dos projetos-padrões do METRÔ-DF

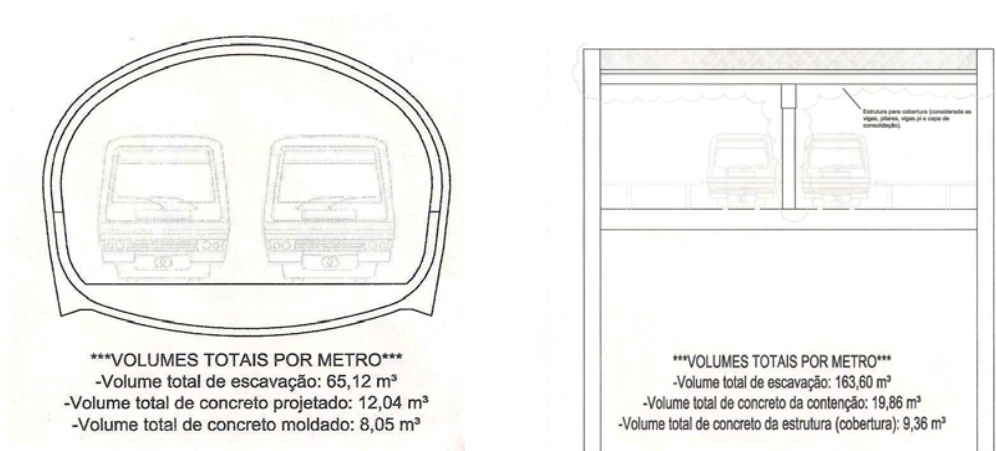


Figura 73 Seção típica NATM e Cut-and-Cover  
 Fonte: Adaptado dos Projetos do METRÔ-DF (1998)

Outro exemplo que pode ser explorado reflete os riscos da argumentação segundo a qual a eficiência operacional de um sistema de transportes depende de um planejamento integrado ao uso e à ocupação do solo restrito à superfície, e vice-versa. Na cidade de Águas Claras, conforme descrito anteriormente, aplica-se o princípio universal<sup>127</sup> de adensar o tecido urbano ao longo dos eixos de transporte de massa (Villaça, 1999, 2000; Paviani, 1996, 1999) como

<sup>127</sup> Diversos estudos buscam correlações entre o valor do imóvel, o uso e a ocupação do solo e as infraestruturas, principalmente as de transporte, em função dos investimentos públicos.



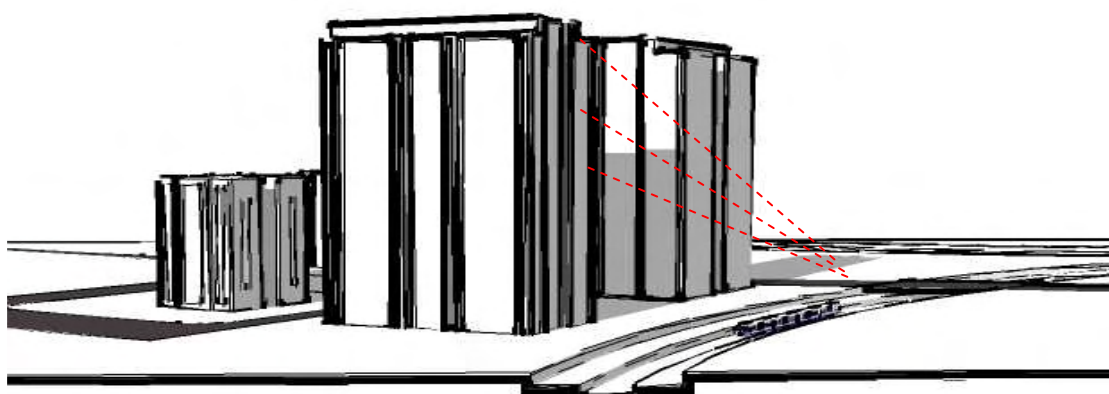
forma de garantir retorno financeiro, com as vendas de imóveis, e operacional, com o aumento da demanda de usuários desse sistema de transporte coletivo de alta capacidade (Vasconcellos, 1999; NTU 2002; Alouche, 2008).

Todavia, mesmo maximizando todos esses preceitos econômicos e operacionais ao longo do eixo do METRÔ-DF em Águas Claras, a eficiência desse meio de transporte não estará garantida, caso se confirmem futuramente as externalidades negativas desse preceito, que busca multiplicar o solo aéreo junto a uma via metroviária, mesmo ela não sendo subterrânea. Partiu-se, portanto, para uma verificação da relação entre aumento da densidade construída e eficiência operacional – no caso em questão, através do aumento do número de pavimentos acima da superfície de edifícios localizados às margens da via do metrô. Foram mantidos os afastamentos horizontais existentes, ou os recuos obrigatórios, em relação ao lote e ao eixo do metrô (Anexo I). O problema foi assim formulado: considerando prédios com 24, 48 e 60 metros de altura (figura 74-a), qual seria a possibilidade de um objeto atirado das varandas desses prédios alcançar a composição do metrô<sup>128</sup>, e quais seriam as possíveis forças de impacto?

Delimitaram-se vários contornos para o problema, desde a força daquele que solta um objeto sem intenção de atingir a composição do metrô até o peso com que esse objeto pode atingir o alvo, o tempo decorrido entre o arremesso e o impacto com o chão e a distância que o objeto pode alcançar. Considerou-se um possível grupo de objetos domésticos, tais como bolinha de gude, lata de alumínio cheia de líquido e vazia, pequena pedra, miniatura metálica de carro e copo de vidro, assim como forças e ângulos variáveis de arremesso (figura 74-b). Pelos resultados obtidos, há chance de a operação do metrô ser paralisada em função das circunstâncias do aumento do gabarito junto à via metroviária, podendo acarretar, inclusive, danos físicos ao piloto e aos usuários e avarias nos equipamentos (Anexo I). Trata-se de cenário que forçará a adoção de soluções que dotem a via de cobertura nos trechos mais críticos, tornando-a enterrada (figura 74-c) e de mecanismos adaptados para a exaustão de ar.

---

<sup>128</sup> O cálculo e os critérios do problema podem ser vistos nas planilhas apresentadas Anexo I.



Para 24m de altura			Para 48m de altura		Para 60m de altura	
Velocidade de lançamento (m/s)	Velocidade final total (m/s)	Alcance (m)	Velocidade final total (m/s)	Alcance (m)	Velocidade final total (m/s)	Alcance (m)
5	22,26464462	11,06197059	31,08743798	15,64398884	34,66678526	17,49051124
10	23,88962955	22,12394118	32,27117599	31,28797767	35,73214239	34,98102248
15	26,37639854	33,18591177	34,15302036	46,93196651	37,44043269	52,47153372
20	29,50787014	44,24788236	36,62552116	62,57595535	39,70876478	69,96204495
25	33,101577	55,30985295	39,57813538	78,21994418	42,44744986	87,45255619
30	37,02316032	66,37182355	42,91187248	93,86393302	45,57176758	104,9430674
35	41,17905293	77,43379414	46,54491164	109,5079219	49,00801975	122,4335787
40	45,50510301	88,49576473	50,41258573	125,1519107	52,695218	139,9240899
45	49,95712562	99,55773532	54,46493184	140,7958995	56,58432645	157,4146011
50	54,50426038	110,6197059	58,66369235	156,4398884	60,63650716	174,9051124
55	59,12456681	121,6816765	62,97959034	172,0838772	64,82118481	192,3956236
<i>Bola de gude/Brita</i>		<i>Massa (Kg)</i>		0,01		
<i>Força de impacto (Newton)</i>						
<i>Altura (m)</i>						
<i>Velocidade de lançamento (m/s)</i>	24		48		60	
5	123,9286		241,6072		300,4465	
10	142,6786		260,3572		319,1965	
15	173,9286		291,6072		350,4465	

Figura 74-a Simulação de lançamento de projetéis, intencional ou não intencional (Anexo I).  
Desenho: Arquivo Pessoal (2009)

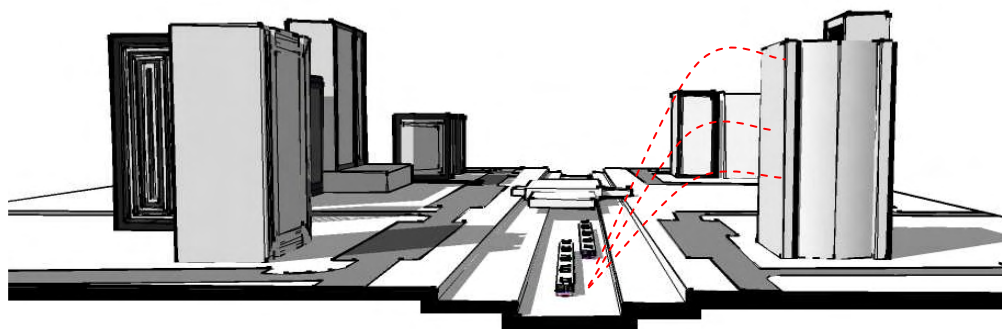


Figura 74-b Simulação de lançamento de projetéis, intencional ou não intencional.  
Desenho: Arquivo Pessoal (2009)

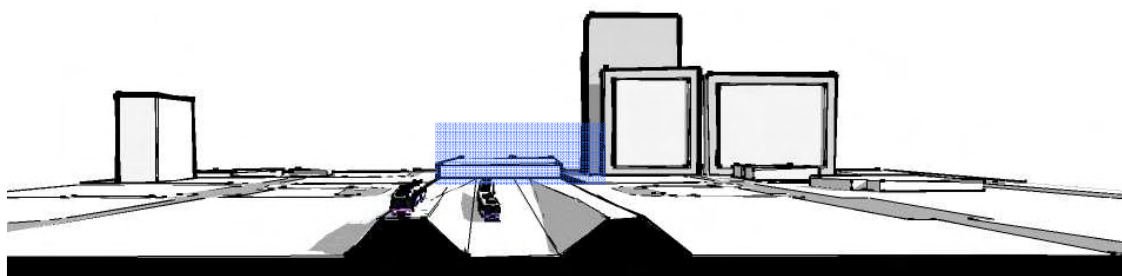


Figura 74-c Cobertura da via nos trechos mais críticos (futuro).  
Desenho: Arquivo Pessoal (2009)

Daí se conclui algo que, embora aparentemente óbvio, é desprezado em estudos urbanísticos e no planejamento de transportes por conter argumentação moral: só uma reflexão ética a respeito do uso e da ocupação do solo é capaz de fornecer respostas universais e de definir regras para a exploração de um recurso comum, como o subsolo, em vez de critérios baseados na eficiência e na maximização dos objetos de transporte.

## SÍNTESE DO CAPÍTULO

O desperdício, ou o ganho de tempo, é um bem regulado pelas instituições públicas pela premissa da maximização da oferta de transportes. Porém, o tempo é um bem gerado a partir da exploração de um recurso comum, que é a distribuição do solo, primeiramente, e logo a seguir, de recursos públicos, que são as infraestruturas destinadas aos veículos de transporte. É, assim, o tempo, plenamente dependente das regras de uso e de ocupação do solo urbano. Este capítulo evidenciou os resultados de ações, como a maximização do valor visível do edifício e do objeto da tecnologia de transporte sobre a superfície do solo. Nessa perspectiva, custos de manutenção e de conservação são desconsiderados, pois aquilo que se aloja na superfície diminui em vida útil em comparação ao subsolo. Os recursos comuns e coletivos não devem estar subordinados a gostos dispendiosos pois, no médio e longo prazos, eles não oferecem uma distribuição mais justa dos recursos socialmente disponíveis, como o tempo e a segurança, além de contribuírem para o aparecimento de despesas adicionais e sucessivas para a mitigação dos impactos negativos por eles originados.

## **6. SUBSOLO: RESPOSTAS ÚTEIS**

O planejamento efetivo da utilização do espaço subterrâneo deve ocorrer em conjunto com a regulação do uso e da ocupação do solo na superfície, pois o subsolo possui uma série de características naturais que devem ser consideradas antes da realização de quaisquer projetos, o que acaba influenciando na escolha das atividades que terão preferência para serem instaladas no subsolo urbano (Assis, 2006). Assim, o planejamento urbano deve contemplar, na etapa de elaboração do diagnóstico, a realização de um mapeamento geológico-geotécnico para a obtenção e a consolidação de dados relacionados ao subsolo (Bennett & Parker, 1996), considerando os itens discriminados a seguir no formato de listagem.

### **6.1 DIRETRIZES PARA O PLANEJAMENTO URBANO**

1. Uma vez realizadas escavações, a superfície fica definitivamente alterada, e estruturas subterrâneas não são facilmente desfeitas como as construções na superfície;
2. Uma escavação subterrânea requer uma zona mais larga na superfície acima dela, como reserva para estabilizar a escavação;
3. A estrutura geológica do subsolo afeta consideravelmente os tipos, os tamanhos e os custos das instalações que podem ser construídas, porém, o conhecimento do subsolo da região somente é realizado a partir de um número limitado de investigações geológico-geotécnicas (GG);
4. Grandes projetos no subsolo requerem investimentos continuados e que tenham sido acordados previamente, sendo, portanto, apropriados aos mecanismos de participação democrática;
5. As técnicas tradicionais de planejamento têm se focado em representações bidimensionais das regiões e áreas urbanas. Tal procedimento é geralmente

adequado para construções horizontais e em altura, mas impróprio para a geologia tridimensional e para as feições frequentemente encontradas no subsolo. A representação tridimensional desse tipo de informação em uma forma que possa ser prontamente interpretada para o planejamento e para a evolução do processo é desejável;

6. O planejamento da utilização do subsolo urbano envolve a realização de um inventário físico da realidade geológica associada à topografia da superfície, aos usos existentes na superfície, a uma antecipação do desenvolvimento e aos objetivos do planejamento urbano. A informação deve ser correlacionada a variados graus de viabilidade, ou facilidade de construção, para diversos tipos de usos e densidades;
7. O subsolo urbano proporciona abrigo para atividades e infraestruturas impossíveis ou ambientalmente indesejáveis na superfície;
8. O subsolo oferece proteção natural que é múltipla e simultânea em função de suas propriedades mecânicas, térmicas e acústicas;
9. O volume subterrâneo é opaco em função da sua dependência geológico-geotécnica e, em decorrência disso, qualquer estrutura subterrânea somente é visível nos pontos onde ela se conecta à superfície. A capacidade de isolamento do subsolo é uma importante razão para prever que nele ocorram atividades públicas: pela massa, o que lhe proporciona inércia térmica, e pela opacidade natural, que não torna as edificações perceptíveis em toda a sua magnitude e dimensão;
10. Em meios urbanos, obras subterrâneas têm os alinhamentos de seus traçados quase sempre regidos por fatores prioritários de demanda e de operação e não por condições geológico-geotécnicas dos maciços;
11. As condições geotécnicas do maciço são complexas, seja pela proximidade entre o túnel e a superfície, seja por seu alinhamento com fundos de vale. Há ainda variações frequentes e bruscas das propriedades do maciço, muitas delas dominadas pelo intemperismo, como por exemplo o solo da Asa Norte, em Brasília (Alves, 2009);
12. O planejamento urbano deve incorporar o conhecimento e a delimitação dos cones

de distribuição das tensões admissíveis para as zonas de usos mistos e que contemplem o aproveitamento conjunto da superfície e do subsolo para promover o adensamento;

13. Os riscos de obras subterrâneas em meios urbanos devem ser identificados e controlados por um plano de gerenciamento de riscos dividido pelas etapas de planejamento e de projeto urbanos;
14. Eixos subterrâneos de transporte de alta capacidade induzem e atraem a ocupação no subsolo principalmente em zonas e áreas urbanas em fase de consolidação. Por isso, a antecipação do planejamento do uso e da ocupação do subsolo nessas partes da cidade deve ser considerada, estipulando regras e limites construtivos;
15. A caracterização geotécnica de uma cidade para o planejamento do uso e da ocupação do solo e do subsolo fundamenta-se na determinação das principais unidades geotécnicas existentes e no mapeamento tridimensional delas;
16. Para zonas e setores onde estejam previstos usos mistos com verticalização da construção, aérea ou subterrânea, é pertinente o mapeamento das propriedades geotécnicas desses locais, assim como a caracterização básica de suas necessidades construtivas.

Este último item é talvez o mais importante durante o processo de planejamento do espaço subterrâneo, uma vez que é determinante em vários aspectos, como no posicionamento, no dimensionamento e, conseqüentemente, no custo das obras. O cadastro geológico-geotécnico deve resultar em documentos que permitam aos profissionais da área de planejamento urbano visualizar e compreender a distribuição espacial das unidades geotécnicas para diferentes potenciais de construção, tanto de obras subterrâneas como em altura. Esses documentos devem, preferencialmente, fornecer indicadores dos custos envolvidos para soluções típicas, ou oferecer subsídios, em termos de exigências construtivas, para que esses custos sejam estimados posteriormente (Assis, 2007).

