



DISCIPLINAMENTO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO URBANO
VISANDO A PRESERVAÇÃO DO MEIO AMBIENTE

FRANCISCO SUETÔNIO BASTOS ^{we} MOTA

Tese apresentada à Faculdade de Saú
de Pública da USP, para obtenção do
título de Doutor em Saúde Pública.

Orientador: Prof. Walter Engrácia
de Oliveira

São Paulo

1980

A G R A D E C I M E N T O

Ao Professor Walter Engrácia de Oliveira,
orientador e constante incentivador,

Ao Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará e, em especial, à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos.

Ao Centro de Ciências da Saúde da Universidade Estadual do Ceará.

Aos meus pais, irmãos e minha mulher, responsáveis por minha formação e incentivadores permanentes.

S U M Á R I O

1. INTRODUÇÃO
2. OBJETIVO
3. MATERIAIS E MÉTODOS
4. URBANIZAÇÃO E MEIO AMBIENTE
 - 4.1 - O ecossistema urbano
 - 4.2 - Características ambientais e a urbanização
 - 4.2.1 - Condições climáticas
 - 4.2.2 - Topografia
 - 4.2.3 - Geologia
 - 4.2.4 - Fatores hidrológicos
 - 4.2.5 - Outras características ambientais
 - 4.3 - Urbanização e poluição do meio ambiente
 - 4.3.1 - Poluição do solo
 - 4.3.2 - Poluição da água
 - 4.3.2.1 - Fontes localizadas de poluição da água
 - 4.3.2.2 - Fontes não localizadas de poluição da água
 - 4.3.2.2.1 - Água de escoamento superficial
 - 4.3.2.2.2 - Água de infiltração
 - 4.3.3 - Poluição do ar
 - 4.3.3.1 - Emissão de poluentes
 - 4.3.3.2 - Fatores ambientais
 - 4.3.4 - Poluição acústica
 - 4.3.5 - Poluição visual
5. USO DO SOLO E PRESERVAÇÃO DO MEIO AMBIENTE
 - 5.1 - Técnicas de planejamento urbano
 - 5.2 - Uso do solo e controle da poluição do solo
 - 5.2.1 - Disposição de resíduos no solo
 - 5.2.1.1 - Disposição de resíduos sólidos
 - 5.2.1.2 - Disposição de resíduos líquidos
 - 5.2.2 - Erosão do solo
 - 5.3 - Uso do solo e controle da poluição da água
 - 5.3.1 - Capacidade da infra-estrutura sanitária existente ou projetada
 - 5.3.2 - Proteção do lençol freático
 - 5.3.3 - Proteção de mananciais superficiais
 - 5.3.3.1 - Controle de fontes não localizadas
 - 5.3.3.2 - Controle de fontes localizadas

- 5.4 - Uso do solo e controle da poluição do ar
 - 5.4.1 - Controle de fontes estacionárias
 - 5.4.1.1 - Potencial de poluição
 - 5.4.1.2 - Dispersão de poluentes
 - 5.4.1.3 - Critérios para localização das fontes
 - 5.4.2 - Controle de fontes móveis
 - 5.4.3 - Arranjo das edificações e áreas livres
- 5.5 - Uso do solo e controle da poluição acústica
 - 5.5.1 - Níveis aceitáveis de ruído
 - 5.5.2 - Medidas preventivas de controle
 - 5.5.2.1 - Afastamento entre fonte e receptor
 - 5.5.2.2 - Controle de ruídos do tráfego
 - 5.5.2.3 - Controle de ruídos de aeroportos
- 5.6 - Uso do solo e controle dos recursos de valor paisagístico, ambiental e cultural

6. METODOLOGIA DE PLANEJAMENTO URBANO VISANDO A PRESERVAÇÃO DO MEIO AMBIENTE

- 6.1 - Etapas do planejamento
- 6.2 - Sistemática de controle
 - 6.2.1 - Aspectos legais e institucionais
 - 6.2.2 - Técnicas de controle
 - 6.2.3 - Aspectos econômicos
 - 6.2.4 - Recursos humanos e educação ambiental

7. RESUMO DAS PRINCIPAIS RECOMENDAÇÕES

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

RELAÇÃO DOS QUADROS

<u>QUADRO</u>	<u>TÍTULO</u>
4.1	Mudanças médias em características climáticas, causadas pela urbanização
4.2	Variações de temperatura com o uso do solo urbano, em Washington, D.C. e Sheffield, Inglaterra, em dia claro de verão
4.3	Erosão do solo em função da topografia
4.4	Erosão em função do uso do solo
4.5	Volume de sedimentos erodidos, por tipo de uso do solo
4.6	Persistência de alguns inseticidas clorados no solo
4.7	População equivalente de produção fecal de animais, em termos de demanda bioquímica de oxigênio
4.8	Características da água de escoamento superficial em áreas urbanas
4.9	Concentrações médias de alguns constituintes de águas de enxurradas, em diferentes intervalos de tempo. Northampton, Inglaterra, 1963
4.10	Distâncias e tempos de percursos alcançados por poluentes de águas subterrâneas em diversas formações geológicas
4.11	Porcentagens de emissão de poluentes, por fontes. Baía de São Francisco, Estados Unidos, 1975
4.12	Distribuição das emissões por tipo de fonte de poluição do ar, na região da grande São Paulo, 1978
4.13	Principais poluentes do ar, suas fontes e seus efeitos
4.14	Níveis de ruídos e efeitos sobre as atividades humanas
4.15	Regra de adição de decibéis, para combinação de níveis
5.1	Composição de líquidos percolados em resíduos sólidos, Estados Unidos da América
5.2	Seleção do material de cobertura final de aterros sanitários, para as diversas finalidades da mesma
5.3	Lotes mínimos em função da declividade do terreno, região montanhosa do Estado de Georgia, Estados Unidos

QUADROTÍTULO

- 5.4 Ocupação do solo em função da declividade do terreno
Condados dos Estados Unidos da América
- 5.5 Afastamentos recomendados para áreas de infiltração
de efluentes de fossa. Estados Unidos da América
- 5.6 Dimensões mínimas de lotes em função da infra-estru
tura sanitária. Cidade de Carleton, Michigan, Estau
dos Unidos
- 5.7 Proposta para dimensões mínimas e índice de ocupação
de lotes em função da infra-estrutura sanitária exist
tente. Uso residencial
- 5.8 Proposta para dimensões mínimas e índice de ocupação
de lotes em função da infra-estrutura sanitária exist
tente. Uso comercial
- 5.9 Características dos principais resíduos líquidos ind
ustriais
- 5.10 Tabela de equivalentes populacionais para diferentes
tipos de indústrias
- 5.11 Emissão de poluentes em fontes estacionárias de pou
luição
- 5.12 Classificação geral de indústrias por emissão de deu
terminados poluentes
- 5.13 Taxas de emissão de determinados poluentes atmosférii
cos, por classe de indústria
- 5.14 Indústrias potencialmente grande poluidoras do
ar
- 5.15 Indústrias potencialmente médio poluidoras do ar
- 5.16 Indústrias potencialmente pequena poluidoras do ar
- 5.17 Indústrias potencialmente leve poluidoras do ar ou
não poluidoras do ar
- 5.18 Emissão de poluentes em veículos a gasolina, em funu
ção das características de funcionamento e idade dos
mesmos
- 5.19 Emissão de poluentes por automóveis e ônibus, por -
passageiro transportado, por milha, Estados Unidos -
da América. 1960 a 1973

QUADROT Í T U L O

- 5.20 Níveis de ruído recomendados para ambientes externos, em função do uso do solo - Suíça
- 5.21 Limites de ruídos em locais de trabalho, em função do período de exposição diária. Estado da Pennsylvania - (E.U.A.) e Brasil
- 5.22 Níveis de ruídos aceitáveis para ambientes internos, de acordo com a NB-95, da Associação Brasileira de Normas Técnicas
- 7.1 Resumo das recomendações visando o controle da poluição do solo
- 7.2 Resumo das recomendações visando o controle da poluição da água
- 7.3 Resumo das recomendações visando o controle da poluição do ar
- 7.4 Resumo das recomendações visando o controle da poluição acústica
- 7.5 Resumo das recomendações visando a preservação dos recursos de valor paisagístico, ambiental e cultural

RELAÇÃO DAS FIGURAS

<u>FIGURA</u>	<u>TÍTULO</u>
4.1	O ecossistema urbano - recursos e produtos
4.2	Consequências da urbanização sobre o ciclo hidrológico
4.3	Infiltração "RUNOFF" e evapo-transpiração, em função da pavimentação da superfície do solo
4.4	Atividades humanas no meio urbano e a poluição ambiental
4.5	Principais modos de ocorrência da poluição da água
4.6	Fontes de poluição da água, poluentes e impactos qualitativos
4.7	Alguns modos de ocorrência da poluição da água subterrânea
4.8	Fontes de poluição do ar. São Paulo. 1975
4.9	Fontes de poluição do ar. Estados Unidos da América. 1975
4.10	Camadas atmosféricas - Condições normais e inversões
4.11	Movimento do ar em montanhas e vales
4.12	Dispersão de poluentes impedida por montanhas
4.13	"Domus de poeira". Circulação do ar em uma cidade
4.14	Níveis equivalentes de ruídos em áreas residenciais de municípios da grande São Paulo. 1979
5.1	Modelo de análise dos aspectos ambientais na escolha - de terreno para receber resíduos
5.2	Uso do solo em função da declividade do terreno. Planning Commission, Nashville - Davidson County
5.3	Proposta para ocupação do solo em função da declividade
5.4	Ocupação do solo e o escoamento natural das águas
5.5	Zoneamento de áreas para uso de sistemas fossa/sumidouro ou vala de infiltração
5.6	Exemplos de faixas de proteção de cursos d'água

<u>FIGURA</u>	<u>T Í T U L O</u>
5.7	Esquema de faixas visando a preservação de cursos d'água
5.8	Exemplo de distribuição de lotes e vias públicas nas margens de cursos d'água
5.9	Aspectos a considerar na escolha de locais para lançamentos de efluentes em áreas urbanas
5.10	Exemplo de "ROSA DOS VENTOS"
5.11	Esquema de uma distribuição Gaussiana
5.12	Exemplo de curvas de concentração de poluentes a partir de uma fonte
5.13	Processo de planejamento para definição da localização de atividades poluidoras do ar
5.14	Exemplo de uso do solo visando preservar a qualidade do ar em áreas sensíveis
5.15	Exemplo do uso do solo vizinho a uma via de grande movimento de veículos
5.16	Distribuições adequada e inadequada de edificações
5.17	Arranjo de áreas verdes favorecendo a circulação do ar
5.18	Exemplo de barreira contra a propagação do som resultante de tráfego intenso
5.19	Propagação do som em diversas seções de vias
5.20	Curvas de "Previsão de exposição ao ruído" (N.E.F - "Noise exposure fore cast")
5.21	Exemplo de disciplinamento do uso do solo nas vizinhanças de um aeroporto, visando minimizar o impacto do ruído em áreas sensíveis
5.22	Exemplos de ocupações certas e erradas do solo, em termos de aspectos visuais
5.23	Exemplo de um mapa indicativo de áreas de valor paisagístico, ambientais e histórico-cultural
6.1	Fases do planejamento do uso do solo visando a preservação do meio ambiente
6.2	Integração entre órgãos de planejamento urbano, de controle ambiental e de serviços públicos

FIGURA

T Í T U L O

- 6.3 Método da superposição de mapas para identificação de áreas ambientais sensíveis à urbanização
- 6.4 Exemplo esquemático de dois parcelamentos diferentes de uma mesma área, mantendo-se a mesma densidade
- 6.5 Exemplo de parcelamento do solo considerando aspectos - topográficos e condições natural do terreno

R. E S U M O

O trabalho tem como objetivo apresentar técnicas de disciplinamento do uso do solo urbano visando a preservação do meio ambiente.

Inicialmente, é discutido o interrelacionamento entre a urbanização e o meio ambiente, mostrando como as características ambientais influem no processo de urbanização ou são alteradas pelo mesmo. Entre as alterações resultantes do desenvolvimento urbano é ressaltada a poluição ambiental em suas diversas modalidades: do solo, da água, do ar, acústica e visual.

A seguir, são propostas técnicas de disciplinamento do uso e ocupação do solo urbano a serem aplicadas como medidas de controle preventivo destas modalidades de poluição.

São recomendadas medidas de preservação do meio ambiente na disposição de resíduos sólidos e líquidos, para controle da erosão, como proteção da qualidade de águas superficiais e subterrâneas, como controle da poluição do ar e acústica, ou como proteção dos recursos de valor paisagístico, ambiental e cultural.