## **6.2 RESPOSTAS PARA DESAFIOS DO PLANEJAMENTO URBANO**

A vivência das pessoas em edificações desprovidas de janelas abertas para o exterior

fornece associações com o espaço subterrâneo, mesmo que ainda limitadas, pois as características de uma edificação na superfície diferem em outros aspectos das subterrâneas. Carmody & Sterling (1993) analisaram uma série de edifícios e de ambientes desprovidos de janelas e de aberturas para o exterior, como escolas, laboratórios, escritórios, setores de hospitais, fábricas, *malls*, supermercados e cinemas. Em seguida, propuseram um quadro onde resumizam os potenciais benefícios e desvantagens associados ao uso do espaço subterrâneo (Quadro 1).

PRINCIPAIS ASPECTOS	SUBCATEGORIA	BENEFÍCIOS POTENCIAIS	DESVANTAGENS POTENCIAIS
FÍSICOS E INSTITUCIONAIS	LOCALIZAÇÃO	Proximidade Ausência de espaço na superfície Abastecimento "Status"(posição social)	Geologia desfavorável Geologia incerta
	ISOLAMENTO	Clima temperatura, clima severo, incêndio, terremoto Proteção barulho, vibração, explosão, queda, acidente industrial Segurança acesso limitado, superfícies protegidas Controle materiais e processos nocivos à saúde	Clima temperatura, enchente Comunicação Aspectos humanos psicológicos, fisiológicos, segurança contra o fogo, segurança pessoal
	PRESERVAÇÃO	Estética impacto visual, projeto voltado para o interior Meio Ambiente paisagem natural, ecologia, água superficial Materiais	Estética impacto visual, desenho da envoltória da edificação Meio Ambiente degradação do sítio, drenagem, poluição
	LAYOUT	Liberdade topográfica Planejamento em 3 dimensões	Suporte da superfície Vãos limitados Acessos limitados Adaptabilidade Remoção do esgoto
	INSTITUCIONAL		Facilidade de aquisição Permissões Código de construção Incerteza dos investimentos
CUSTOS TOTAIS	CUSTOS INICIAIS	Economia no custo do terreno Economia na construção sistema estrutural independência do clima escala Venda dos materiais e minerais escavados Economia pelas características especiais do projeto	Condições confinadas de trabalho Suporte da superfície Acesso limitado Escavação, transporte e depósito na superfície Custos incertos geológico, contratual, atrasos institucionais
	CUSTOS OPERACIONAIS	Manutenção Seguro Uso de energia	Equipamento/acesso de materiais Acesso de pessoas Ventilação e iluminação Manutenção e reparo
SOCIAIS		Eficiência no uso do solo Transporte e circulação eficientes Conservação de energia Meio Ambiente/estética Desastres eminentes Segurança nacional Diminuição de desabamentos e rupturas	Degradação ambiental Mudanças permanentes

Quadro 1 Benefício e desvantagens do uso do espaço subterrâneo  
Fonte: Adaptado de Carmody & Sterling (1993)

Um dos maiores benefícios da construção subterrânea é o desempenho térmico propiciado pela massa de solo, que fornece temperaturas ambientes mais baixas no verão e mais quentes no inverno. A retenção térmica na terra é a principal preocupação de um projeto de estrutura coberta com solo. Embora a influência da radiação solar diurna seja limitada em profundidade, há um lento movimento de ondas térmicas em direção à profundidade do subsolo, alcançando algo em torno de 10 a 12 metros abaixo da superfície ao término do verão, por exemplo. Então, a profundidade de 10 metros abaixo da superfície representa o limite das trocas térmicas, ou seja, ao iniciar o inverno, o calor lentamente absorvido durante o verão começa a se dissipar, logo, o subsolo se apresenta como um espaço mais aquecido do que a superfície. Por outro lado, em profundidades mais acentuadas, a temperatura do solo irá aumentar em função da influência geotérmica (Gideon, 1989; Carmody & Sterling, 1993).

Basicamente, a influência da temperatura externa na superfície limita-se de 10 a 12 metros no subsolo. Duas importantes conclusões podem ser delineadas: a) a temperatura do espaço subterrâneo durante o dia torna-se estável em qualquer estação do ano, enquanto a temperatura externa oscila ao longo do dia e em função das estações do ano. Essa regra se aplica também à umidade relativa do ar; b) a profundidade da construção no subsolo determina o grau de oscilação da temperatura interna. Essa regra básica estabelece que, quanto mais profunda uma construção no subsolo, mais estável é a temperatura. Assim, equipamentos de refrigeração deveriam ser instalados a pelo menos 10 metros de profundidade como forma de economizar energia. O aquecimento e a umidade relativa do ambiente dependem em algum grau da composição química e física do solo (Golany, 1989; Carmody & Sterling, 1993).

Algumas classificações ou taxonomias para o uso do espaço subterrâneo foram desenvolvidas por Labs (1976), Warnock (1978), Coogan (1979) e Baggs (1980), mas se tratavam de genéricas simplificações ou de subconjuntos derivados de terminologias adotadas na atividade minerária. No estudo da utilização do espaço subterrâneo, é útil desenvolver uma classificação ou organização esquemática que forneça uma terminologia padronizada e uma base organizacional para descrição, análises e pesquisa. A classificação permite que importantes atributos de um objeto sejam descritos de maneira que outros possam entendê-lo sem um exame detalhado do conceito. Habilita também que objetos possam ser agrupados em classes similares a fim de que as características de subgrupos sejam estudadas. Finalmente, tal procedimento permite que novos objetos sejam prontamente reconhecidos e qualificados (tabela 9 e figura 76).



TERMO	PROFUNDIDADES TÍPICAS DE ACORDO COM A FUNÇÃO (metros)			
	Redes de Serviços	Edificações	Transporte Urbano Redes Regionais	Minas
PRÓXIMO DA SUPERFÍCIE	0-2	0-10	0-10	0-100
PROFUNDIDADE MODERADA	2-4	10-30	10-50	100-1000
PROFUNDA	Mais de 4	Mais de 30	Mais de 50	Mais de 1000

Tabela 9 Classificação do uso do espaço subterrâneo pela profundidade  
Fonte: Adaptado de Carmody & Sterling (1993)

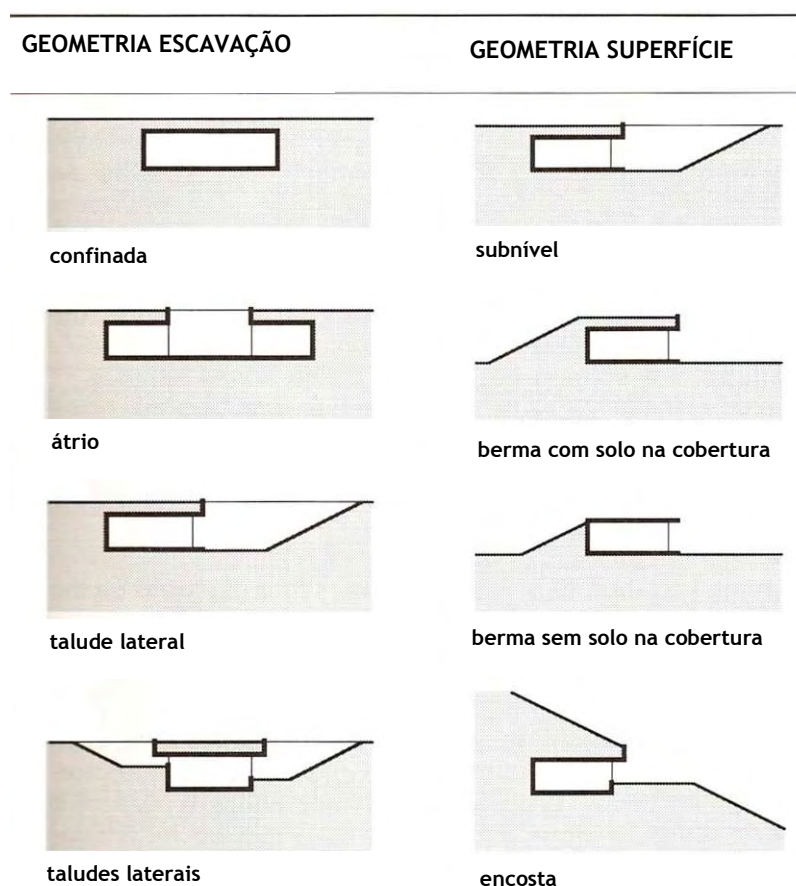


Figura 76 Classificação do uso do espaço subterrâneo pelas geometrias da escavação e da abertura na superfície  
Fonte: Adaptado de Carmody & Sterling (1993)

## 6.2.1 COMO ENCURTAR DISTÂNCIAS

1. Adotando o zoneamento vertical e utilizando o adensamento estendido ao subsolo;
2. Ligando eixos paralelos de grande circulação motorizada localizados na superfície

(vias troncais) através da ocupação subterrânea transversal a eles (figura 77);



Figura 77 Ligação Norte-Sul nos setores hoteleiros  
Fonte: Jaime Lerner Arquitetura (2007)

3. Implantando vias expressas, interurbanas ou interestaduais, em sistemas de túneis urbanos que cruzem o polígono urbanizado;
4. Associando estacionamentos subterrâneos (*buffers*) vicinais a eixos paralelos de grande circulação motorizada;
5. Implantando edificações destinadas a atividades geradoras de tráfego no subsolo, mediante proporções e cotas relacionadas aos usos e adotando sistema compensatório para a construtibilidade da propriedade, isto é, balanceando o potencial construtivo do terreno entre as três fronteiras do solo;
6. Viabilizando a coexistência de serviços e equipamentos públicos através do zoneamento vertical estendido ao subsolo, preferencialmente nos locais servidos por sistemas subterrâneos de transporte coletivo;
7. Preferindo o zoneamento vertical subterrâneo dos modos de transporte,

principalmente dos corredores exclusivos motorizados (figura 78).



Figura 78 Eixos longitudinais versus ligações transversais – Asa Sul, Brasília  
Fonte: Editado sobre imagem Google Earth (2009)

## 6.2.2 COMO PRESERVAR A SUPERFÍCIE

1. Ocupando o subsolo de áreas históricas e de patrimônios culturais (figura 79);



Figura 79 Toca da Coruja, Cruzeiro/ DF  
Fonte: Arquivo Pessoal (2009)

2. Enterrando bolsões de estacionamento público localizados na superfície do solo;
3. Enterrando novas atividades urbanas e programas de arquitetura típicos às tecnologias digitais e eletrônicas, como centros de armazenamento de dados, parques tecnológico-digitais e centrais de energia para abastecimento de bases de dados;
4. Enterrando atividades de estocagem, de armazenamento e de distribuição de material (figura 80).



Figura 80 Área central do Distrito Federal – edifício destinado ao abastecimento  
Fonte: Arquivo Pessoal (2009)

### 6.2.3 COMO ACOMODAR O AUMENTO DAS DEMANDAS

1. Evitando a perda da camada superior de solo fértil com o emprego de tecnologias tuneleiras para a ocupação do subsolo;
2. Diminuindo a desigualdade da poluição atmosférica, segregando o tráfego pesado em túneis dotados de sistemas para exaustão, difusão, renovação e tratamento do ar contaminado;
3. Evitando construir acima da superfície do solo em áreas de cultivo ou de

importância paisagística (figura 81);



Figura 81 Área central do Distrito Federal – shopping centers  
Fonte: Arquivo Pessoal (2009)

4. Incrementando a capacidade de deslocamento a pé nas distâncias de até 1.500 metros ou 15 minutos;
5. Diminuindo as superfícies impermeabilizadas do solo urbano e o efeito da “ilha de calor”;
6. Diminuindo o consumo energético e aumentando a perda calórica do indivíduo;
7. Equilibrando o uso e a ocupação do solo em suas três fronteiras (figura 82).

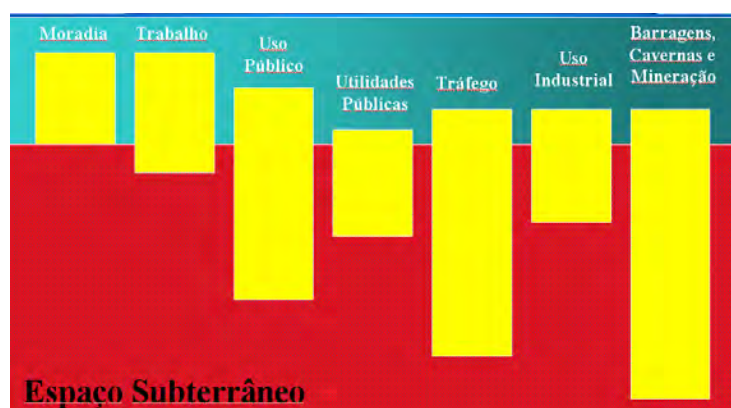


Figura 82 Distribuição das atividades urbanas  
Fonte: (Assis, 2005)

### 6.3 DIRETRIZES PARA PROJETO DE ARQUITETURA

O projeto de um espaço subterrâneo deve primeiramente considerar que a natureza oferece o maciço denso, que, através da escavação e do vazio resultante, se expressa como uma arquitetura. Tal projeto é similar ao realizado na superfície do solo, só que ao inverso, pois nesta os vazios se originam das massas inventadas pelo arquiteto. A arquitetura subterrânea se realiza quando apropria os vazios escavados como canais de diálogo entre o subsolo e a diversidade biológica existente na superfície: vegetação, estações climáticas, dia, noite. O projeto deve começar a partir dos acessos, da ligação da superfície com o subsolo, ou seja, das *portas de entrada*.

A percepção de estar no subsolo frequentemente estimula associações e imagens negativas pela condição de se estar em um espaço confinado; a inexistência de janelas, tanto em edificações na superfície como no subsolo, contribui para a maioria das atitudes e associações negativas, como claustrofobia. Adicionalmente, espaços subterrâneos estimulam uma série de atributos que não estão diretamente associados à ausência de janelas, como desorientação, frio, alta umidade, escassa ventilação, perda da segurança e outros, de características culturais e locais (Carmody & Sterling, 1993).

Todavia, o projeto de arquitetura deve considerar, especialmente nos estudos iniciais, a característica principal de uma obra subterrânea: a irreversibilidade volumétrica. Dessa maneira, a arbitrariedade do traçado que desconsidera as restrições do meio circundante deve ser minimizada. Assim, na condição de fornecer critérios que balizem a concepção de edificações subterrâneas, reuniram-se os aspectos apontados por Golany (1986), Sterling (1979, 1981), Carmody & Sterling (1993), Wells (1997), Wines (2000), Roy (2006) e, na sua maior parte, presentes nos diversos usos de edificações subterrâneas: residencial, hospitalar, educacional, comercial, transporte urbano, passagens de pedestres, lazer e entretenimento. Não se trata, portanto esse capítulo, de um catálogo contendo soluções exclusivas para projetos subterrâneos, pois vários dos critérios enumerados são válidos também para as circunstâncias da superfície. Os dados coletados nas referências mencionadas anteriormente foram transformados nas categorias discriminadas nos itens de 6.1 a 6.6 e incorporadas nos projetos subterrâneos do METRÔ-DF no Plano Piloto de Brasília (2008-2009).