Finalmente, é apresentada uma metodologia de planejamento urbano visando a preservação do meio ambiente, onde são discutidos os aspectos técnicos, legais, institucionais, econômicos e sociais do processo.

O trabalho baseia-se em pesquisa bibliográfica e na observação de programas de disciplinamento do uso do solo de cidades brasileiras e americanas.

S U M A R Y

URBAN LAND USE CONTROL AND ENVIRONMENT PRESERVATION

This work discusses land use control techniques for urban environment preservation.

First, the relationship between urbanization and environment is discussed; it is shown how environmental characteristics affect urbanization and how urbanization affects environment. Some kinds of environmental pollution are discussed: solid wastes disposal problems, water pollution, air pollution, noise, and visual quality impacts.

After, some land use control techniques are proposed for the preventive control of these kinds of pollution, related solid and liquid wastes disposal, erosion control, groundwater and surface water protection, air pollution and noise control, landscape, environmental and historic resources preservation.

Finally, it is proposed an urban planning model for environmental protection. Technical, legal, economic and social aspects of planning are discussed.

This work is based on bibliographic research and observation of land use control programs of Brazilian and American cities.

1. INTRODUÇÃO

É fato já comprovado e bastante discutido o processo de urbanização que ocorre em todo mundo. Acompanhado do aumento da população, há um acentuado crescimento da população urbana, ocorrendo uma elevação na porcentagem de pessoas vivendo nas cidades, comparada com a relativa aos habitantes do meio rural.

No Brasil ocorre, também, este fenômeno e o mesmo caracteriza-se por uma concentração de pessoas, principalmente, em algumas cidades grandes, as quais tendem a se tornar cada vez maiores.

Até o ano de 1954 a população brasileira dobrava cada 32 anos, passando, a partir daí, a duplicar cada 24 anos. Assim, a população do Brasil, que era de 57,6 milhões de pessoas em 1954, foi estimada em 114,6 milhões em 1978 e deverá alcançar 229,2 milhões de habitantes no ano 2.002. (60)

Como dissemos, este crescimento da população acentua-se nas áreas urbanas. Alguns dados da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística confirmam esta afirmativa: (4)

- Em 1940, a população urbana brasileira representava 31,2% da população total. Em 1960 foi constatada uma população das cidades significando 45,1% do total. Porém, no ano de 1970 foi maior a porcentagem de habitantes urbanos - 55,9%, estimando-se para 1980 uma proporção ainda maior - 63,5% da população total do Brasil.

- As 9 regiões metropolitanas brasileiras (Belém, Curitiba, Fortaleza, Salvador, Porto Alegre, Belo Horizonte, Recife, Rio de Janeiro e São Paulo), com uma área terrestre igual a cerca de 0,5% da área total do país, abrigavam, em 1975, cerca de 27% de sua população.

- Os municípios com mais de um milhão de pessoas - São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Recife, Salvador, Fortaleza e Porto Alegre - representando apenas cerca de 0,05% do território nacional, concentravam, em 1975, cerca de 17% da população brasileira.

Além das regiões e cidades já citadas, outras áreas urbanas brasileiras vêm apresentando elevado crescimento.

O aumento da população e a conseqüente ampliação das cidades deveriam ser sempre acompanhados de um crescimento de

toda a infra-estrutura urbana necessária a proporcionar aos habitantes uma mínima condição de vida.

A ordenação deste crescimento se faz necessária, de modo que as influências que o mesmo possa ter sobre o meio ambiente não se tornem prejudiciais aos habitantes.

Infelizmente, nem sempre ocorre o que seria teoricamente desejado. O processo de ocupação é feito sem a devida implantação da infra-estrutura necessária. O crescimento é desordenado, sem considerar as características dos recursos naturais do meio.

As consequências deste processo inadequado de crescimento são as já comuns em todas as cidades grandes: falta de condições sanitárias mínimas em muitas áreas; ausência de serviços indispensáveis à vida das pessoas nas cidades; ocupação de áreas inadequadas; destruição de recursos de valor ecológico; poluição do meio ambiente; habitações em condições precárias de vida.

Tudo isto reflete-se na qualidade de vida urbana, repercutindo diretamente sobre a saúde das pessoas.

O planejamento territorial urbano tem sido usado como uma forma de ordenar o crescimento das cidades, de modo a minimizar os problemas decorrentes da urbanização.

O disciplinamento do uso do solo urbano constitui uma importante ferramenta neste processo de ordenação. O zoneamento, com a definição de usos preponderantes, compatíveis ou indesejáveis para as diversas áreas de uma cidade, pode resultar numa adequada distribuição de atividades, evitando-se, ao máximo, efeitos negativos sobre o ambiente de vida de seus habitantes.

De um modo geral, os usos do solo urbano podem ser classificados da seguinte forma:

- USOS RESIDENCIAIS
- USOS INDUSTRIAIS
- USOS COMERCIAIS
- USOS INSTITUCIONAIS (públicos ou privados*)
- ÁREAS DE CIRCULAÇÃO
- ÁREAS VAGAS (públicas ou privadas: próprias ou im próprias ao uso urbano)
- ÁREAS DESTINADAS À RECREAÇÃO

A distribuição destes usos se faz de forma variada, em função das características peculiares a cada cidade, e, normalmente resulta em alterações do ambiente natural.

Estas alterações podem ser pequenas, facilmente assimiláveis pela Natureza, ou podem acontecer em proporções maiores, provocando desequilíbrios.

Estes desequilíbrios podem resultar em alterações indesejáveis (poluição) dos recursos solo, ar e água, com prejuízos para a população. E isto sempre ocorre quando o disciplinamento do uso do solo é feito sem considerar aspectos ambientais, não levando em conta princípios básicos de saneamento.

O planejamento urbano tem sido feito considerando - critérios sociais, econômicos e culturais, mas muito pouco tem sido feito sob o aspecto ecológico.

Os usos do solo citados anteriormente, quando feitos sem visar a preservação ambiental, resultam em problemas para os habitantes das cidades. Alguns exemplos podem ser citados:

- A localização de residências (USO RESIDENCIAL) em áreas com solos inadequados à utilização de sistemas fossa -sumidouro (terrenos impermeáveis ou com lençol freático elevado), pode criar muitos problemas aos seus moradores, quando não existirem sistemas adequados de abastecimento de água e de afastamento do esgoto.

- A instalação de indústrias (USO RESIDENCIAL) sem considerar os aspectos climáticos da localidade, com certeza resultará em problemas de poluição do ar, podendo afetar áreas residenciais próximas.

- Vias de grande circulação de veículos (ÁREAS DE CIRCULAÇÃO), inadequadamente posicionadas nas proximidades de residências, podem resultar em poluição acústica ou atmosférica, com malefícios para os seus moradores.

- A construção de um aeroporto (USO INSTITUCIONAL) - nas proximidades de zonas residenciais, causará distúrbios em termos de poluição acústica, prejudicando o sossego dos habitantes.

Estes são alguns exemplos de usos incorretos do solo urbano, com efeitos indesejáveis sobre o meio ambiente, e, conseqüentemente, sobre as pessoas que aí vivem.

O conhecimento e a aplicação de princípios sanitários no disciplinamento destes usos, muito contribuirão para atenuar

nuar estes efeitos.

Do mesmo modo, muitas outras técnicas de saneamento podem contribuir para um melhor disciplinamento do uso do solo urbano.

Com o crescimento acelerado de áreas urbanas, já comentado, cada vez mais devem ser considerados os aspectos ambientais no planejamento urbano. Os problemas de poluição podem ser minimizados ou mesmo evitados, pela simples aplicação de princípios básicos de saneamento, quando do disciplinamento do uso do solo.

A necessidade deste maior entrosamento entre os objetivos do saneamento e os do planejamento territorial foi ressaltada por ENGRÁCIA DE OLIVEIRA, já em 1964, quando afirmou: "Dada a influência do saneamento no desenvolvimento, conseqüentemente se torna importante incluí-lo criteriosamente no processo de planejamento territorial". (17)

2. OBJETIVO

Este trabalho pretende estudar os princípios de saneamento que deverão ser considerados no disciplinamento do uso do solo urbano, visando a preservação do meio ambiente.

Após uma abordagem das consequências da urbanização sobre o meio ambiente, através das diversas formas de poluição do solo, do ar, da água, acústica e visual - deverão ser estudados os diversos critérios ambientais a serem considerados no planejamento urbano. Ou seja, serão discutidas as diversas formas de aplicação de técnicas de saneamento ao planejamento, visando uma melhor qualidade do ambiente urbano.

Como já dissemos, este é o melhor caminho a ser seguido, pois visa preservar os recursos naturais, através de uma melhor distribuição dos usos do solo nas cidades.

Muitos são os critérios a serem utilizados no planejamento territorial e este trabalho tem como objetivo discutí-los sob vários aspectos, apresentando técnicas de disciplinamento do uso do solo urbano que levem em consideração a aplicação dos mesmos.

A Organização Mundial da Saúde, em 1965, no seu Boletim número 297, da Série de Relatórios Técnicos, preconizava que - "As normas de planejamento físico mais válidas são as que se apoiam em normas sanitárias e que consideram, portanto, os problemas de saneamento". (63)

Deste Relatório da O.M.S. podemos transcrever alguns outros trechos:

"São essenciais uma maior cooperação e uma coordenação em uma escala muito mais ampla entre planejadores e profissionais de saúde ambiental. Desde que o objetivo de ambos é melhorar a saúde e bem-estar das pessoas, é de particular significância que os dois ponham maior ênfase na prevenção do que na cura".

"No processo de planejamento, os planejadores e os profissionais de saúde ambiental devem trabalhar juntos".

"Desde que o uso do solo tem sido tradicionalmente a chave para o planejamento metropolitano, deve ser considerada a sua interação com o sistema de abaste

cimento de água, coleta e disposição de esgoto, drenagem, transporte, coleta e disposição do lixo, poluição do ar, do solo e da água, etc."

Neste Relatório, a Organização Mundial de Saúde resalta a necessidade de uma maior integração entre os profissionais do planejamento e do saneamento, já que o objetivo de ambos é o mesmo - uma melhor qualidade de vida para a população.

Infelizmente, tem sido pequeno este interrelacionamento. Ainda é insignificante a participação do profissional de saneamento no planejamento territorial. Por outro lado, medidas de planejamento poderiam ser aplicadas com maior eficácia na preservação ambiental.

Somente na área de preservação de recursos hídricos tem havido alguma preocupação em se relacionar o uso do solo com a qualidade da água. Alguns Estados brasileiros já possuem legislação que dispõe sobre o disciplinamento do uso do solo para proteção dos recursos hídricos.

Porém, muitos outros critérios ambientais poderiam ser aplicados ao planejamento territorial, com o objetivo de preservar os recursos do ar, solo e água.

Neste trabalho abordaremos toda esta problemática, procurando apresentar um roteiro de aplicação dos princípios básicos de saneamento ao disciplinamento do uso do solo urbano.

Este trabalho poderá ser utilizado por profissionais da área de planejamento, interessados na preservação ambiental, por sanitaristas cujas atividades se relacionem com o meio ambiente urbano, ou, o que é mais importante, por ambos, na realização de um trabalho conjunto em benefício da melhor qualidade de vida do homem urbano.

O trabalho foi feito visando sua aplicação ao meio ambiente urbano. No entanto, devemos destacar que não se pode isolar uma determinada área urbana do ambiente geral. Assim, o planejamento visando a preservação dos recursos naturais deve ser feito de forma global, analisando-se todos os fatores internos e externos ao meio.

É importante ressaltar, também, que as propostas apresentadas devem ser consideradas como uma indicação para o estudo aprofundado de cada ambiente. No trabalho, são recomendados alguns parâmetros, tais como dimensões mínimas de lotes, ta

xas de ocupação, afastamentos, entre outros, os quais não devem ser considerados como valores rígidos, devendo serem adaptados às características próprias de cada local.

O melhor planejamento é aquele feito com base no conhecimento detalhado do meio. Reconhecemos, no entanto, que nem sempre é possível um estudo aprofundado de todos os aspectos ambientais e, por isto, fazemos algumas proposições válidas de um modo geral, as quais, se aplicadas, já contribuirão para um processo de uso e ocupação do solo com menores consequências danosas ao ambiente natural.