### 6.3.1 Condicionantes Físicos

1. Espaços destinados ao uso público devem ser largos e ter pé direito alto o suficiente para estabelecer o sentimento de conforto e eliminar a sensação de confinamento (figuras 83 e 84);

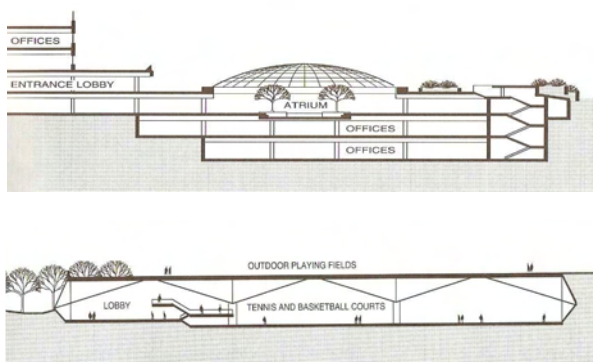


Figura 83 Esquema típico de um edifício multifuncional  
Fonte: Carmody & Sterling (1993)



Figura 84 Estação multimodal – Paris (Charles de Gaulle)  
Fonte: Arquivo pessoal (2007)

2. A utilização de cor é um elemento essencial para diversificar a percepção do espaço, influenciando diretamente no humor das pessoas. As tonalidades devem ser claras e preferencialmente sobre superfícies brilhantes ou polidas, sendo importante o predomínio da cor branca (figuras 85 e 86);



Figura 85 Passagem Subterrânea – Metrô Paris  
Fonte: Arquivo pessoal (2007)



Figura 86 Capadócia - Turquia  
Fonte: Erdem & Erdem (2005)

Especial atenção deve ser dispensada aos elementos que definem a transição entre superfície, subsolo, interior e exterior. Quaisquer elementos associados ao mito negativo do subsolo, tais como escuridão, enclausuramento e umidade excessiva, devem ser eliminados (figuras 87, 88, 89 e 90);

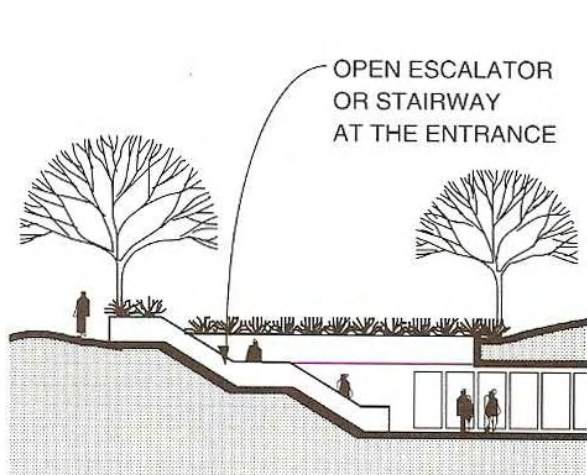


Figura 87 Corte esquemático – transição superfície subsolo  
Fonte: Carmody & Sterling (1993)

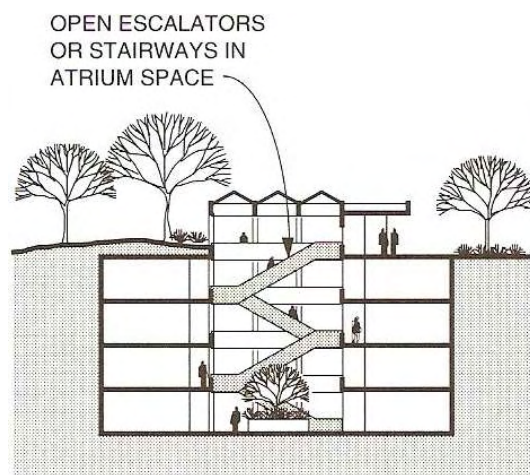


Figura 88 Corte esquemático – transição superfície subsolo  
Fonte: Carmody & Sterling (1993)

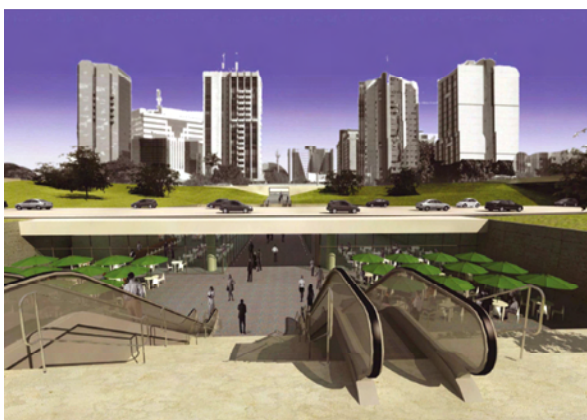


Figura 89 Proposta ligação subterrânea Asa Norte, Brasília  
Fonte: Jaime Lerner Arquitetura (2007)

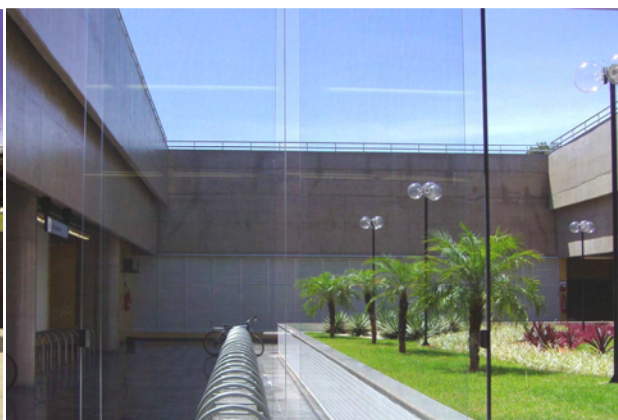


Figura 90 Acesso intermediário ao metrô, Asa Sul, Brasília  
Fonte: METRÔ-DF (2007)

3. A cobertura e a marcação da entrada para o subsolo devem ser ascendentes de maneira a minimizar, ou mesmo eliminar, a sensação de claustrofobia em função do enterramento natural da estrutura. Ao se optar por soluções descendentes, deve-se utilizar materiais transparentes ou translúcidos (figuras 91 e 92);





Figura 93 Proposta de acesso a passagens subterrâneas  
Setor Comercial Sul, Brasília  
Fonte: Jaime Lerner Arquitetura (2007)

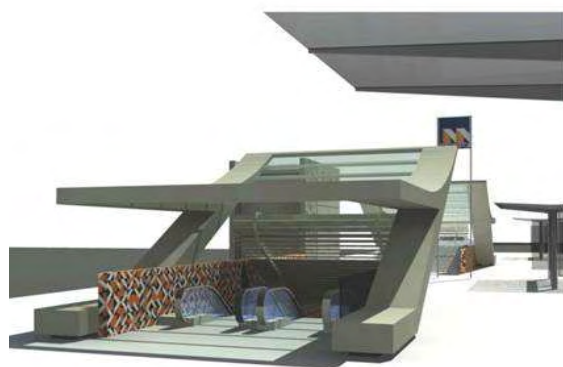


Figura 94 Proposta de acesso a passagens subterrâneas  
Setor Comercial Sul, Brasília  
Fonte: TEN/METRÔ-DF (2007)

4. Se possível, as portas de saída devem ser facilmente visíveis. Tal contato traz para o interior do subsolo o ciclo da natureza e estabelece o relacionamento entre o usuário do subsolo e o meio ambiente na superfície (figuras 93 e 94);



Figura 95 Passagem METRÔ-DF  
Fonte: Arquivo pessoal (2009)

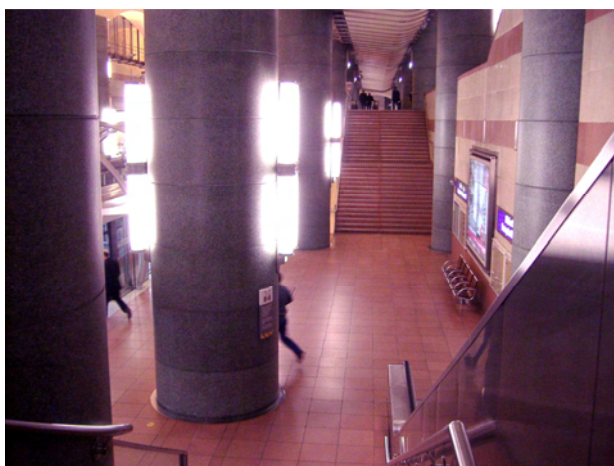


Figura 96 Estação metrô Paris  
Fonte: Arquivo pessoal (2007)

5. A vegetação deve ser introduzida no espaço subterrâneo, especialmente por meio de espécies que não requerem luz direta (figuras 95 e 96);

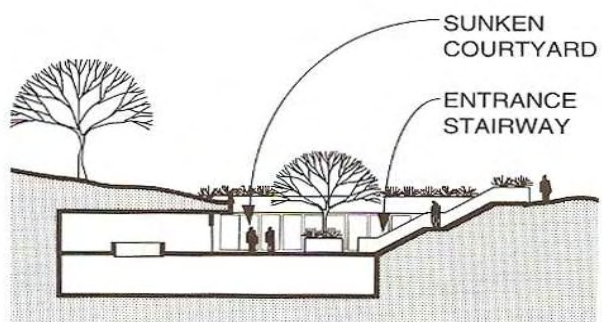


Figura 95 Corte esquemático – vegetação x iluminação  
Fonte: Carmody & Sterling (1993)



Figura 96 Acesso Intermediário METRÔ\_DF  
Fonte: Autora (2009)

6. Outro recurso que pode ser incorporado é a utilização de efeitos visuais pelo emprego da luz (figuras 97, 98, 99 e 100);

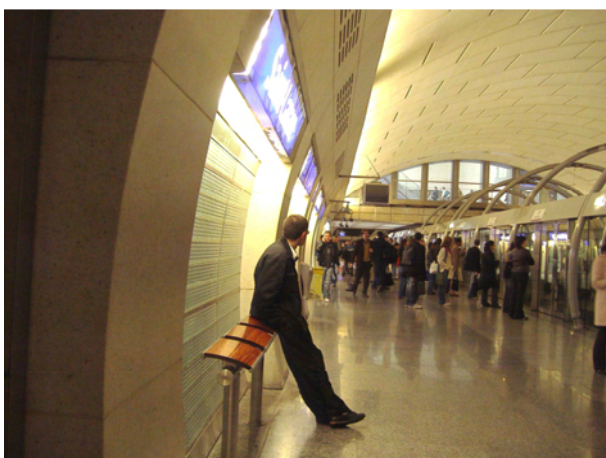


Figura 97 Metrô, Paris  
Fonte: Arquivo pessoal (2007)

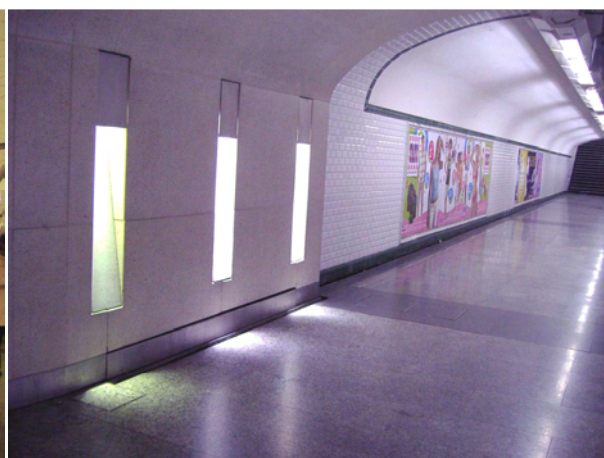


Figura 98 Metrô, Paris  
Fonte: Arquivo pessoal (2007)

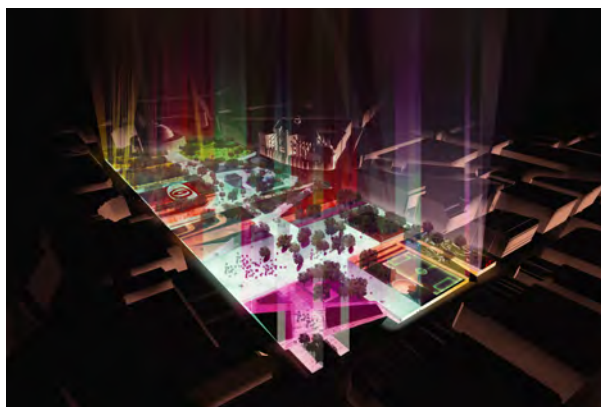


Figura 99 O Vitral, Les Halles, Paris  
Fonte: MVRDV (2004)



Figura 100 Metrô, Paris  
Fonte: Arquivo pessoal (2009)

7. A circulação de ar é um importante elemento a ser considerado no projeto do espaço subterrâneo para a saúde e a higiene. A sensação do movimento do ar é, também, necessária para estabelecer um contato subliminar com a superfície (figuras 101e 102);



Figura 101 Passagem subterrânea junto ao metrô, Asa Sul, Brasília  
Fonte: Arquivo pessoal (2009)



Figura102 Abertura visual no sentido da pressão do ar, Paris  
Fonte: Arquivo pessoal (2007)

8. O projeto de um espaço público subterrâneo demanda a formação de uma equipe interdisciplinar, em vez da tradicional interação engenheiro-arquiteto simplesmente.

### 6.3.2 ACESSOS EXTERNOS

1. A edificação ou o elemento de cobertura do acesso deve possuir uma imagem destacada, principalmente se relacionada ao sistema de transporte de massa. Os limites e os elementos visíveis da arquitetura devem estar articulados como forma de evidenciar a localização e a extensão da edificação (figuras 103 e 104);

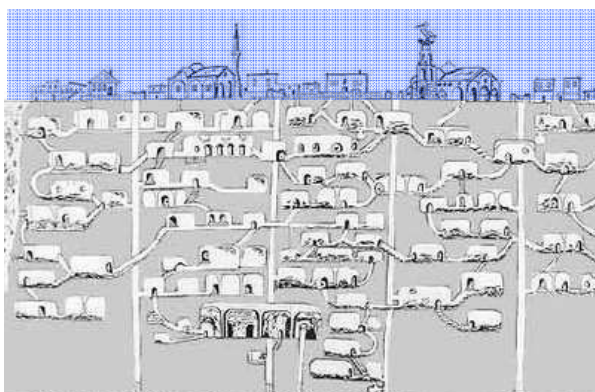


Figura 103 Capadócia, Turquia  
Fonte: Erdem & Erdem (2005)

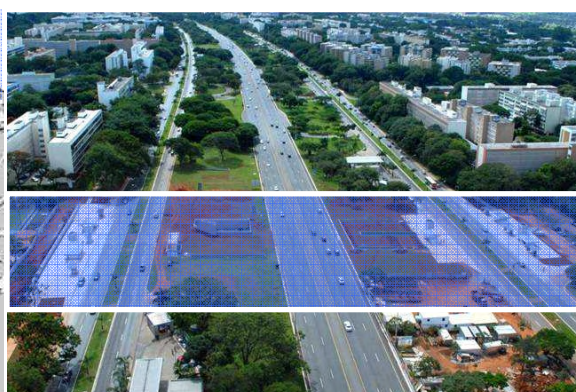


Figura 104 Polígono ocupação subsolo – Asa Sul, Brasília  
Fonte: Arquivo METRÔ-DF (2008)

2. Elementos secundários, destinados aos serviços (poços de ventilação, portas corta-fogo, dutos), não devem conformar a imagem dominante da edificação subterrânea, mesmo que ela esteja afastada do nível do acesso. As entradas para pedestre devem ficar separadas das demais entradas tanto quanto possível, seja por critérios de segurança, seja por motivos funcionais, principalmente em situações em que não devam ocorrer a integração operacional e a interseção funcional de usos (figuras 105 e 106);

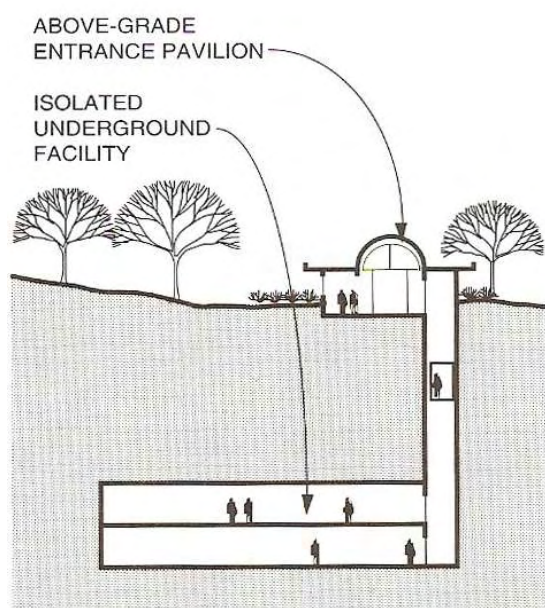


Figura 105 Acesso deslocado da edificação subterrânea  
Fonte: Carmody & Sterling (1993)



Figura 106 Acesso ao subsolo metrô/passagens/comércio, Asa Sul, Brasília  
Fonte: Arquivo pessoal (2009)

3. Todas as entradas devem ser claras e legíveis de tal forma que possam ser reconhecidas e visíveis ao longo dos principais caminhos de aproximação (figuras 107 e 108);



Figura 107 ligação transversal - Eixo Monumental, Brasília  
Fonte: Jaime Lerner Arquitetura (2007)



Figura 108 Acessos ocupação subterrânea – SCS, Brasília  
Fonte: Jaime Lerner Arquitetura (2007)

4. As entradas devem fornecer uma variedade e complexidade de elementos precisamente nos pontos de acesso, estimulando assim a experiência do espaço subterrâneo a partir da curiosidade (figuras 109 e 110);



Figura 109 Projeto Ground Zero, Nova York  
Fonte: Arquivo pessoal (2005)



Figura 110 Acesso a complexo multifuncional e metrô, Toronto  
Fonte: Arquivo pessoal (1998)

5. Quando a construção ou o espaço subterrâneo é acessado através de edificações adjacentes, situadas na superfície ou no subsolo, deve haver uma entrada ou demarcação distinta nos pontos onde as pessoas circulam (figuras 111 e 112);



Figura 111 Montreal, acessos a universidade, restaurante, café e passagem para pedestres  
Fonte: Arquivo pessoal (2007)

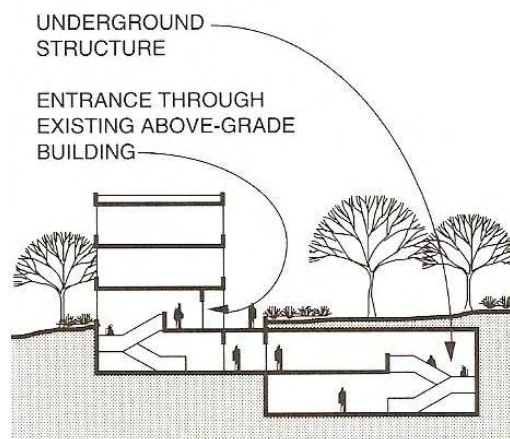


Figura 112 Esquema acesso ao subsolo  
Fonte: Carmody & Sterling (1993)

6. A transição entre os níveis deve contemplar uma composição diferenciada à medida que se desce para pavimentos mais profundos, permitindo, preferencialmente, uma visão abrangente e ampla do interior da edificação (figuras 113 e 114);



Figura 113 Complexo multifuncional, Montreal  
Fonte: Arquivo pessoal (2007)

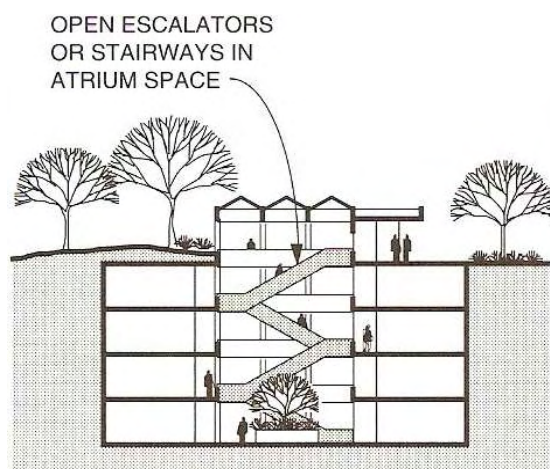


Figura 114 Corte esquemático transição níveis no subsolo  
Fonte: Carmody & Sterling (1993)

7. A área de entrada para acesso ao subsolo e à circulação vertical deve ser espaçosa e bem iluminada (figura 115);

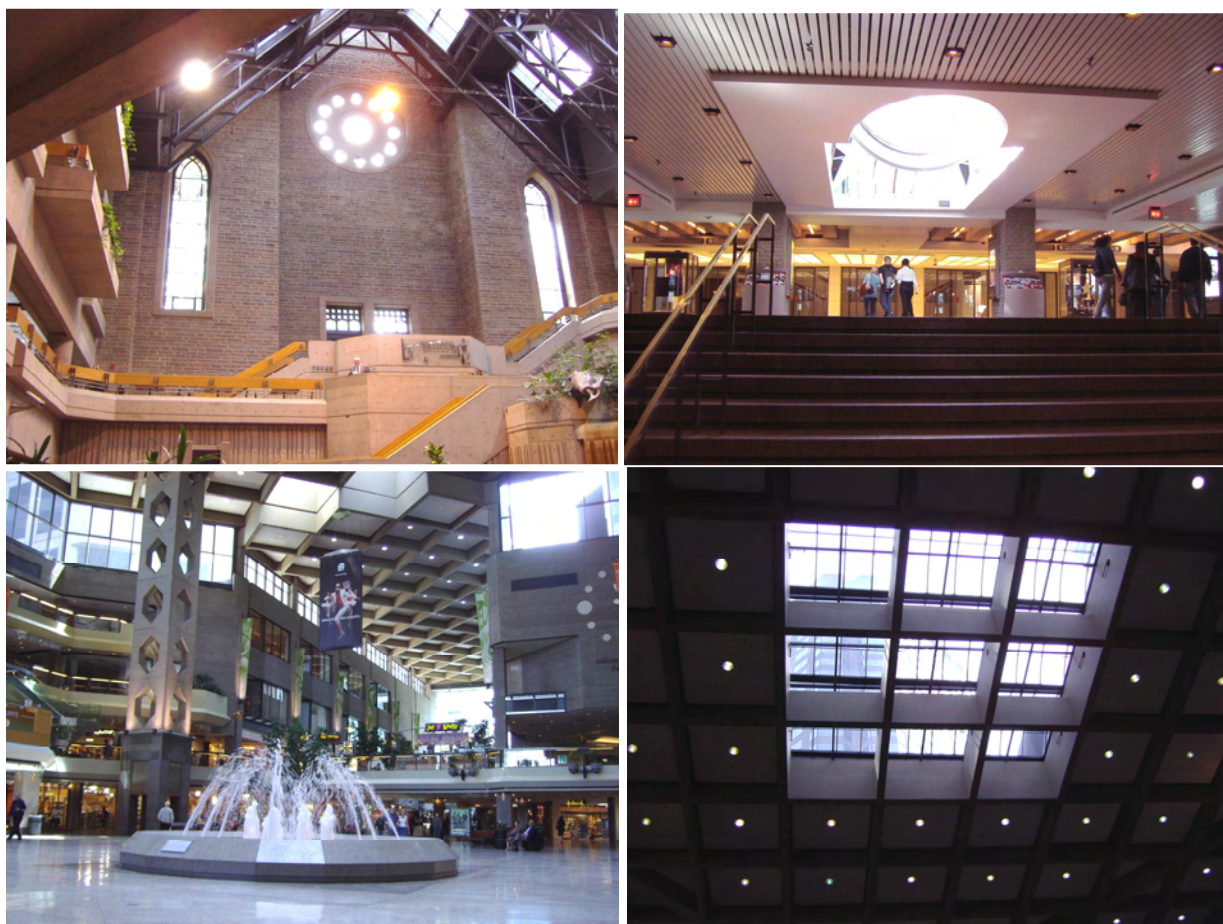
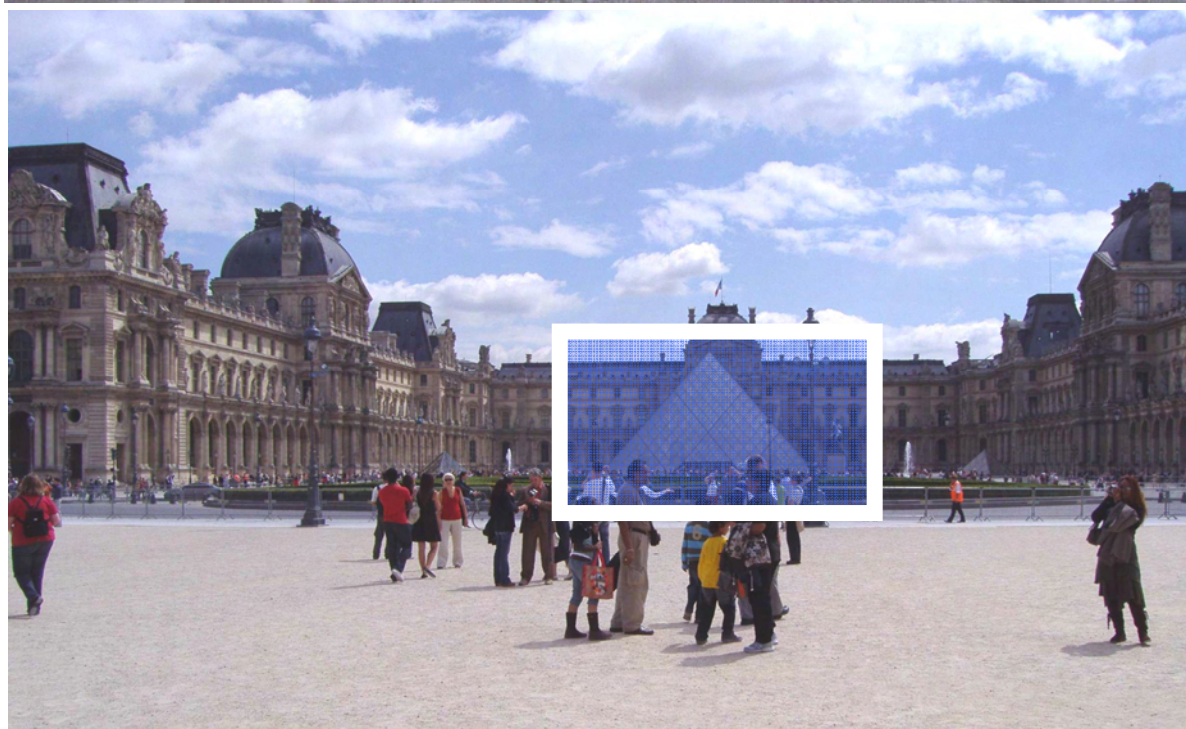
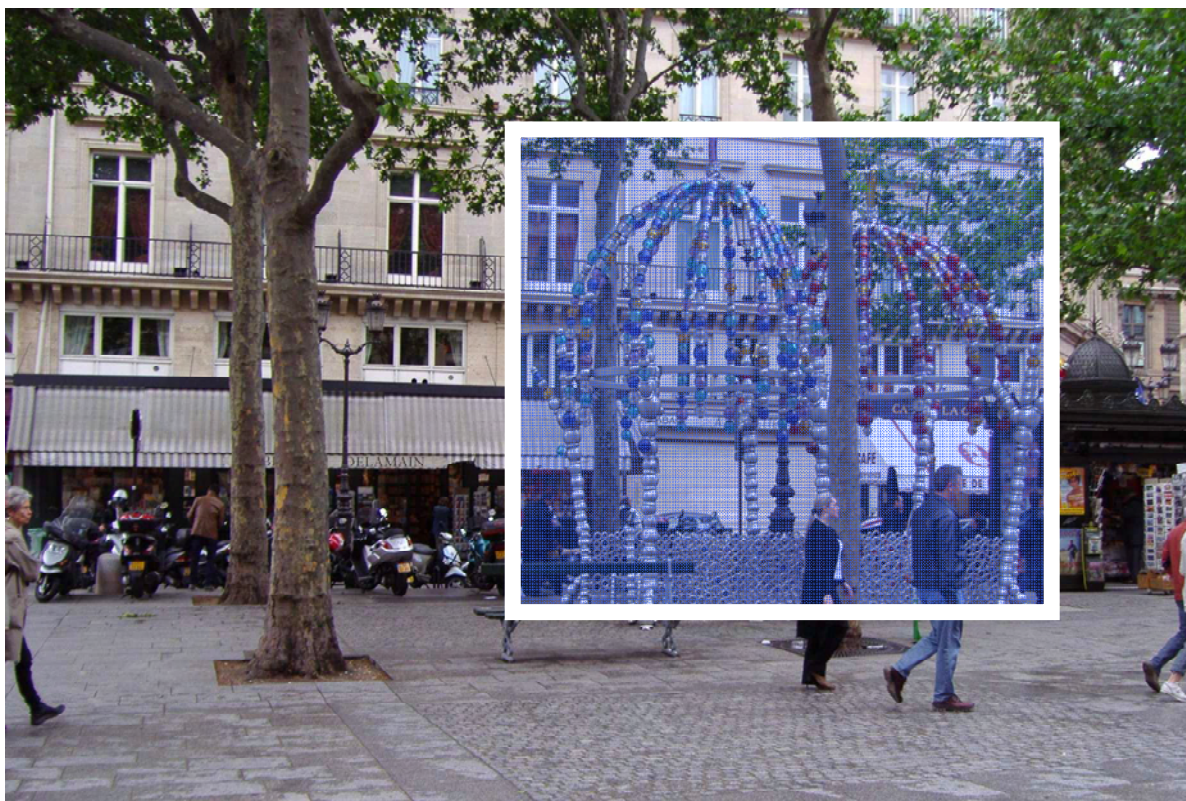


Figura 115 Acessos Ville Interieure, Montreal  
Fonte: Arquivo pessoal (2007)

8. A entrada para o subsolo deve ser utilizada para estabelecer uma conexão visual entre a superfície externa e o interior da edificação (figuras 116-a e 116-b).



Figuras 116-a e 116-b Entradas para o subsolo: metrô e museu, Paris  
Fonte: Arquivo pessoal (2007)

### 6.3.3 Distribuição Interna

1. O *layout* interior deve ser de fácil entendimento e orientação, assim como as rotas de emergência;



2. O espaço deve ser arranjado para criar uma imagem distinta da edificação, de forma a compensar a perda da imagem exterior;
3. O layout deve ser desenvolvido para obter uma configuração espacial que contribua para estimular os sentidos, de forma a compensar a ausência de janelas. Os ambientes devem ser concebidos para estimular tanto as pessoas que permanecem e ocupam o espaço subterrâneo como aquelas que simplesmente circulam por ele;
4. As conexões visuais entre os ambientes externo e interno devem ser favorecidas sempre que possível;
5. Os espaços e a circulação da edificação devem provocar um sentimento de amplidão, fornecendo perspectivas amplas, com visões estendidas do interior, tanto quanto possível e mediante a definição do tamanho e da forma do ambiente;
6. Os espaços devem ser arranjados para fornecer privacidade suficiente ao desempenho da atividade para a qual eles se destinam;
7. Devem ser empregadas orientações táteis, com uso diferenciado de cor, ao longo dos principais eixos de deslocamento e nas circulações verticais, como escadas, rampas e elevadores, além de mecanismos de apoio à acessibilidade, usualmente inexistentes em calçadas na superfície (figuras 117 e 118).

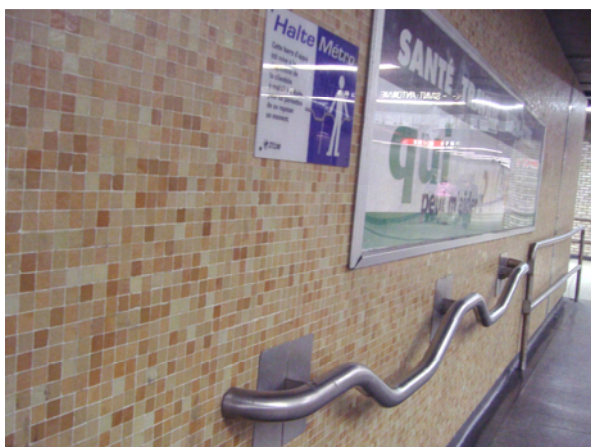


Figura 117 Passagem para pedestre, Montreal  
Fonte:Arquivo pessoal (2007)



Figura 118 Passagem para pedestre, Asa Sul, Brasília  
Fonte:Arquivo pessoal (2009)

### 6.3.4 Conexões Internas

1. O ambiente interno deve ser estimulante como forma de compensar a ausência de janelas. O estímulo deve ocorrer pela variação, integração e balanceamento, evitando sempre o excesso de estímulos;
2. As conexões com o exterior, o “mundo da superfície”, devem ser privilegiadas;
3. O espaço subterrâneo deve favorecer a sensação de amplitude;
4. Ar fresco, renovado, e conforto térmico devem ser garantidos;
5. Revestimentos e materiais de alta qualidade devem ser especificados para compensar o *status* negativo associado ao espaço subterrâneo;
6. Um sistema simples e atrativo de símbolos e mapas pode ser providenciado para facilitar a orientação em extensas conexões subterrâneas.

### 6.3.5 Iluminação

1. Meios apropriados de iluminação devem ser proporcionados para oferecer clareza visual, facilitar todas as atividades e evitar associação com a escuridão do subsolo;
2. A luz natural deve ser fornecida sempre que possível;
3. Sistemas de iluminação artificial devem ser projetados para simular as características da iluminação natural;
4. Deve-se maximizar a iluminação nas entradas a fim de evocar a sensação de amplitude;
5. A iluminação deve ser adotada como forma de criar estímulos, de provocar a sensação de pertencer a um ambiente variado. Padrões de iluminação auxiliam a definir e reforçar domínios sociais.

### 6.3.6 Segurança

1. A edificação deve ser resistente ao fogo;
2. Depósitos de materiais combustíveis não devem ficar próximos de áreas ocupadas por seres vivos;
3. Sistemas para a detecção precoce de emergências e sistemas de alarme equipados com informações direcionais para os ocupantes dos espaços devem ser obrigatórios;
4. Deve-se prever mecanismos e adotar dimensionamentos dos espaços de tal forma que, em caso de incêndio e sinistros, a fumaça seja removida, suprimida ou extinta o mais rápido possível;
5. O projeto de arquitetura deve favorecer a rápida e segura evacuação das pessoas de áreas de atividades de risco para áreas de segurança.

### SÍNTESE DO CAPÍTULO

Longe de ser caracterizado como um manual de “boas práticas”, esse capítulo sintetiza a produção de uma arquitetura subterrânea similar àquela existente na superfície quanto aos seus critérios de segurança e conforto. Além desses, destacou como acontece a ênfase plástica da arquitetura subterrânea: nos elementos que marcam os limites entre visível e invisível, entre a superfície e o subsolo. Intencionalmente, foram selecionados exemplos construídos, com exceção de dois casos: o projeto (em construção) do Ground Zero, em Nova York, o recente concurso de projetos para o distrito de Les Halles, em Paris e as propostas de ocupação do subsolo do Plano Piloto, em Brasília. Ambas se justificam pelo interesse em acompanhar a evolução do uso e da ocupação do solo em cidades emblemáticas para o urbanismo subterrâneo.

## 7. CONCLUSÕES

A natureza e não a humanidade é a autora das primeiras criações subterrâneas, pois as grutas e as cavernas são os resultados da ação da chuva, dos rios e dos mares, e a necessidade vital de sobrevivência é que empurrou o homem para estas cavidades naturais, como forma de encontrar proteção contra as intempéries e os predadores. Sem dúvida, a sobrevivência da espécie humana se deve, de certa forma, à existência destes habitats naturais. As moradias do ser humano nas cavernas foram importantes marcos no uso do espaço subterrâneo para a humanidade, pois é devido a este fato que a utilização do subsolo passa a ser intencional e ativa, até mesmo como um meio deliberadamente escolhido para a expressão artística, como nas Grutas de Lascaux, em Montignac, na França.