Devemos reconhecer, ainda, que o planejamento é um processo inesgotável, adaptável a cada ambiente em estudo. Assim, acreditamos que as propostas feitas devem ser consideradas como um ponto de partida para um maior detalhamento sempre que forem ser aplicados. Muitos dados precisam ainda ser levantados, novos conhecimentos devem ser adquiridos, pesquisas necessitam ser desenvolvidas, tudo isto a ser feito por técnicos de diversas formações profissionais, de modo que seja cada vez mais aperfeiçoado o processo de planejamento visando a preservação do ambiente.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Conforme já vimos, este trabalho tem como objetivo a apresentar técnicas de disciplinamento do uso do solo urbano visando a preservação do meio ambiente.

Inicialmente, é feita uma discussão sobre as consequências da urbanização sobre o meio ambiente. A cidade é estudada como um ecossistema, em que vários fatores ambientais serão discutidos, verificando-se como os mesmos são afetados ou podem influir no processo de urbanização.

Como principais consequências da urbanização sobre o ambiente, são estudadas as diversas formas de poluição - do solo, do ar, da água, acústica e visual - observando-se as suas causas e modos de ocorrências.

São discutidas as técnicas de saneamento que podem ser aplicadas ao planejamento urbano, mostrando como as mesmas devem ser utilizadas no controle da poluição do solo, do ar, da água, acústica e visual.

Finalmente, são discutidas as técnicas a serem aplicadas no disciplinamento do uso do solo urbano visando a preservação do meio ambiente.

São, então, relacionados os dados, levantamentos e mapas necessários, atividades a serem desenvolvidas, etapas do processo e aspectos institucionais.

O trabalho é desenvolvido apoiado em pesquisa em vasta bibliografia nas áreas de planejamento territorial e saneamento ambiental, como também com base em observações de programas de disciplinamento do uso do solo de cidades brasileiras e dos Estados Unidos da América.

Estágio realizado nos Estados Unidos da América, em ôrgãos relacionados com o planejamento urbano e com o controle da poluição ambiental, através de programa elaborado pelo Departamento de Saúde, Educação e Bem-estar, daquele país, possibilitou o acompanhamento de trabalhos desenvolvidos nestas áreas.

Por outro lado, a nossa experiência profissional, exercendo atividades na Prefeitura Municipal de Fortaleza, nas áreas de planejamento, controle urbano e serviços públicos, seja como engenheiro da Secretaria de Urbanismo e Obras Públicas ou exercendo a função de Secretário de Serviços Urbanos, foi de grande valor para a elaboração deste trabalho.

4. URBANIZAÇÃO E MEIO AMBIENTE

4.1 - O ecossistema urbano

A cidade pode ser entendida como um ecossistema, considerando o conceito amplo do mesmo - uma unidade ambiental, dentro da qual todos os elementos e processos do ambiente são interrelacionados e interdependentes, de modo que uma mudança em um deles resultará em alterações em outros componentes.

Este ecossistema é formado de dois sistemas intimamente interrelacionados: o "sistema natural", composto do meio físico e biológico (solo, vegetação, animais, habitações, água, etc.) e o "sistema cultural", consistindo do homem e de suas atividades. Assim, como em outros sistemas ecológicos, o homem tem a capacidade de dirigir suas ações, utilizando o ambiente como fonte de matéria e energia necessárias a sua vida ou como receptor de seus produtos e resíduos.

Obviamente, um meio urbano não pode funcionar como um ambiente fechado, onde o homem possa encontrar tudo que necessita. Assim, a cidade deve ser entendida como um sistema aberto, funcionando de forma dependente de outras partes do meio ambiente geral.

As alterações introduzidas pelo homem no ambiente são sempre procedidas de forma rápida e variada, não permitindo, muitas vezes, que haja a recuperação normal da Natureza.

Outros animais provocam alterações ambientais, na busca de alimentos, na construção de abrigos ou na expelção de detritos. Porém, ao contrário das mudanças causadas pelo homem, isto se processa de forma natural, lenta, e sempre do mesmo modo, em geral, sem prejuízos ao meio ambiente.

Com o crescimento acelerado das cidades, as necessidades deste ecossistema urbano aumentam, também, rapidamente, e o seu atendimento é feito a partir de modificações ambientais, com prejuízos para o próprio meio.

As necessidades de um ecossistema urbano podem ser agrupadas em duas grandes categorias: necessidades biológicas, essenciais à sobrevivência da população urbana; e requisitos culturais, necessários ao funcionamento e crescimento da cidade. (32)

As necessidades biológicas do ecossistema urbano são:

- Ar
- Água
- Espaço
- Energia (alimento e calor)
- Abrigo
- Disposição de resíduos

As necessidades culturais são:

- Organização política
- Sistema econômico (trabalho, capital, materiais e poder)
- Tecnologia
- Transporte e comunicação
- Educação e informação
- Atividades social e intelectual - recreação, religião, senso de comunidade, etc.
- Segurança

Os requisitos biológicos e culturais são obtidos e desenvolvidos no ambiente físico da cidade, o qual é formado de quatro componentes principais:

- Ambiente litológico - constituído da parte imóvel, sem vida, do planeta (formações geológicas)
- Ambiente atmosférico
- Ambiente hidrológico
- Ambiente biológico

Para atender as suas necessidades, o homem utiliza-se destes ambientes, provocando mudanças e gerando resíduos.

Usando os recursos naturais, na forma de matéria e energia, o homem desenvolve suas atividades no ecossistema urbano, produzindo outras formas de energia, resíduos, bens e serviços. (FIGURA 4.1)

Estas atividades do homem dentro do seu ecossistema urbano, resultam em modificações ambientais. A urbanização é um processo que provoca alterações no meio físico.

Por outro lado, o ambiente físico pode influir sobre o processo de urbanização, contribuindo ou não para o seu desenvolvimento. Algumas áreas são de características desfavoráveis à implantação de cidades. Outras, oferecem boas condições, favo

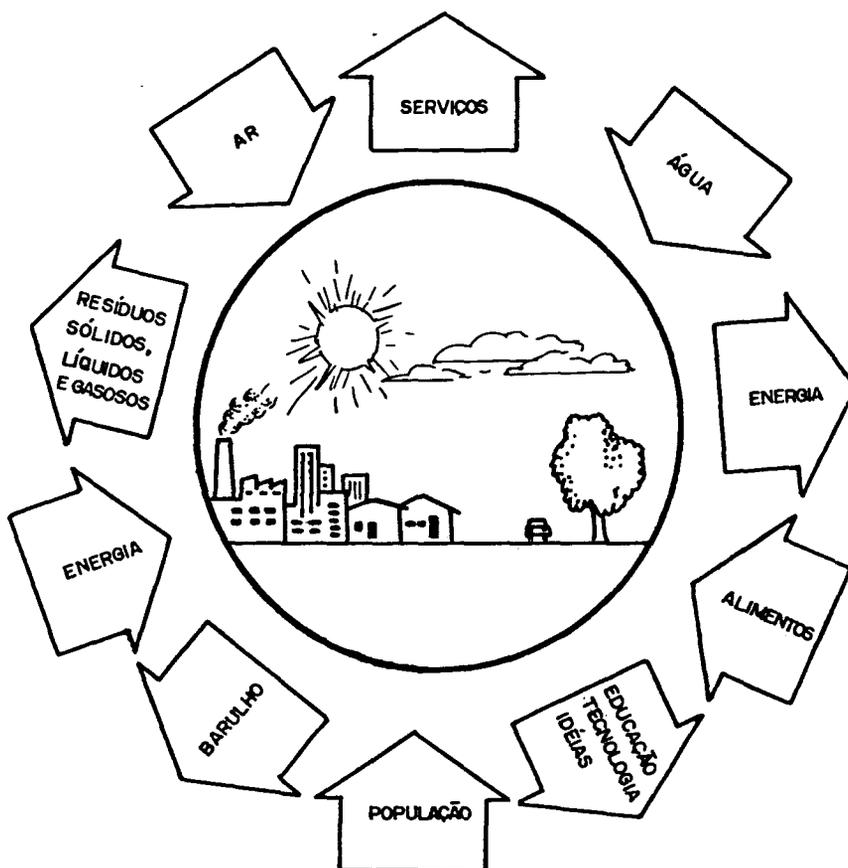


FIGURA 4.1

O ECOSISTEMA URBANO - RECURSOS E PRODUTOS

recendo à sua ocupação.

Com o desenvolvimento tecnológico atual, muitos obstáculos naturais podem ser vencidos pelo homem. Porém, isto pode ocorrer a um custo econômico muito alto, ou mesmo com alterações ecológicas de grande porte.

Compete ao homem a ocupação ordenada do solo, com a utilização racional do ambiente físico, de forma a garantir um ecossistema urbano equilibrado, que lhe ofereça as melhores condições de vida.

4.2 - Características ambientais e a urbanização

O meio ambiente pode exercer influências sobre o processo de urbanização, através de características que lhe são favoráveis ou não.

O processo de urbanização, por outro lado, provoca modificações no meio ambiente, alterando suas características.

As condições climáticas de uma região, a sua topografia, tipos e formações de solos, os recursos hídricos e a cobertura vegetal, entre outros, são características de um ambiente que estão relacionadas com a urbanização, influenciando no processo ou sendo modificadas por ele.

Algumas características do meio podem ser usadas como elementos que orientarão a definição dos diversos usos do solo. Por outro lado, o conhecimento dos impactos ambientais das diversas atividades em um meio urbano é importante no disciplinamento do uso do solo.

A seguir, são discutidos os principais fatores ambientais relacionados com a urbanização. Posteriormente, será estudado como os mesmos podem ser utilizados no disciplinamento do uso do solo urbano.

Conforme veremos no desenrolar do trabalho, estas características estão interrelacionadas, influenciando umas sobre as outras. Apenas para efeito didático serão estudadas separadamente.

4.2.1 - Condições climáticas

Entre os fatores climáticos que estão relacionados com a urbanização, podemos citar:

- Radiação solar
- Temperatura
- Velocidade e direção dos ventos
- Precipitação
- Umidade
- Camadas atmosféricas

Em algumas regiões, a distribuição da cidade e os tipos de construção devem favorecer a incidência do sol. Em outras, onde a radiação solar é intensa, esta incidência deve ser diminuída ou evitada.

A temperatura está relacionada com a urbanização. Áreas pavimentadas absorvem mais calor durante o dia e expõem durante a noite, aumentando a temperatura. Além disto, com a pavimentação há um escoamento mais rápido da água e, em consequência, um secamento mais rápido do solo, diminuindo o processo de evaporação, o qual tem efeito de resfriamento da superfície da Terra. Há ainda a considerar as atividades normais do meio urbano (máquinas e veículos) que produzem calor e contribuem para o aumento da temperatura.

A velocidade dos ventos é menor nas cidades, em consequência de barreiras (edificações) que são criadas a sua circulação.

Nas cidades, observa-se maior precipitação pluvial do que nos campos, pois as atividades humanas neste meio produzem maior número de núcleos de condensação. Por outro lado, constata-se menor umidade relativa nas áreas urbanas do que nos campos.

As camadas atmosféricas, com suas possíveis inversões, são fatores importantes que estão diretamente relacionados com a dispersão dos poluentes atmosféricos resultantes de atividades urbanas. A direção e a velocidade dos ventos são outros fatores a considerar sob este aspecto.

O desmatamento provoca alterações climáticas, pois a vegetação é responsável pela regularização da temperatura e da umidade. Além disto, a arborização contribui para uma melhor ventilação.

Nos QUADROS 4.1 e 4.2 indicamos como a urbanização pode modificar as condições climáticas. O QUADRO 4.1 mostra as alterações climáticas causadas pela urbanização, comparando com o meio rural. O QUADRO 4.2 apresenta variações de temperatura em diversas áreas de Washington, D.C. (Estados Unidos) e de Sheffield (Inglaterra); em função de diversos usos do solo urbano.

Vemos que as alterações climáticas resultantes do processo de urbanização são significativas. Todos estes aspectos devem ser considerados no planejamento urbano, pois a correta utilização destas características conduzirá a um ambiente urbano com melhores condições de vida.

A urbanização, de qualquer modo, provocará mudanças ambientais, já que a transformação de atividade rural para urbana é feita com alterações no meio. Compete aos planejadores disciplinar este processo, de forma que as repercussões sejam as mínimas possíveis.