A busca do desenvolvimento sustentável, as possíveis alterações climáticas, a dimensão social da mobilidade e o impacto dos sistemas de transporte no desenvolvimento urbano estimulam os planejadores a pensar no uso e na ocupação ética do solo, sem, porém, se limitar à dimensão utilitarista. Pode parecer claro, agora, o argumento de que o espaço urbano planejado e projetado se expresse em decorrência de preferências utilitaristas, apesar de não ser mencionado neste contexto. A maneira como cada um interpreta e adota critérios utilitaristas decorre de valores morais, seja da pessoa, em suas decisões privadas, como nas instituições públicas, pelas decisões legitimadas em consenso e formalizadas em contratos. Não há como negar, também, que o solo é um bem, um recurso comum e natural, requerendo, por isso, uma reflexão ética para subsidiar decisões que se sobreponham a argumentos morais, que, no caso do urbanismo, se revela no culturalismo, progressismo, racionalismo, empirismo, modernismo, dentre vários modelos teóricos, que não devem ser os fundamentos para as decisões das instituições públicas.

Frequentemente, os benefícios trazidos pelo planejamento antecipado do subsolo não são monetarizados. A ampliação da capacidade de uso do subsolo urbano demanda um investimento inicial menor ao se criar uma nova superfície sobre o nível existente na superfície, proporcionando a separação de usos e serviços e economizando os custos necessários à escavação e às contenções laterais do solo, como sugerido, em 1908, por Hénard

para a cidade de Paris. Embora o conceito tenha limitada aplicabilidade a áreas urbanas existentes, ele pode ser adotado no desenvolvimento de novas cidades ou de novas zonas urbanas. As redes de infra-estrutura da área de *La Défense*, em Paris, são exemplos da criação de uma plataforma para pedestre acima da cota original da superfície, servindo como um novo nível para as construções, e o antigo como um “subsolo artificial”. Entretanto, mesmo Hénard (1911) já advogava ser esta uma solução paliativa, desejável em certas circunstâncias urbanas, pois a escavação subterrânea exigia um domínio tecnológico ainda não conhecido, mas que ele julgava próximo.

Em muitos casos, a opção pela utilização do espaço subterrâneo resulta de uma restrição ou impedimento para a ocupação do espaço da superfície. Assim, o uso e a ocupação do espaço subterrâneo permitem que uma atividade seja projetada para existir em uma locação onde não seria permitida ou possível ocorrer na superfície, seja por restrições legais, da comunidade ou mesmo pela indisponibilidade de áreas livres. Há inúmeros exemplos de atividades que são preferencialmente abrigadas no subsolo ao invés de estarem na superfície, tais como: centros comerciais, empreendimentos para entretenimentos e diversões fechadas, como cinemas, danceterias, casas de show e teatros, redes de serviços públicos, hipermercados, laboratórios, bibliotecas e arquivos públicos, estoques de materiais, estacionamentos públicos, terminais de transporte de massa e *data centers*.

A necessidade de separar os diferentes tipos de transporte motorizado e, de outro lado, de propiciar a direta e rápida conexão entre eles é outra demanda em que a opção pelo subsolo é mais justa quando comparada com a superfície. A concentração e a distribuição de pedestres no entorno de estações de metrô e trens e de integração entre eles e os ônibus, são exemplos desse tipo de necessidade. A separação dos corredores de transporte, geralmente por tipos de sistema, é operacionalmente desejável, podendo ser obtida, no subsolo, pela implantação de um único corredor, em diferentes níveis, da superfície para o subsolo, gerando menos impactos nas comunidades lindeiras, pois evita o alargamento das vias, a retirada de cobertura vegetal, libera o uso do solo na superfície para atividades mais nobres do que a circulação motorizada e diminui as distâncias existentes na superfície.

A solução no subsolo permite, também, que novas construções subterrâneas sejam implantadas em condições de proximidade de outras, já existentes, e sem interferir na paisagem, o que não seria possível com uma solução na superfície ou aérea. Assim, ao invés de oferecer um serviço distante da origem da necessidade/demanda, por qualquer indisponibilidade na superfície, ele passa a existir na localidade onde se faz necessário ou

conveniente por razões sociais, históricas e políticas, o que resulta em uma série de benefícios para os mais desfavorecidos e de economias para o Estado.

A noção de “cidades compactas” combina com o conceito de autonomia, mas não implica, necessariamente, na existência de arranha-céus. Os benefícios das cidades compactas decorrem principalmente da redução da demanda de utilizar veículos motorizados que poluem e consomem espaço público, além de induzirem o aumento das distâncias na superfície, favorecendo o desperdício de tempo nos deslocamentos diários obrigatórios. O gosto dispendioso dos proprietários de carros particulares exige, em média, um terço da área de uma cidade. Por isso, as cidades compactas utilizam menos energia do que as cidades espalhadas, mesmo considerando as diferenças de clima e de topografia. Serviços como educação, saúde, emergências e outros essenciais à sociedade são ofertados a um custo menor do que nas cidades espalhadas em função das distâncias para transporte de pessoas, mercadorias e serviços. Outro grande problema é o custo de execução e de manutenção da infraestrutura para eletricidade, água potável e esgoto que numa cidade estendida ao longo da superfície e ou de baixa densidade é mais elevado do que na cidade compacta. Porém, na maior parte das vezes, ao se tratar de cidades compactas considera-se impositivo o adensamento vertical acima da superfície do solo, sendo esta alternativa impactante na mesma medida energética dos modelos espalhados de baixa densidade.

O ideal é utilizar o zoneamento como um instrumento para garantir a diversidade de imóveis numa rua, ou numa quadra. Assim, além de prédios residenciais, seria necessária a presença, nesses locais, de imóveis comerciais. Contudo, uma vez estabelecida a possibilidade de maiores aproveitamentos dos terrenos, o mercado se encarregaria, como o faz normalmente, de explorar o potencial comercial existente nas ruas. O importante é assegurar que seja possível esta diversidade, e que ocorra o aumento do potencial para o comércio e serviços em áreas de localização privilegiada, mas sem consumir porções consideráveis do solo da superfície, implicando em distanciar as áreas residenciais do centro da cidade, onde geralmente se localizam os postos de trabalho.

A mais importante consideração, ao se escolher construir no subsolo, é a localização. Não é questão de preferir entre construir algo no subsolo ou na superfície para um mesmo local, mas em avaliar opções de localização. Ainda assim, é critério fundamental avaliar se a importância da localização da atividade em área central da cidade, ou seja, se ao afastá-la desta condição, seu principal fim deixa de ser alcançado e, pior, se provoca o surgimento de

uma série de demandas correlatas que merecerão soluções com custos associados, atribuindo penalidades dificilmente superáveis para a parcela pobre da população.

Tanto faz que o objeto de transporte seja um carro, um trem, um cavalo<sup>125</sup>, uma moto ou uma bicicleta ocupando o solo, pois, na medida em que são poucos, as diferenças e desigualdades não são visíveis. Todavia, ao se tornarem milhares, disputando a mesma fatia de solo, o conflito da escassez do solo natural em face dos aumentos de população e de consumo renasce potente, e não se poderá, novamente, recorrer a argumentos baseados na tecnologia dos objetos de transporte para esclarecê-lo. Os conflitos, desperdícios e injustiças do congestionamento do trânsito nas cidades não foram resolvidos, exceto durante as duas guerras mundiais, e a ineficiência das vias subterrâneas para o transporte coletivo, independentemente da tecnologia do veículo, ainda não foi demonstrada.

Por vários aspectos, a multifuncionalidade urbana está associada à complexidade, ao requerer abordagens interdisciplinares e pluridisciplinares, e a conflitos, como o desenvolvimento econômico e a diminuição das desigualdades sociais, por exemplo. O uso e a ocupação do subsolo são um fato da história humana e seus benefícios e limitações só podem ser verificados caso se torne uma peça chave no pensamento dos planejadores urbanos e em campo específico de pesquisa. Todavia, no curto prazo, o aumento do valor do subsolo em Paris nos últimos dez anos (Duffaut et al., 1996, 1997; Duffaut, 2007) demonstra a necessidade de regulamentar antecipadamente a propriedade do subsolo no contexto urbano, pois o custo das obras públicas no subsolo das cidades, como, por exemplo, os metrô, tem aumentado, em função das omissões dos planos diretores de uso e ocupação do solo e, por consequência, da ausência de positivação de normas no direito urbanístico.

Os planejadores urbanos não se interessam pelo espaço subterrâneo, e uma das razões é, provavelmente, que a maioria deles ainda pensa no aproveitamento do subsolo como um desafio técnico para a engenharia, e não estão preparados para raciocinar de forma diferente, já que não existe curso relacionado ao assunto no Brasil. Uma outra razão é o plano diretor, que é a principal ferramenta do planejador da cidade, pois ele ainda é um instrumento pobremente adaptado ao urbanismo tridimensional, caso se deseje levar em conta, em toda a sua plenitude, as profundidades e as rotas da cidade. Do ponto de vista da criação, projetar no subsolo significa criar espaços vazios através de escavações, enquanto na superfície se preenche os espaços através de massas. As soluções no subsolo são frequentemente o oposto

---

<sup>125</sup> O cavalo é meio de tração e locomoção em diversas cidades brasileiras, como Brasília.

daquelas na superfície, o que implicitamente acaba por desqualificá-las.

Uma hierarquia coerente de tipos arquitetônicos, de tipo de ruas e de espaços públicos com uma distinção clara entre edifícios de primeiro plano, na superfície, e edifícios de segundo plano, no subsolo, pode resolver e tornar legível a complexa mistura dos usos do solo e das funções que as cidades sempre tiveram. Assim, a tentativa de fornecer respostas úteis para problemas práticos decorrentes da intenção de usar e ocupar o subsolo urbano deriva do entendimento dos dilemas a respeito da exploração de um recurso comum como o solo. A discriminação de condições e diretrizes para o planejamento e projeto subterrâneos esclarece alterações nas relações tradicionais do edifício com o solo das seguintes maneiras:

- Na implantação, ou seja, na relação tradicional entre o edifício e o solo aparece nova categoria plástica, similar ao sistema operativo topográfico, ao invés da aceitação do solo como algo delimitado, estável, horizontal, determinado e homogêneo, ou seja, uma plataforma (base) e um sítio;
- Nas técnicas, isto é, no domínio do solo como matéria-prima da composição (material). Exige a redefinição e a criação de uma série de técnicas, ou seja, de uma nova disciplina aplicada ao solo, tal como a geotecnia na engenharia, por exemplo. Domínio que permitirá ao arquiteto manipular o solo tridimensionalmente, transformando-o em elemento dotado de expressão e linguagem próprias;
- Na plástica, pois a ambigüidade passa a ser uma constante e o eixo condutor da composição: entre a superfície e o subsolo, entre a luz e a penumbra, entre a bidimensionalidade e a tridimensionalidade, entre solo e a figura arquitetônica. O entorno imediato da superfície já não é a única envolvente do espaço, e é exigido o domínio de operações aditivas, no espaço da superfície, e subtrativas, no espaço do subsolo, ou seja, a ambigüidade entre solo e envolvente. Ao invés de contrapor os elementos de maneira usual, surge uma indeterminação entre eles;
- Na escala, uma vez que a arquitetura já não se apresenta como uma entidade vertical e ativa, construída sobre a superfície plana do solo, mas horizontal e passiva. O solo se converte em uma superfície ativa, um plano previamente construído de onde a arquitetura emerge como uma criatura improvável e



flutuante, onde as relações de escala se operam por meio de vazios, luzes, planos e materiais.

O urbanismo subterrâneo, tridimensional, é opção para encurtar as distâncias dos deslocamentos obrigatórios; não é mais caro do que o urbanismo bidimensional, não é o lugar só para os mortos e para arquivo morto (depósito de coisas fora de uso); não é um lugar que expõe os seres humanos a riscos não calculados; não é mais insalubre do que a superfície; não é opção apenas para locais de clima severo; não é recurso que admita falta de planejamento; não é lugar que se possa intervir, errar e reverter o erro; não é lugar que aceite excessos do gosto dispendioso do indivíduo; fornece uma condição mais justa para a distribuição dos recursos sociais existentes em uma cidade.

O planejamento do uso e da ocupação do solo predispõe a distribuição dos bens necessários à vida das pessoas na cidade, tais como a saúde, a educação e, principalmente, a medida do tempo. Cada indivíduo tem a sua medida pessoal de uso do tempo, que depende de onde se está e como se desloca, isto é, da sua dimensão de espaço-tempo, e não apenas de veículo-tempo. O cotidiano marcado pelas metáforas das tecnologias da máquina, dos veículos de transporte, induz ao senso de que existe o tempo absoluto, completamente isolado, independente do espaço e subordinado à eficiência operacional da máquina. Porém, a medida de tempo nos espaços públicos é dependente de decisões relacionadas à exploração da superfície do solo, que deveria ser o local preferido para a oferta de moradias, escolas, hospitais, creches e parques, ao invés de *shopping centers*, garagens, centrais de dados, centros de convenções, arquivos públicos, por exemplo.

O urbanismo subterrâneo caracteriza-se por sua geometria tridimensional e quadridimensional ao agregar a medida do tempo à sua estrutura fixa. A medida de tempo na cidade não pode ser exclusivamente a das máquinas móveis, mas das estruturas fixas no solo. É nelas que o planejador deve se concentrar para distribuir com justiça os recursos sociais. A velocidade, a beleza e a eficiência do sistema de transporte decorrem desse pressuposto ético, e não ao contrário. O desperdício de tempo nos deslocamentos diários obrigatórios atinge a todos os habitantes da cidade, mas penaliza desigualmente os mais pobres. Qualquer evento urbano é nascido do espaço-tempo da legislação urbanística do plano diretor que especifica o tempo pelo lugar, simultaneamente.

O urbanismo subterrâneo e a ética do uso e da ocupação do solo no planejamento

urbano demandam estudos e arranjos específicos relacionados à propriedade do subsolo, à proteção dos recursos da superfície, à regulação do direito de construir e de ocupar níveis de solo abaixo da superfície, à definição de normas edilícias para atividades no espaço subterrâneo, à composição de índices para obras subterrâneas, a avaliação de relações de causalidade entre soluções subterrâneas e consumo energético. Todavia, o mais importante aspecto a ser debatido e pesquisado é o da equidade para uma distribuição mais justa dos recursos comuns afetados pelo planejamento urbano, como o solo. Restringir o conhecimento e o discurso do acesso ao solo pelas premissas da casa própria e da acessibilidade ao veículo de transporte obscurece o entendimento de como são originadas as injustiças que fazem nascer impedimentos dificilmente superáveis nas vidas das pessoas pobres, como o desperdício de tempo. A desigualdade com que o tempo é ofertado à população de uma cidade, através de um plano diretor, não é decorrente, em sua origem, da capacidade de carregamento e da velocidade de um veículo de transporte.

Não há porque continuar insistindo na argumentação da supremacia inquestionável do transporte coletivo, limpo e bonito, sobre o individual como alternativa à diminuição das iniquidades. É uma tese que não se sustenta ao longo do tempo se estiver fundamentada na exploração massiva da superfície do solo, pois ela acaba por não resolver aquilo que se propôs a solucionar, o problema do tempo para vencer as distâncias onde se localizam os bens e as oportunidades, isto é, os recursos sociais disponíveis para o bem viver. A oferta relativa do tempo é dependente, isto sim, do uso e da ocupação do solo em suas três dimensões, mediante a estruturação de eixos urbanos tridimensionais de transporte: aéreo, na superfície e subterrâneo.

## REFERÊNCIAS

- Acsehrad, H., 2001. Sentidos da Sustentabilidade Urbana. *In: A duração das cidades: sustentabilidade e risco nas políticas urbanas*. Rio de Janeiro: DP&A, 240 p.
- Akyama, Y., 2006. *Valor do direito de superfície: orientação para construção dos contratos de concessão*. Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- Alouche, P.L., 2008. VLT: um transporte moderno, sustentável e urbanisticamente correto para as cidades brasileiras. *Revista dos Transportes Públicos - ANTP*, (118), 35-44 p.
- Alves, M.S., 1967. *A civilização do café (1820-1920)*, São Paulo: Brasiliense .
- Alves, P.C., 2009. *Cartografia Geotécnica para Obras Subterrâneas: Condições de Construções de Garagens Subterrâneas e Metrô no Plano Piloto de Brasília*. Mestrado. Universidade de Brasília.
- ANTP, 1999. O transporte na cidade do século 21. , (84), 7-48 p.
- Archer, C. & Parré, A., 2005. *Paris Underground* First Edition., New Jersey USA: Mark Batty Publisher.
- Arcosanti, 2009. Disponível em <http://www.arcosanti.org>
- Arendt, H., 2005. *A condição humana* 10 ed., Rio de Janeiro: Forense Universitária.
- Assis, A., 2000. *Riscos Geológicos em Obras Subterrâneas* Mesa Redonda, Comitê Brasileiro de Túneis. São Paulo.
- \_\_\_\_\_. 2005. *Subterrâneo pouco explorado*. Artigo 18 , Brasília DF: UnB Agência.
- \_\_\_\_\_. 2006a. *Desenvolvimento da Engenharia de Túneis: Disciplina Obras Subterrâneas*. Notas de Aula. Pós-Graduação em Geotecnia. Faculdade de Tecnologia. Universidade de Brasília. Brasília DF
- \_\_\_\_\_. 2006b. *Métodos Construtivos de Túneis em solo - Trincheiras, Valas, Túneis Imersos e Flutuantes: Disciplina Obras Subterrâneas*. Notas de Aula. Pós-Graduação em Geotecnia. Faculdade de Tecnologia. Universidade de Brasília.
- \_\_\_\_\_. 2006c. *Modernas Tecnologias da Engenharia de Túneis*. In: Poços de Caldas: PUC Minas.
- \_\_\_\_\_. 2006d. *Modernas Tecnologias de Engenharia de Túneis*. In: *XV Semana de Engenharia Civil da PUC Minas*. Poços de Caldas: PUC Minas.
- \_\_\_\_\_. 2006e. *Obras Subterrâneas: métodos construtivos de túneis em rocha: Disciplina Obras Subterrâneas*. Notas de Aula. Pós-Graduação em Geotecnia. Faculdade de Tecnologia. Universidade de Brasília.

- \_\_\_\_\_. 2006f. *Obras Subterrâneas: tensões naturais e induzidas*, Brasília DF: Disciplina Obras Subterrâneas. Notas de Aula. Pós-Graduação em Geotecnia. Faculdade de Tecnologia. Universidade de Brasília.
- \_\_\_\_\_. 2006g. *Princípios Modernos de Túneis, Elementos de Projeto e Construção*: Disciplina Obras Subterrâneas. Notas de Aula. Pós-Graduação em Geotecnia. Faculdade de Tecnologia. Universidade de Brasília.
- \_\_\_\_\_. 2006h. *Projeto, Construção e Comportamento de Estruturas Subterrâneas em Solos Colapsíveis*: Disciplina Obras Subterrâneas. Notas de Aula. Pós-Graduação em Geotecnia. Faculdade de Tecnologia. Universidade de Brasília.
- \_\_\_\_\_. 2006i. *Tensões e Deformações Induzidas*: Disciplina Obras Subterrâneas. Notas de Aula. Pós-Graduação em Geotecnia. Faculdade de Tecnologia. Universidade de Brasília.
- \_\_\_\_\_. 2006j. *Tensões Induzidas*: Disciplina Obras Subterrâneas. Notas de Aula. Pós-Graduação em Geotecnia. Faculdade de Tecnologia. Universidade de Brasília.
- \_\_\_\_\_. 2006k. *Subterrâneo em revista 2006 ed.*, São Paulo: Ed. Pini.
- \_\_\_\_\_. 2007. Comentários ao Projeto de Qualificação Doutorado (Daniela Diniz Rodrigues), Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília. 5 p.
- Auzelle, R., 1970. *Technique de l'urbanisme: l'aménagement des agglomérations urbaines*, Paris - France: Presses Universitaires de France.
- Ávila, J.M.A., 2008. *Subsuelo: Hecho y Derecho. Planteamiento tradicional, estudio*, Madrid España: Aranzadi.
- Bardet, G., 1990. *O urbanismo 2 ed.*, Campinas SP: Papirus.
- Barker, T.C., 1990. *Moving Millions: a pictorial history of London transport*, Cambridge, United Kingdom: London Transport Museum.
- Barles, S., 1999. Cost and value of urban underground space: the case of Paris. In *Actes de la 8ème conférence internationale*. Xi'An Chine.
- \_\_\_\_\_. 2000. Le coût du sous-sol. *Génie urbains*, (458), 54-57 p.
- \_\_\_\_\_. 2001. Un plan d'urbanisme pour le sous-sol. *Études Foncières*, (90), 26-28 p.
- \_\_\_\_\_. 2002. L'urbanisme souterrains: histoires et perspectives. In *Forum des Associations AFGC/AUGC/IREX*. Toulouse France.
- Barles, S., 2006. City Planning and Underground Space in 20th and 21th Century in France. In *Going Underground: Excavating the Subterranean City*.

- Barles, S. & Guillaume, A., 1999. L'Urbanisme souterrains, Les gares d'Eole. *Moniteur Architectures*, (100), 46-53 p.
- Barles, S. & Jardel, S., 2005. *L'urbanisme souterrain. Étude comparée exploratoire*, Paris - France: CNRS et Université de Paris 8.
- Beatley, T., 1994. *Ethical Land Use: principles of policy and planning* First Edition., Baltimore USA: John Hopkins University Press.
- Becchetti, L., 2008. What is Wrong M Keynes's Prophecy? How the End of Economics Turned into the Rise of Social Responsibility. In *Revisiting Keynes: economic possibilities for our grandchildren*. Massachusetts: MIT Press, 185-198 p.
- Becker, G.S. & Rayo, L., 2008. Why Keynes Underestimated Consumption and Overestimated Leisure for the long Run. In *Revisiting Keynes: economic possibilities for our grandchildren*. Massachusetts: MIT Press, 179-184 p.
- Bélanger, P., 2007. Underground landscape: The urbanism and the infrastructure of Toronto's downtown pedestrian network. In 22, 272-292 p.
- Benevolo, L., 2009a. *A Cidade e o Arquiteto - método e história na arquitetura* 2 ed., São Paulo: Ed. Perspectiva.
- Benevolo, L., 2009b. *História da Cidade* 4 ed., São Paulo: Editora Perspectiva.
- Bennett, D.J. & Parker, H., 1996. Underground development, sustainable design: a proposal to UN/ESOC.
- Bernard, D., 1995. À travers le project Météor, évolution des liens qu'entretient le métro souterrain et la ville de surface. In *Actes de la 6ème conférence internationale*. Paris - France.
- Bertaud, A., 2001. *The costs of Utopia: Brasilia, Johannesburg, and Moscow*, disponível em <http://alain-bertaud.com>
- Besner, J., 1997. Genèse de la ville intérieure de Montréal. In *7ème Conférence de l'ACUUS*. Montréal: OVI.
- \_\_\_\_\_. 1999. Incentives used in the development of the Montreal's underground city. In *Actes de la 8ème conférence internationale*. Xi'An Chine.
- \_\_\_\_\_. 2000. La ville souterraine. *Urbanisme*, (313), 75-78 p.
- \_\_\_\_\_. 2002. The Sustainable Usage of the Underground Space in Metropolitan Area. In *Urban underground space: a resource for cities. Actes de la conférence internationale de l'ACUUS*. Torino.
- Besner, J., 2007a. Planning, Development and Management of \_Underground Space in Canada.

- \_\_\_\_\_. 2007b. *Planning, Development and Management of the Underground Space in Montreal*, City of Montreal.
- Besset, M., 1987. *Le Corbusier* 1<sup>o</sup> ed., Genève: Albert Skira S.A.
- Billington, D.P., 1985. *The Tower and the Bridge: The New Art of Structural Engineering* 1 ed., New Jersey USA: Princeton University Press.
- \_\_\_\_\_. 2003. *The Art of Structural Design: A swiss Legacy*, New Jersey USA: Princeton Architectural Press.
- Boisvert, M., 2001. L'impact du projet Quartier international de Montréal sur la ville intérieure: un premier examen. *Revue canadienne des sciences régionales*, XXIV:3, 443-464 p.
- \_\_\_\_\_. 2003. Shopping malls in the Montreal Indoor City: a survey of its development and an assessment of its impact on street retailing. In *Urban underground space: international conference*. Beijing .
- \_\_\_\_\_. 2007. L'impact du projet Quartier international de Montréal sur la ville intérieure: un premier examen.
- Boisvert, M. & Lewis, P., 1995. D'un urbanisme souterrain à un urbanisme tridimensionnel. In *Actes de la 6ème conférence internationale*. Paris - France.
- Boldrin, M. & Levine, D.K., 2008. All the Interesting Questions, Almost All the Wrong Reasons. In *Revisiting Keynes: economic possibilities for our grandchildren*. Massachusetts: MIT Press, pp. p. 161 - 178.
- Borges, J.L., 1974. *Obras completas*, Buenos Aires: Emecé.
- Braga, M.L.A., 2006. *Infra-estrutura e projeto urbano*. Doutorado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo/Universidade de São Paulo.
- Branco, A.M., Os custos sociais do transporte urbano brasileiro. *Revista dos Transportes Públicos - ANTP*, (88), 93-106 p.
- Brasil, 1988. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil.
- \_\_\_\_\_. 2001. Estatuto da Cidade. Guia para implementação pelos municípios e cidadãos. In Brasília DF: Câmara dos Deputados. Coordenação de Publicações.
- \_\_\_\_\_. Lei n. 10.257, de 10 de julho de 2001. Estatuto da Cidade.
- \_\_\_\_\_. 2002. Lei n. 10.406, de 10 de janeiro de 2002. Código Civil.
- Brasiliense , A., Pires, A.B. & Vasconcellos, E.A., 1997. *Transporte Humano - cidades com qualidade de vida*, São Paulo: ANTP.

- Brégeon, J., 1995. Aménager le sous-sol? In *Actes de la 6ème conférence internationale*. Paris - France.
- Brégeon, J., Duffaut, P. & Voisembert, V., 1988. *Les aspects juridiques de l'aménagement du sous-sol* Cong. intern. Collectivités locales et utilisatoin du sous-sol., Bordeaux: AFTES-Legrand M.
- Breton, M., 2003. *Les usages de la ville intérieure: résultats préliminaires d'une enquête réalisée en juin et novembre 2003*, Montréal: Université de Montréal.
- Brown, L.R., 2003. *Eco-Economia: construindo uma economia para a terra*, Earth Policy Institute/ UMA - Universidade Livre da Mata Atlântica. Disponível em [www.uma.org.br](http://www.uma.org.br)
- \_\_\_\_\_. 2008. *PLAN B 3.0: mobilizing to save civilization* First Edition., New York USA: W.W. Norton & Company, Inc.
- Brüseke, F.J., 1998. A crítica da técnica moderna. *Estudos Sociedade e Agricultura*, 5-55 p.
- Buchanan, J.M. & Yoon, Y.J., 2000. Symmetric tragedies: commons and anticommons. *Journal of Law and Economics*, 43(1), 1-13 p.
- Burdett, R. & Sudjic, D.E., 2007. *The endless city*, London England: Phaidon.
- Burnham, D.H. & Bennett, E.H., 1993. *Plan of Chicago*, New York USA: Princeton Architectural Press.
- Caldas, R., 2007. *Relatório de Qualidade de Vida*, Brasília DF: Ciência Política/ Universidade de Brasília.
- Campofiorito, Í., 2003. *O risco: Lúcio Costa e a utopia moderna*, Rio de Janeiro: SESC - Rio de Janeiro/ Caixa.
- Camus, A., 1995. *O avesso e o direito*, Rio de Janeiro: Ed. Record.
- Carmody, J., 1995. Mise au point du plan d'aménagement souterrain de l'université du Minnesota. In *Actes de la 6ème conférence internationale*. Paris - France.
- Carmody, J. & Sterling, R., 1993. *Underground space design: a guide to subsurface utilization and design for people in underground spaces*, Minnesota, USA: Van Nostrand Reinhold Company.
- Carpintero, A.C.C., 1998. *Brasília: Prática e Teoria Urbanística no Brasil, 1956-1998*. Doutorado. Universidade de São Paulo - USP.
- \_\_\_\_\_. 2007. Garagens Subterrâneas.
- Carson, R., 1964. *Primavera Silenciosa* 1º ed., São Paulo: Ed. Melhoramentos.
- Carvalho, E.T.C. & Prandini, F.L., 1998. Áreas Urbanas. In *Geologia de Engenharia*. São

- Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, pp. p.487-497.
- Castiglioni, F. & Lavagno, E., 1999. Spaces and functions in underground constructions. Methodology and tools for architectural design. In *Actes de la 8ème conférence internationale*. Xi'An Chine.
- Celestino, T.C., Telles, R.C.D. & Assis, A., 2006. *Túneis do Brasil*, São Paulo: DBA Dórea Books and Art.
- Cerdá, I., 1996. *Cerdá. Las cinco bases de la teoría general de la urbanización. Compilación, estrututuración y comentarios de Arturo Soria i Puig.*, Barcelona España, Madrid Espanã: Fundació Catalana per a la Recerca (Barcelona) y Sociedad Editorial Electa España (Madrid).
- Choay, F., 2007. *O urbanismo: utopias e realidades, uma antologia* 6 ed., São Paulo: Perspectiva.
- CODEPLAN & METRÔ-DF, 2000. *Relatório Pesquisa Origem-Destino*, Brasília DF.
- Colombo, A., 2002. The Architectural Development of Underground Metro Stations. In *Actes de la conférence internationale*. Torino.
- Condesso, F., 1999. *Direito do Urbanismo. Noções Fundamentais*, Lisboa Portugal: Quid Juris?
- Corbusier, 1993. *A Carta de Atenas*, São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo.
- \_\_\_\_\_. 1939. La carretera. Disponível em [www.dooos.org/articulos/textos/LeCorbusier](http://www.dooos.org/articulos/textos/LeCorbusier).
- Cornell, E., 1998. *A arquitetura da relação cidade-campo* 1º ed., Brasília DF: Ed. ALVA Ltd.
- Correia, F.A., 1990. *O plano urbanístico e o princípio da igualdade*, Coimbra - Portugal.
- Cortina, A. & Navarro, E.M., 2005. *Ética* 1º ed., São Paulo: Edições Loyola.
- Costa<sup>2</sup>, C.N.D., 2006. *Fundamentos de Geotecnia*, Lisboa Portugal: Faculdade de Ciências e Tecnologia/ Universidade de Lisboa.
- Costa<sup>1</sup>, L., 1994. *Carta Lúcio Costa para o Governador do Distrito Federal: alteração do traçado do METRÔ-DF*, Brasília DF: Arquivo METRÔ-DF.
- \_\_\_\_\_. 1995. *Lúcio Costa: registro de uma vivência*, São Paulo: Empresa das Artes.
- \_\_\_\_\_. 1991. *Relatório do Plano Piloto de Brasília* ArPDF, CODEPLAN., Brasília DF: ArPDF, CODEPLAN, DePHA.
- Crowe, B.L., 1969. The Tragedy of the Commons Revisited. , 16(3909), 1103-1107.
- CSTB MAGAZINE, 1999. Gares parisiennes d'EOLE: une identité à l'univers souterrain.



*CSTB Magazine*, (125), 28-31 p.

De Mulder, E., 1996. *Urban Geoscience*, Rotterdam-Netherlands: AA. Balkema Publishers.

Deák, C., 1999. Elementos de uma política de transportes para São Paulo. In *O Processo de Urbanização no Brasil*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 313-339 p.

Delfante, C., 2000. *A Grande História da Cidade: Da Mesopotâmia aos Estados Unidos* 1º ed., Lisboa Portugal: Instituto Piaget.

DER-DF & Altran TCBR, 2007. *Estudo de Segurança de Pedestre*, Brasília DF: Governo do Distrito Federal.

DETRAN-DF, 2009. Disponível em [www.detran.df.gov.br](http://www.detran.df.gov.br)

Diniz<sup>1</sup>, D., 2004. Mobilidade urbana sustentável: projeto de pesquisa. In Brasília DF: Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de Brasília.

Diniz<sup>1</sup>, D. et al., 2005. A lógica da cidade do conhecimento. In *I. Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano Regional e Sustentável*. São Carlos - SP, p. 13 p.

Diniz<sup>1</sup>, D. et al., 2006. Impactos ambientais da urbanização automobilística: estudo de exemplo. In *XX Anpet. Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*. Brasília DF.

Diniz<sup>2</sup>, D., 2003. *Modelo social da deficiência: a crítica feminista*, Brasília DF.

\_\_\_\_\_. 2007. *O que é deficiência*, São Paulo: Brasiliense .

\_\_\_\_\_. 2006. Tópicos Especiais em Pesquisa: Departamento de Serviço Social. Notas de Aula. Programa de Pós-Graduação em Política Social. Universidade de Brasília.

Diniz<sup>3</sup>, F., 2007. Urbanismos e Modernidade: reflexões em torno do Plano Agache para o Rio de Janeiro. In Salvador-Bahia: ANPUR, 95-114 p.

DLMA, 2008. *Downtown-Lower Manhattan*, Records of The Downtown-Lower Manhattan Association.

Duffaut, P., 2004. *De l'exploitaion à l'aménagement du sous-sol* Ann. Mines., Paris.

Duffaut, P., 2004. *Undeground sapce, the hidden face of any Territory*, Madrid España: Int. Cong. Ingenieria Civil, Territorio y Medio Ambiente, Icterma.

\_\_\_\_\_. 2007. Supply and demand of subsurface space, between geo and law-sciences.

\_\_\_\_\_. 2007. *Urbanisme souterrain l'usage du sous-sol améliore la performance énergétique de la ville* Urbanisme souterrain, demandes, offres, contraintes et avantages, dossier., Paris - France: Techniques de l'Ingénieur.

\_\_\_\_\_. 2008. *L'espace souterrain, un patrimoine à valoriser* Géosciences., Paris - France.