QUADRO 4.1

Mudanças Médias em Características Climáticas, causadas
pela Urbanização

C A R A C T E R Í S T I C A S	COMPARAÇÃO COM O MEIO RURAL
Radiação	
global	15 a 20% menor
ultravioleta (no inverno)	30% menor
ultravioleta (no verão)	5% menor
duração de exposição ao sol	5 a 15% menor
Temperatura	
média anual	0,5 a 1,0°C maior
médias das mínimas no inverno	1 a 2°C maior
Contaminantes	
núcleos e partículas de condensação	10 vezes maior
misturas gasosas	5 a 25 vezes maior
Velocidade do vento	
média anual	20 a 30% menor
rajadas extremas	10 a 20% menor
calmarias	5 a 20% maior
Precipitação	
total	5 a 10% maior
dias com menos de 5mm	10% maior
neve	5% menor
Nebulosidade	
cobertura	5 a 10% maior
nevoeiro (no inverno)	100% maior
nevoeiro (no verão)	30% maior
Umidade relativa	
no inverno	2% menor
no verão	8% menor

FONTE: LANDSBERG, H.E. 1970 (28)

QUADRO 4.2

Variações de temperatura com o uso do solo urbano, em Washington, D.C. e Sheffield (Inglaterra), em um dia claro de verão

USO DO SOLO	WASHINGTON, D.C.		SHEFFIELD	
	Durante o dia	à noite	Durante o dia	à noite
Centro Comercial	97°F	85°F	69°F	54°F
Industrial	-	-	71	56
Residencial denso	96	83	70	53
Parque, próximo ao centro da cidade	95	84	66	46
Parque, próximo aos limites da cidade	94	78	-	-
Residencial suburbano	95	79	69	51
Meio rural	95	76	65	42
Variações máximas observadas	3	9	6	14

FONTE: LANDSBERG, H.E. 1968 (29)

4.2.2 - Topografia

A topografia de uma área pode influir no processo de urbanização. Por exemplo, terrenos com grandes declividades podem ser considerados não apropriados para ocupação urbana, devido aos problemas de instabilidade.

Algumas vezes, o homem consegue vencer obstáculos relacionados com a topografia não favorável, mas isto é feito com movimentação de terra e outras ações sobre a Natureza, causando impactos adversos à paisagem ou prejuízos à qualidade do meio ambiente.

A declividade do terreno contribui para o escoamento das águas. Quanto maior for o trecho em declive, maior será o escoamento da água pela superfície, carreando solo (através da erosão) e outros materiais para os recursos hídricos superficiais, influndo, portanto, na qualidade da água dos mesmos. (Ver QUADRO 4.3)

QUADRO 4.3

Erosão do Solo em função da Topografia

TOPOGRAFIA	Quantidade de Sedimentos produzidos (em tonelada por milha quadrada p/ano)
Área de florestas (plana)	10 a 40
Área de florestas (em declive)	25 a 100
Área urbana (plana)	25 a 100
Área urbana (em declive)	75 a 500

FONTE: U.S. FOREST SERVICE. 1969 (59)

Obs. 1 milha quadrada = 2,59 quilômetros quadrados

As condições topográficas estão, também, relacionadas com as características climáticas. Por exemplo, a ocorrência de inversões de temperatura, que podem contribuir para o agravamento da poluição do ar, é comum em vales. O posicionamento topográfico de determinada área pode influir para uma maior ou menor incidência do sol sobre a mesma.

Áreas baixas estão mais sujeitas a inundações do que terrenos elevados, mostrando que há, também, um interrelacionamento entre a topografia e fatores hidrológicos.

4.2.3 - Geologia

As condições geológicas de uma área urbana têm grande influência sobre o seu processo de expansão.

Cada tipo de solo tem características próprias, as quais podem influir decisivamente no tipo de ocupação de determinada zona urbana.

Assim, fatores geológicos podem ser favoráveis ou apresentar limitações a determinado uso do solo.

Algumas formações geológicas apresentam características que interessam à construção civil: resistência a cargas, umidade, plasticidade, permeabilidade, capacidade de absorção, etc. Por outro lado, constituindo-se material de várias modalidades da construção civil, é claro que o solo tem papel importante no processo de urbanização.

Alguns tipos de solo na cidade são recomendados para implantação de áreas verdes, campos de golfe, áreas de lazer ou usos similares.

Os aspectos geológicos estão intimamente relacionados com fatores hidrológicos, no que se refere, por exemplo, a: nível de lençol freático, infiltração da água precipitada, erosão, áreas alagadas, recarga do lençol freático, entre outros.

A água que se infiltra no terreno, além de outros fatores, depende, também, do tipo de solo sobre o qual incide. A infiltração é maior em solos arenosos, mais permeáveis, do que em solos argilosos, por exemplo.

Com relação à erosão, é claro que a quantidade de partículas de solo transportada pela água depende do grau de desagregação da rocha constituinte do terreno. Geralmente, solos argilosos são susceptíveis a erosão, devido serem compostos de finos grãos, os quais são facilmente dissolvidos na água.

Além da estrutura do solo, outros fatores estão relacionados com o processo de erosão:

- Intensidade e duração das chuvas
- Tipo de uso do solo

- Cobertura vegetal do solo
- Topografia: declividade (grau e comprimento do de
clive)

Os QUADROS 4.3 e 4.4, apresentam dados do Serviço de Florestas dos Estados Unidos da América, relacionando a quanti
dades de sedimentos carregados pelo processo de erosão com o ti
po de uso do solo e a topografia.

O QUADRO 4.5 mostra outros valores coletados nos Es
tados Unidos, para sedimentos produzidos em diferentes usos do solo. Podemos observar uma grande quantidade de sedimentos em á
reas ainda em processo de desenvolvimento, onde o ritmo de cons
truções é intenso.

Outra característica dos solos relacionada com o pro
cesso de urbanização, é a sua capacidade de utilização como meio de absorção de líquidos provenientes de fossas. Em á
reas desprovidas de redes de esgoto sanitário, este aspecto é de grande importância, quando da definição dos diversos usos do so
lo urbano.

O conhecimento das características do solo é indis
pensável, também, na escolha de áreas para aterros sanitários, bem como para sistemas de disposição de resíduos líquidos e de lodos em terrenos.