- Duffaut, P. & Labbé, M., 1996. Offre et demande d'espace souterrains. In *Actes de la 6ème conférence internationale*. Paris - France.
- Duffaut, P. & Labbé, M., 2005. *Underground city planning, from Paris yesterday to Shanghai tomorrow*, Shanghai: Proc. Shanghai intern. conf. on urban underground space.
- Duffaut, P., Labbé, M. & Farray, D., 1997. La ville problématique de l'espace souterrain. In *Actes de la 7ème conférence internationale*. Montréal.
- Dunphy, R., Myerson, D. & Pawlukiewicz, M., 2003. *Dez Princípios para o Sucesso de Empreendimentos Associados ao Transporte Público*, São Paulo: Urban Land Institute - AEAMESP.
- Dupuy, G., 1978. *Urbanisme, technique, chronique d'un mariage de raison*, Paris - France: Centre de Recherche d'Urbanisme.
- \_\_\_\_\_.1995. *O automóvel e a cidade*, Lisboa Portugal: Instituto Piaget.
- Dworkin, D., 2005. *A virtude soberana: a teoria e a prática da igualdade* 1º ed., São Paulo: Martins Fontes.
- École Speciale d'architecture, 2000. *L'utopie. Les utopies du XXème siècle. Recherche bibliographique.*, Paris - France: ESA.
- Elliot, R., 1997. *Environmental Ethics*, New York USA: Oxford University Press.
- Engevix Engenharia S. A., 1991. Estudo de impacto ambiental -EIA, Relatório de impacto ambiental - RIMA: sistema de transporte de massa do Distrito Federal - Metrô.
- Erdem, A. & Erdem, Y., 2005. Underground space use in Ancient Anatolia: the Cappadocia example. In *Underground Space Use: Analyses of the Past and Lessons for the Future*. London England: Taylor & Francis Group, 35-40 p.
- FAO, 2009. Disponível em <http://www.fao.org/soil>
- Fernandes<sup>1</sup>, A.S.A. & Oliveira, F., 2003. Licenciamento Ambiental para Redes de Infra-Estrutura Urbana. In *20 Experiências de Gestão Pública e Cidadania*. Gestão Pública e Cidadania. São Paulo: FGV.
- Fernandes<sup>2</sup>, E., 1998. *Direito urbanístico* 1 ed., Belo Horizonte: Del Rey.
- Fernandes<sup>3</sup>, F.R.C., 1987. *O subsolo brasileiro: consolidação estatística da situação atual das concessões, licenciamento, autorizações de pesquisa e pedidos de pesquisa.*, Brasília: CNPq/Diretoria de Planejamento e Gestão.
- Fitoussi, J., 2008. The End of (Economic) History. In *Revisiting Keynes: economic possibilities for our grandchildren*. Massachusetts: MIT Press, 151-160 p.
- Francis, F.O. & Rocha, H.C., 1998. Obras Subterrâneas Civis. In *Geologia de Engenharia*.

- São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, pp. p. 439-456.
- Franco, M.A.R., 2001. *Planejamento ambiental para a cidade sustentável* 1º ed., São Paulo: ANNABLUME editora.
- Frank, R.H., 2008. Context is more Important than Keynes Realized. In *Revisiting Keynes: economic possibilities for our grandchildren*. Massachusetts: MIT Press.
- Galeano, E., 2007. *As palavras andantes* 5 ed., Porto Alegre: L&PM.
- Gandy, M., 1998. The Paris sewers and the racionalization of urban space, disponível em [www.geog.ud.ac.uk](http://www.geog.ud.ac.uk)
- Gardine, S., 1977. *Le Courbusier*, São Paulo: Cultrix, Ed. da Universidade de São Paulo.
- Gerbeau, M., 1995a. Aspects juridiques du Montréal souterrain. In *Actes de la 6ème conférence internationale*. Paris - France.
- Gerbeau, M., 1995b. Le Montréal souterrain et la fiscalité municipale. In *Actes de la 6ème conférence internationale*. Paris - France.
- Gideon, S.G., 1989. *Urban underground space design in China*, Massachusetts: Delaware.
- Giedion, S., 2004. *Espaço tempo e arquitetura: o desenvolvimento de uma nova tradição* 1º ed., São Paulo: Martins Fontes.
- Gissen, D.E., 2002. *Big and green: toward sustainable architecture in the 21st century*, New York USA: Princeton Architectural Press.
- Gleick, J., 1991. *Caos: a criação de uma nova ciência*, Rio de Janeiro: Campus.
- Global Footprint Network, 2008. *The ecological footprint atlas*, Oakland, USA: Global Footprint Network.
- Global Humanitarian Forum, 2009. The Anatomy of a Silent Crisis. In *Human Impact Report, Climate Change*. Geneva - Switzerland.
- Godard, J.P., 1999. At or below level. Which urban transport systems in the 21th century? In *Actes de la 8ème conférence internationale*. Xi'An Chine.
- \_\_\_\_\_. 2002. Why go underground? *ACUUS 2002 International Conference*, 7 p.
- \_\_\_\_\_. 2004. Urban Underground space and benefits of going underground. In *World Tunnel Congress 2004 and 30th*. Singapore.
- Gouvêa, R.G., 2008. As cidades que queremos: cidades para todos - utopia? *Revista dos Transportes Públicos - ANTP*, (118), 67-68 p.
- Groupe d'Études et de Coordination de l'Urbanisme Souterrains, Comité Permanent

- International d'Urbanisme Souterrain & Utudjian, É., 1958. Urbanisme Souterrain. *Le Monde Souterrain: la revue des techniques de 'urbanisme et des travaux souterrains*, 1(107).
- \_\_\_\_\_. 1959. Urbanisme Souterrain. *Le Monde Souterrain: la revue des techniques de 'urbanisme et des travaux souterrains*, 2(115).
- \_\_\_\_\_. 1961. Urbanisme Souterrain. *Le Monde Souterrain: la revue des techniques de 'urbanisme et des travaux souterrains*, 3(125 e 127).
- \_\_\_\_\_. 1962. Urbanisme Souterrain. *Le Monde Souterrain: la revue des techniques de 'urbanisme et des travaux souterrains*, 4(130, 131 e 132).
- \_\_\_\_\_. 1963. Urbanisme Souterrain. *Le Monde Souterrain: la revue des techniques de 'urbanisme et des travaux souterrains*, 5(133, 134 e 136).
- \_\_\_\_\_. 1964. Urbanisme Souterrain. *Le Monde Souterrain: la revue des techniques de 'urbanisme et des travaux souterrains*, 6(138, 139 e 140).
- Groupe d'Études et de Coordination de l'Urbanisme Souterrains, Comité Permanent International d'Urbanisme Souterrain & Utudjian, É., 1965. Urbanisme Souterrain. *Le Monde Souterrain: la revue des techniques de 'urbanisme et des travaux souterrains*, 7(141,142,143 e 144).
- \_\_\_\_\_. 1966. Urbanisme Souterrain. *Le Monde Souterrain: la revue des techniques de 'urbanisme et des travaux souterrains*, 8(145,146,147 e 148).
- \_\_\_\_\_. 1967. Urbanisme Souterrain. *Le Monde Souterrain: la revue des techniques de 'urbanisme et des travaux souterrains*, 9(149,150,151 e152).
- \_\_\_\_\_. 1968. Urbanisme Souterrain. *Le Monde Souterrain: la revue des techniques de 'urbanisme et des travaux souterrains*, 10(153,154,155 e 156).
- \_\_\_\_\_. 1970. Urbanisme Souterrain. *Le Monde Souterrain: la revue des techniques de 'urbanisme et des travaux souterrains*, 11(163).
- \_\_\_\_\_. 1971. Urbanisme Souterrain. *Le Monde Souterrain: la revue des techniques de 'urbanisme et des travaux souterrains*, 12(165, 166, 167 e 168).
- \_\_\_\_\_. 1972. Urbanisme Souterrain. *Le Monde Souterrain: la revue des techniques de 'urbanisme et des travaux souterrains*, 13(169,170 e 171).
- Guia, G.A., 2006. *Políticas territoriais. Segregação e reprodução das desigualdades sócio-espaciais no aglomerado urbano de Brasília*. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo/Univesidade de Brasília.
- Guillerme, A. & Barles, S., 2001. *Espace et urbanisme souterrains: éta des lieux et perspectives*, Marne-la-Vallée: LTMU/IFU/Paris: Ministère de l'équipement, des transports et du logement.

- Hardin, G., 1969. The Tragedy of the commons. *SCIENCE*, 162, 1243-1248.
- Heathcode, E., 2009. Adu Dhabi investe em cidade 100% sustentável. *Valor Econômico*, A16.
- Heim de Balsac, Renaud, 1995. Urbanisme, Utudjian, Utopies. In *Actes de la 6ème conférence internationale*. Paris - France.
- Heller, M.A., 1998. The Tragedy of The Anticommons: Property in the transition from Marx to Markets. *Harvard Law Markets*, (Review 111), 13 p.
- Hénard, E., 1910. Cities of the future. In London England: Royal Institute of British Architects, pp. 10-15.
- Hoch, I., 1973. Economic Trends and Demand for the Development of Underground Space. In *Legal, economic, and energy consideration in the use of underground space*. Washington D. C. USA: National Academy of Sciences, pp. 68-86.
- Huet, B., 1986. A Cidade como Espaço Habitável (alternativas à carta de Atenas). *Arquitetura e Urbanismo*, 82-87 p.
- IPEA & ANTP, 1999. Redução das deseconomias urbanas com a melhoria do transporte público. *Revista dos Transportes Públicos - ANTP*, (88), 35-92 p.
- IPEA, 2009. Disponível em [www.ipea.gov.br/082/08201005.jsp](http://www.ipea.gov.br/082/08201005.jsp) ou <http://desafios.ipea.gov.br>
- ITA WG underground and environment, 1998. Underground works and the environment. In Lausanne - Switzerland: ITA, 177 p.
- Iwasa, O.Y. & Fendrich, R., 1998. Controle de Erosão Urbana. In *Geologia de Engenharia*. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 271-282 p.
- Jacobs, J., 2000. *Morte e vida nas grandes cidades* 1ed., São Paulo: Martins Fontes.
- Jonas, H., 2006. *O Princípio da Responsabilidade* 2 ed., Rio de Janeiro: PUCRIO.
- Kenworthy, J., 2003. *Urban Planning and Transport Paradigm Shifts for Surviving on the Post-Petroleum Age in Cities*, Perth - Western Australia: Murdoch University.
- Keynes, J.M., 2008. Economic Possibilities for our Grandchildren. In *Revisiting Keynes: economic possibilities for our grandchildren*. Massachusetts: MIT Press, 17-26 p.
- Keynes, J.M., 1963. *Essays in Persuasion*, New York USA: WW Norton & Co.
- Krutilla, J., 1967. Conservation Reconsidered. *The American Economic Review*.
- Kymlicka, W., 2006. *Filosofia contemporânea: uma introdução* 1ed., São Paulo: Martins Fontes.

- Labbé, M., 1997. *Réflexions pour un projet sous la Seine*. In *Actes de la 7ème conférence internationale*. Montréal.
- Laborit, H., 1988. *Deus não joga dados*, São Paulo: Trajetória Cultural.
- Lakoff, G., The Contemporary Theory of Metaphor. In *Metaphor and Thought*. Cambridge, Massachusetts USA: Cambridge University Press, 202-251 p.
- Lakoff, G. & Johnson, M., 1980. *Metaphors we live by*, Chicago, USA: The University of Chicago Press.
- Landau, S.B. & Condit, C.W., 1997. *Rise of the New York Skyscraper, 1865-1913*, London England: Yale University Press.
- Lévy, A., 1995. Quelques réflexions à propos de la notion d'urbanisme souterrain. In *Actes de la 6ème conférence internationale*. Paris - France.
- Lima, F.H.V., 2005. *O direito de superfície como instrumento de planificação urbana* 1 ed., Rio de Janeiro: Renovar.
- Lira, R.P., 1997. *Elementos do direito urbanístico*, Rio de Janeiro: Renovar.
- Loparic, Z., 2000. Ética da finitude. In *Correntes fundamentais da ética contemporânea*. Petrópolis/ RJ: Vozes, 65-77 p.
- Loparic, Z., 1995. *Ética e finitude*, São Paulo: Educ.
- Lundkvist, A., 2003. *Habitat: the subsurface environment*. Mestrado. Vetenskap Och Konst - Royal Institute of Technology (Sweden).
- Lutzemberger, J., 1990. *Gaia: O Planeta Vivo*, Porto Alegre: L&PM.
- Lutzemberger, J., 2004. *Manual de Ecologia - do Jardim ao Poder*, Porto Alegre: L&PM.
- Machado, P.A.L., 2002. *Direito Ambiental Brasileiro*, São Paulo: Malheiros Editores Ltda.
- Maffetone, S. & Veca, S., 2005. *A Idéia de justiça de Platão a Rawls* 1º ed., São Paulo: Martins Fontes.
- Matheus, G., 1991. Unidade de Vizinhança marca o modo de vida brasileiro. In *Revista da Codeplan*. Brasília DF: Codeplan, pp. 46-52.
- McKibben, B., 2007. *Deep economy: the wealth of communities and the durable future* First Edition., New York USA: Henry Holt and Company, LLC.
- Medeiros, M.C.S., 2000. Um modelo de desenvolvimento para O Brasil: enfocando bem-estar e liberdades humanas. In *Cenários e projetos para o Brasil do século XXI*. Brasília DF: Massao Ohno Editor - Instituto Tancredo Neves, 42 p.
- \_\_\_\_\_. 2005. *O que faz os ricos ricos: o outro lado da desigualdade brasileira* 1º ed., São

Paulo: Hucitec.

- \_\_\_\_\_. 2007. Comentários ao Projeto de Qualificação Doutorado (Daniela Diniz Rodrigues), Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília. 3 p.
- Meijenfeldt, E.V., Geluk, M. & et al., 2003. *Below ground level Creating New Spaces for Contemporary Architecture*, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser - Publishers for Architecture.
- Meirelles, H.L., 1994. *Direito Municipal Brasileiro* 7 ed., São Paulo: Malheiros Editores Ltda.
- Melo, M.J.S.D., 2000. *A cidade e o tráfego: uma abordagem estratégica* 1º ed., Recife: Ed. Universitária da UFPE.
- Mill, J.S., 2007. *Utilitarismo* 1º ed., São Paulo: Editora Escala.
- Mises, L.V., 1940. The limits of property rights and the problems of external costs and external economics . In *Human Action*. Austria.
- Monnier, G., 1985. *Le Corbusier*, São Paulo: Brasiliense .
- Montréal, 1999. *Le Quartier international de Montréal: Programme particulier d'urbanisme*, Montréal: Ville de Montréal.
- Mumford, L., 1982. *A Cidade na história: suas origens, desenvolvimento e perspectivas* 2 ed., São Paulo: Martins Fontes.
- \_\_\_\_\_. 1952. *Arte e Técnica*, Lisboa Portugal: Martins Fontes.
- \_\_\_\_\_. 1964. *The Highway and the City*, New York: Mentor Book.
- \_\_\_\_\_. 1967. *The Myth of the machine: technics and human development* 1 ed., USA: New York.
- Neto, E.T., 2001. *Caracterização Geotécnica do Subsolo de Curitiba para o Planejamento de Ocupação do Espaço Subterrâneo*. Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos/ Universidade de São Paulo.
- Neto, F.R. & Kochen, R., 2000. *Segurança, Ruptura e Colapso de Túneis Urbanos em NATM* 540, São Paulo: Revista Engenharia.
- Newcomb, R.T., 1973. Dynamic Analyses of Demands for Underground. In *Legal, economic, and energy consideration in the use of underground space*. Washington D. C. USA: National Academy of Sciences, pp. p. 87-102.
- Newman, P., 1999. *Sustainability in cities: overcoming automobile dependance*, Washington D. C. USA: Island Press.

- Newman, P. & Kenworthy, J., 2006. Urban design to reduce automobile dependence. In *Opolis 2*.
- Nogueira, J.M., 1978. *A oferta de tecnologia agrícola no Brasil: empresas e instituições de pesquisa*. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Novaes, A.G., 1981. *Modelos em planejamento urbano, regional e de transportes*, São Paulo: Edgard Blücher.
- NTU, 2002. *Prioridade para o transporte coletivo urbano. Relatório Técnico*. Brasília, DF: SEDU/PR - Presidência da República, Brasília DF: Secretaria da Presidência da República.
- Observatório das Metrôpoles (2009). Disponível em <http://web.observatpriodasmetropoles.net>
- Ohanian, L.E., 2008. Back to the Future with Keynes. In *Revisiting Keynes: economic possibilities for our grandchildren*. Massachusetts: MIT Press, 105-116 p.
- Ojima, R., 2007. *Análise comparativa da dispersão urbana nas aglomerações urbanas brasileiras: elementos teóricos e metodológicos para o planejamento urbano e ambiental*. Doutorado. Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas.
- Orfeuill, J., 1994. *Je suis l'automobile*, Paris - France: Éditions de l'Aube.
- Parker, H., 1996. Geotechnical Investigations. In *Tunnel Engineering Handbook*. New York USA: Kuesel & King, Chapman & Hall .
- \_\_\_\_\_. 2004a. Planning and Site Investigations in Tunnelling. In *1. Congresso Brasileiro de Túneis e Estruturas Subterrâneas. Seminário Internacional. South American Tunnelling*.
- \_\_\_\_\_. 2004b. Underground Space: Good for Sustainable Development, and Vice Versa. In *International Tunnelling Association (ITA) Open Session*. Singapore.
- Paviani, A., 1999. *Brasília - gestão urbana: conflitos e cidadania*, Brasília: Editora Universidade de Brasília.
- \_\_\_\_\_. 1996. *Brasília, moradia e exclusão*, Brasília: Editora Universidade de Brasília.
- Pecchi, L. & Piga, G., 2008. Economic Possibilities for our Grandchildren: A Twenty Century Perspective. In *Revisiting Keynes: economic possibilities for our grandchildren*. Massachusetts: MIT Press.
- Pepper, D., 1993. *Eco-socialism: from ecology to social justice*, London England: Routledge.
- Perucho, J., 1967. Las ciudades del futuro - Hechos e Ideas. *La Vanguardia Española*, p. 13.
- Pescatori, C., 2007. *Sustainability and Transportation: creating equity in Brasilia's social*



- landscape*. Thesis in landscape architecture. The Pennsylvania State University.
- Pessoa, Á., 1981. *Direito do urbanismo* 1º ed., Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A.
- Pike, D.L., 2005. *Subterranean cities: the world beneath Paris and London, 1800-1945* First Edition., Ithaca, New York USA: Cornell University Press.
- Pires<sup>1</sup>, A.B., Vasconcellos, E.A. & Silva, A.C.E., 1997. *Transporte Humano - cidades com qualidade de vida* 1º ed., São Paulo: ANTP.
- Pires<sup>2</sup>, F.L., 2009. *O direito à mobilidade na cidade: mulheres, crianças, idosos e deficientes*. Mestrado. Departamento de Serviço Social/Universidade de Brasília.
- Plank Foudation, 2009. *Global Future Analysis*. In Amsterdam - Netherlands: Plank Foundation.
- Popper, K., 2009. *A Lógica da Pesquisa Científica* 14 ed., São Paulo: Cultrix.
- Prado Júnior, C. 2002. *A Revolução Brasileira* 7 ed., São Paulo: Brasiliense .
- \_\_\_\_\_. 1969. *A agricultura subdesenvolvida*, Petrópolis/ RJ: Vozes limitada.
- \_\_\_\_\_. 2004. *Formação do Brasil Contemporâneo* 23 ed., São Paulo: Brasiliense .
- Prestes, V.B., 2004. Natureza jurídica da cobrança do espaço aéreo e do subterrâneo de propriedade municipal utilizado para extensão de redes de infra-estrutura para telefonia (parecer n. 1096/04).
- PROGEA Engenharia e Estudos Ambientais Ltda, 1992. Estudo Prévio de Impacto Ambiental - EPIA, Relatório de Impacto sobre o Meio Ambiente - RIMA: Águas Claras.
- Rawls, J., 2003. *Justiça como equidade: uma reformulação* 1º ed., São Paulo: Martins Fontes.
- \_\_\_\_\_. 2001. *O direito dos povos* 1º ed., São Paulo: Martins Fontes.
- \_\_\_\_\_. 2002. *Uma teoria de justiça* 2 ed., São Paulo: Martins Fontes.
- Redaelli, L.L. & Cerello, L., 1998. Escavações. In *Geologia de Engenharia*. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, pp. p. 311-330.
- Reilly, J.P.E. & Parker, H., 2007. Benefits and Life-Cycle Costs of Underground Facilities. In *Benefits vs. Costs of Underground Faciities*. Prague, p. 9 p.
- Reis, J.M., Ferreira, R.S. & Chendes, R.D., 2004. *Prospecção de alterantivas de cenários de expansão baseada em indicadores de custo do METRÔ-DF*. Monografia-Especialização em Engenharia de Custos. Universidade Federal Fluminense.
- Reis Filho, N.G., 1968. *Evolução Urbana do Brasil*, São Paulo: Ed. Pioneira.

- \_\_\_\_\_. 2006. *Quadro da Arquitetura no Brasil*, São Paulo: Perspectiva.
- Rykwert, J., 2004. *A sedução do lugar: a história e o futuro da cidade* 1° ed., São Paulo: Martins Fontes.
- Sachs, I., 1993. *Estratégias de transição para o século XXI: desenvolvimento e meio ambiente* 1° ed., São Paulo: Studio Nobel.
- \_\_\_\_\_. 2009. *A Terceira Margem - Em Busca do Ecodesenvolvimento*, São Paulo: Companhia das Letras.
- Sagan, C., Introdução. In *Breve História do Tempo*. Rio de Janeiro: E. Rocco.
- Sánchez, J.M.M., 2005. *Evolução da Forma Estrutural*.
- Sanderson, E., 2009. *Mannahatta: A Natural History of New York City*, New York USA: Abrams Books.
- Santos, M., 1988. *Reestruturação: economia e território* Ano VIII ., São Paulo: NERU - Nucleo de Estudos Regionais e Urbanos.
- \_\_\_\_\_. 2009. *Técnica, Espaço, Tempo: Globalização e Meio Técnico científico-informacional* 5 ed., São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo.
- Sartre, J., 1967. *Questão de Método* 2 ed., São Paulo: Ed. Difusão Européia.
- SEDUH, 2009. Disponível em [http://www.seduh.df.gov.br/003/00318005.aspxHCD\\_CHAVE=23772](http://www.seduh.df.gov.br/003/00318005.aspxHCD_CHAVE=23772)
- Schumacher, E.F., 1983. *O negócio é ser pequeno* 4 ed., Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor.
- Sebastiano Maffetone & Veca, S., 2005. *A Idéia de Justiça de Platão a Rawls* 1° ed., São Paulo: Martins Fontes.
- Shah, A., Chakraborty, S. & Kim, K., 2006. The geological setting of New York City and the geotechnical challenges in urban construction. *IAEG2006*.
- Sheehan, M.O.M., 1999. *Reinventing cities for people and the planet* 147 ed., Washington D. C. USA: Published as Worldwatch Paper.
- \_\_\_\_\_. 2002. *City Limits: putting brakes on sprawl* 156 ed., Washington D. C. USA: Worldwatch Paper.
- \_\_\_\_\_. 2003. *Uniting Divided Cities*. In *State of the World*. Washington D. C. USA: W.W. Norton & Company, Inc.
- Sijpkens, P. & Brown, D., 1997. Montreal's indoor city - 35 years of development. In *7th International Conference on Underground Space*. Montréal - Canada: ACUUS, p. 15 p.

- Silva<sup>1</sup>, J.A., 1997. *Direito Urbanístico Brasileiro* 3 ed., São Paulo: Malheiros Editores Ltda.
- Silva<sup>2</sup>, R.T., 1999. A regulação e o controle público da infra-estrutura e dos serviços urbanos no Brasil. In *O Processo de Urbanização no Brasil*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, pp. p. 261-312.
- Silva<sup>3</sup>, R.T. & Machado, L., 2001. Serviços Urbanos em rede e controle público do subsolo: novos desafios à gestão urbana. *São Paulo em Perspectiva*.
- Singer, P., 1998. *Ética prática* 2 ed., São Paulo: Martins Fontes.
- Siqueira, J.E.D., 1998. *Ética e tecnociência: uma abordagem segundo o princípio de responsabilidade de Hans Jonas* 1º ed., Londrina: Ed. UEL.
- Smith, P., 1997. *Environmental Ethics?*, New Jersey USA: Paulist Press.
- Sort, J.J., 2006. *Redes Metropolitanas/Metropolitan Networks*, Barcelona Espanha.
- Steinke, E.T., 2004. *Considerações sobre a variabilidade e mudança climática do Distrito Federal, suas repercussões nos recursos hídricos e informação ao grande público*. Doutorado. Instituto de Ciências Biológicas/ Universidade de Brasília.
- Sterling, R., 1979. *Earth Sheltered Housing Design: guidelines, examples, and references*, Minnesota, USA: Van Nostrand Reinhold Company.
- \_\_\_\_\_. 1981. *Earth Sheltered Homes: plans and designs*, Minnesota, USA: Van Nostrand Reinhold Company.
- Tarlock, A.D., 1973. Legal Aspects of Use of the Underground. In *Legal, economic, and energy consideration in the use of underground space*. Washington D. C. USA: National Academy of Sciences, pp. p. 41-51.
- Uchôa, A.M.R.L., 2007. *A Política Urbana no Ordenamento Jurídico Constitucional: a desapropriação-sanção como instrumento de desenvolvimento das cidades*. Mestrado. UNIFOR.
- Underground Space Center, 1991. *Legal and Administrative Issues in Underground Space use: a Preliminary Survey of ITA Member Nations*, ITA.
- UNPD (2007-2008-009). Disponível em <http://www.unstats.un.org/unsd/acsub-public/docs>
- UN-HABITAT, 2009. *Scaling New Heights: new ideas in urban planning*, Nairobi Kenya: Press Group Holdings Europe S. A.
- \_\_\_\_\_. 2008. *State of the World's Cities 2008/2009*, London England: Earthscan.
- Utudjian, É., 1964. *L'urbanisme souterrain*, Paris - France: Presses Universitaires de France.
- \_\_\_\_\_. 1966. *Architecture et Urbanisme Souterrains*, Paris - France: Robert Laffont Éditeur .

- Vasconcellos, E.A., 1999a. *Circular é preciso, "viver não é preciso". A história do trânsito na cidade de São Paulo* 1ed., São Paulo: Annablume editora.
- \_\_\_\_\_. 1999b. Deseconomias do transporte urbano - visão geral da experiência internacional. *Revista dos Transportes Públicos - ANTP*, (82), 11-34 p.
- \_\_\_\_\_. 2000. *Transporte Urbano nos Países em Desenvolvimento: Reflexões e Propostas*, São Paulo: ANNABLUME editora.
- \_\_\_\_\_. 2001. *Transporte Urbano, Espaço e Equidade: Análises das Políticas Públicas*, São Paulo: Annablume editora.
- Vasconcellos, E.A. & Mendonça, A.L.M.D., 2008. Sistema de Informações da Mobilidade Urbana da ANTP Resultados do primeiro ciclo (2003-2007). *Revista dos Transportes Públicos - ANTP*, (118), 91-114 p.
- Vereza, S.C., 2007. *Literalmente falando* 1 ed., Niterói/RJ: Eduff.
- Villaça, F., 1999. Uma contribuição para a história do planejamento no Brasil. In *O Processo de Urbanização no Brasil*. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 169-243 p.
- \_\_\_\_\_. 2000. *Espaço intra-urbano no Brasil* 2 ed., São Paulo: Studio Nobel:FapespLincoln Institute.
- Wampler, L., 1980. *Underground homes*, Louisiana USA: Pelican Publishing Company, Inc.
- Weisman, A., 2007. *O mundo sem nós* 1 ed., São Paulo: Editora Planeta do Brasil.
- Wells, M., 1997. *Infra structures*, Cape Cod, Massachusetts USA: Underground Art Gallery.
- \_\_\_\_\_. 1990. *Earth-Slehtered House: An Architect's Sketchbook*, Cape Cod, Massachusetts USA: Underground Art Gallery.
- \_\_\_\_\_. 2001. *Recovering America: A more gentle way to build*, Cape Cod, Massachusetts USA: Underground Art Gallery.
- Working Group n. 4 ITA, 2000. *Planning and Underground Space Technology*, ITA.
- Wright, R., 1973. Development of policy for use of airspace. In *Legal, economic, and energy consideration in the use of underground space*. Washington D. C. USA: National Academy of Sciences, 5-17 p.
- Yourcenar, M., 1985. *O tempo, esse grande escultor* 2 ed., Rio de Janeiro: Nova Fronteira.
- Zamorano, C.L., Serralonga, J.M.B. & Sastre, J., 2006. *Manual de Tranvias y Sistemas en Plataforma Reservada*, Madrid España: Universidad de Barcelona Consorcio Transportes.
- Zancanaro, L., 1998. *O conceito de responsabilidade em Hans Jonas*. Doutorado. Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas.

# ANEXO I

## 1. Lançamento de objetos de cima dos prédios

Tabela 1 - Velocidades de lançamento

m/s	km/h
5	18
10	36
15	54
20	72
25	90
30	108
35	126
40	144
45	162
50	180
55	198
X	0

Tabela 2 - Seno e cosseno dos ângulos de lançamento

Ângulo (graus)	Ângulo (rad)	Seno	Cosseno
15	0,261799388	0,258819045	0,965925826
30	0,523598776	0,5	0,866025404
45	0,785398163	0,707106781	0,707106781
X	0	0	1

### 1.1 Lançamento Horizontal (sem ângulo de inclinação)

Tabela 3 - Tempo de queda e velocidade final no eixo Y em função da altura do prédio

Altura (m)	Tempo de Queda (s)	Velocidade Final no eixo Y (m/s)
24	2,212394118	21,69595354
48	3,128797767	30,68271174
60	3,498102248	34,3043146
X	#VALOR!	#VALOR!

#### 1.1.1 Alcance

Tabela 4 - Velocidade final dos objetos e alcance em função da altura e velocidade de lançamento dos mesmos

Velocidade de lançamento (m/s)	Para 24m de altura		Para 48m de altura		Para 60m de altura	
	Velocidade final total (m/s)	Alcance (m)	Velocidade final total (m/s)	Alcance (m)	Velocidade final total (m/s)	Alcance (m)
5	22,26464462	11,06197059	31,08743798	15,64398884	34,66678526	17,49051124
10	23,88962955	22,12394118	32,27117599	31,28797767	35,73214239	34,98102248
15	26,37639854	33,18591177	34,15302036	46,93196651	37,44043269	52,47153372
20	29,50787014	44,24788236	36,62552116	62,57595535	39,70876478	69,96204495
25	33,101577	55,30985295	39,57813538	78,21994418	42,44744986	87,45255619
30	37,02316032	66,37182355	42,91187248	93,86393302	45,57176758	104,9430674
35	41,17905293	77,43379414	46,54491164	109,5079219	49,00801975	122,4335787
40	45,50510301	88,49576473	50,41258573	125,1519107	52,695218	139,9240899
45	49,95712562	99,55773532	54,46493184	140,7958995	56,58432645	157,4146011
50	54,50426038	110,6197059	58,66369235	156,4398884	60,63650716	174,9051124
55	59,12456681	121,6816765	62,97959034	172,0838772	64,82118481	192,3956236
X	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!

#### 1.1.2 Força de impacto

Tabela 5 - Força de impacto da bola de gude e brita em função da massa do objeto, velocidade de lançamento e altura consideradas

Bola de gude/Brita	Massa (Kg)	0,01		
Velocidade de lançamento (m/s)	Força de impacto (Newton)			
	Altura (m)			
	24	48	60	
5	123,9286	241,6072	300,4465	
10	142,6786	260,3572	319,1965	
15	173,9286	291,6072	350,4465	
20	217,6786	335,3572	394,1965	
25	273,9286	391,6072	450,4465	
30	342,6786	460,3572	519,1965	
35	423,9286	541,6072	600,4465	
40	517,6786	635,3572	694,1965	
45	623,9286	741,6072	800,4465	
50	742,6786	860,3572	919,1965	
55	873,9286	991,6072	1050,4465	
X	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	

Tabela 6 - Força de impacto da lata de alumínio em função da massa do objeto, velocidade de lançamento e altura consideradas

Lata de alumínio (vazia)	Massa (Kg)	0,0143		
Velocidade de lançamento (m/s)	Força de impacto (Newton)			
	Altura (m)			
	24	48	60	
5	88,608949	172,749148	214,8192475	
10	102,015199	186,155398	228,2254975	
15	124,358949	208,499148	250,5692475	
20	155,640199	239,780398	281,8504975	
25	195,858949	279,999148	322,0692475	
30	245,015199	329,155398	371,2254975	
35	303,108949	387,249148	429,3192475	
40	370,140199	454,280398	496,3504975	
45	446,108949	530,249148	572,3192475	
50	531,015199	615,155398	657,2254975	
55	624,858949	708,999148	751,0692475	
X	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	

Tabela 7 - Força de impacto do copo de vidro e carrinho em função da massa do objeto, velocidade de lançamento e altura consideradas

Copo de vidro/Carrinho de fricção	Massa (Kg)	0,15		
Velocidade de lançamento (m/s)	Força de impacto (Newton)			
	Altura (m)			
	24	48	60	
5	1239,286	2416,072	3004,465	
10	1426,786	2603,572	3191,965	
15	1739,286	2916,072	3504,465	
20	2176,786	3353,572	3941,965	
25	2739,286	3916,072	4504,465	
30	3426,786	4603,572	5191,965	
35	4239,286	5416,072	6004,465	
40	5176,786	6353,572	6941,965	
45	6239,286	7416,072	8004,465	
50	7426,786	8603,572	9191,965	
55	8739,286	9916,072	10504,465	
X	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	

Tabela 8 - Força de impacto da lata de alumínio em função da massa do objeto, velocidade de lançamento e altura consideradas

Lata de alumínio (cheia)	Massa (Kg)	0,364		
Velocidade de lançamento (m/s)	Força de impacto (Newton)			
	Altura (m)			
	24	48	60	
5	2255,50052	4397,25104	5468,1263	
10	2596,75052	4738,50104	5809,3763	
15	3165,50052	5307,25104	6378,1263	
20	3961,75052	6103,50104	7174,3763	
25	4985,50052	7127,25104	8198,1263	
30	6236,75052	8378,50104	9449,3763	
35	7715,50052	9857,25104	10928,1263	
40	9421,75052	11563,50104	12634,3763	
45	11355,50052	13497,25104	14568,1263	
50	13516,75052	15658,50104	16729,3763	
55	15905,50052	18047,25104	19118,1263	
X	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	