QUADRO 4.4

Erosão em função do Uso do Solo

USO DO SOLO	QUANTIDADE DE SEDIMENTOS PRODUZIDOS (em tonelada por milha quadrada por ano)
Florestas	9 a 50
Uso agrícola	1.000 a 5.000
Construções suburbanas	25.000 a 50.000
Residencial (após estabilização)	50 a 100

FONTE: U.S. FOREST SERVICE. 1969 (59)

Obs. 1 milha quadrada = 2,59 quilômetros quadrados

QUADRO 4.5

Volume de Sedimentos erodidos, por tipo de Uso do Solo

USO DO SOLO	VOLUME DE SEDIMENTOS ERODIDOS (Em tonelada por milha quadrada por ano)
Áreas com vegetação	100
Áreas rurais de uso misto	300
Áreas agrícolas (fazendas)	500
Áreas em desenvolvimento leve	10.000
Áreas em desenvolvimento intenso	100.000

FONTE: LEOPOLD, L.B. 1968 (30)

4.2.4 - Fatores hidrológicos

A água, como elemento indispensável à vida humana, - tem sido fator importante na localização e desenvolvimento de cidades.

Além do atendimento às necessidades biológicas do homem, a água cada dia se torna mais necessária para outros usos, tais como: suprimento a indústrias, produção de energia, irrigação, recreação, pesca, etc.

Assim, é importante, sob o aspecto da ocupação do solo para fins urbanos, que a água seja garantida em quantidade e qualidade necessárias aos usos para os quais se destinam.

Toda a água que dispomos faz parte do Ciclo Hidrológico, no qual este líquido circula através do ar, da superfície do solo e do sub-solo, compreendendo os processos de: Precipitação, Infiltração, Escoamento Superficial ("runoff"), Escoamento Subterrâneo, Evaporação e Evapo-Transpiração.

O processo de urbanização pode provocar alterações sensíveis no Ciclo Hidrológico, principalmente sob os seguintes aspectos: (Ver FIGURA 4.2)

- Aumento da precipitação, conforme já comentado anteriormente (ítem 4.2.1)
- Diminuição da evapo-transpiração, como consequência da redução da vegetação
- Aumento da quantidade de líquido escoado (aumento do "runoff")
- Diminuição da infiltração da água, devido a impermeabilização e compactação do solo. Os gráficos da FIGURA 4.3 mostram as porcentagens de água infiltrada, escoada e evapotranspirada, em função da pavimentação da superfície do solo
- Consumo de água superficial e subterrânea, para abastecimento público, usos industriais e outros
- Mudanças no nível do lençol freático, podendo ocorrer redução ou esgotamento do mesmo
- Maior erosão do solo e consequente aumento do processo de assoreamento das coleções superficiais de água

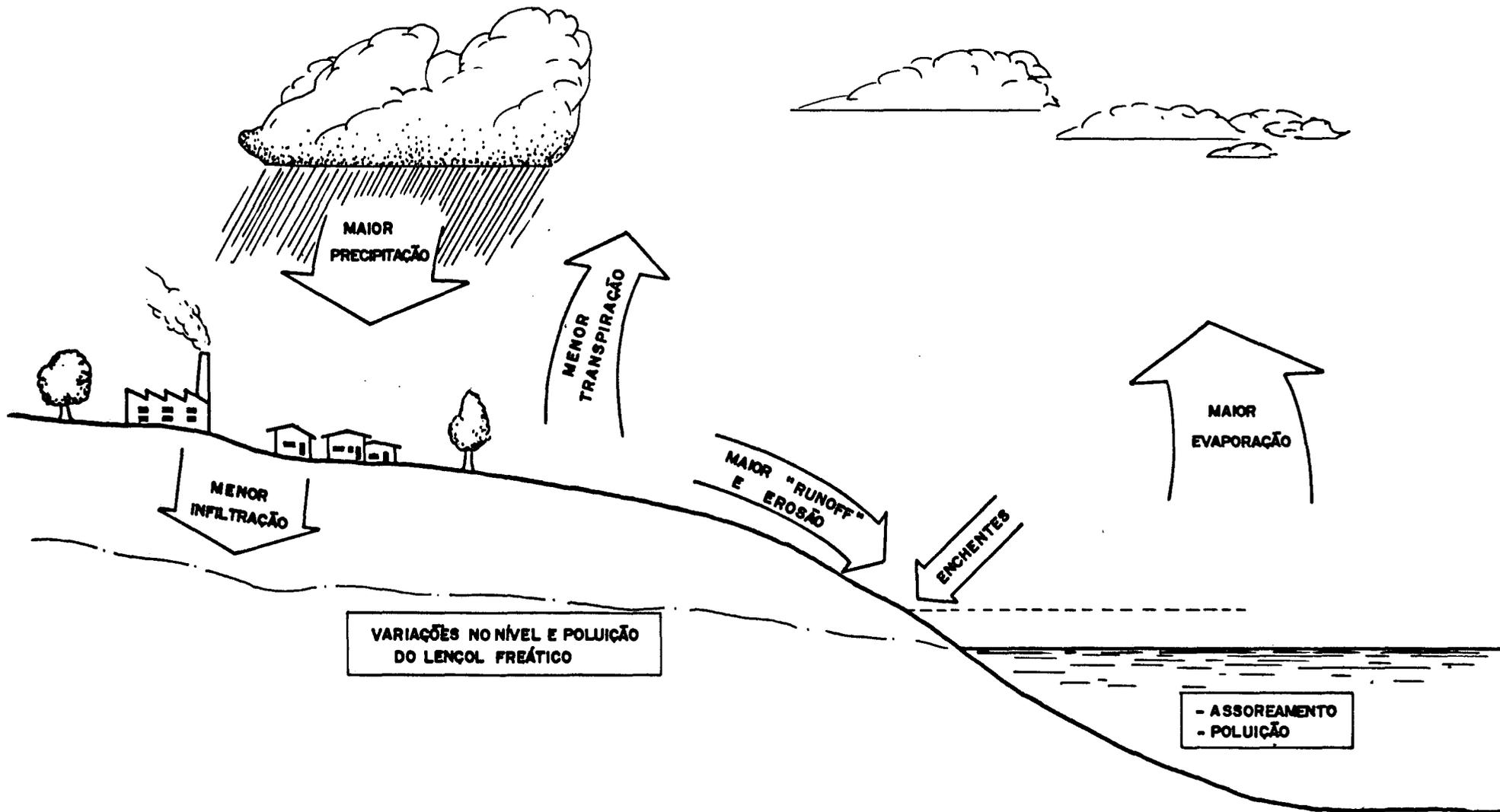


FIGURA 4.2

CONSEQUENCIAS DA URBANIZAÇÃO SOBRE O CICLO HIDROLÓGICO

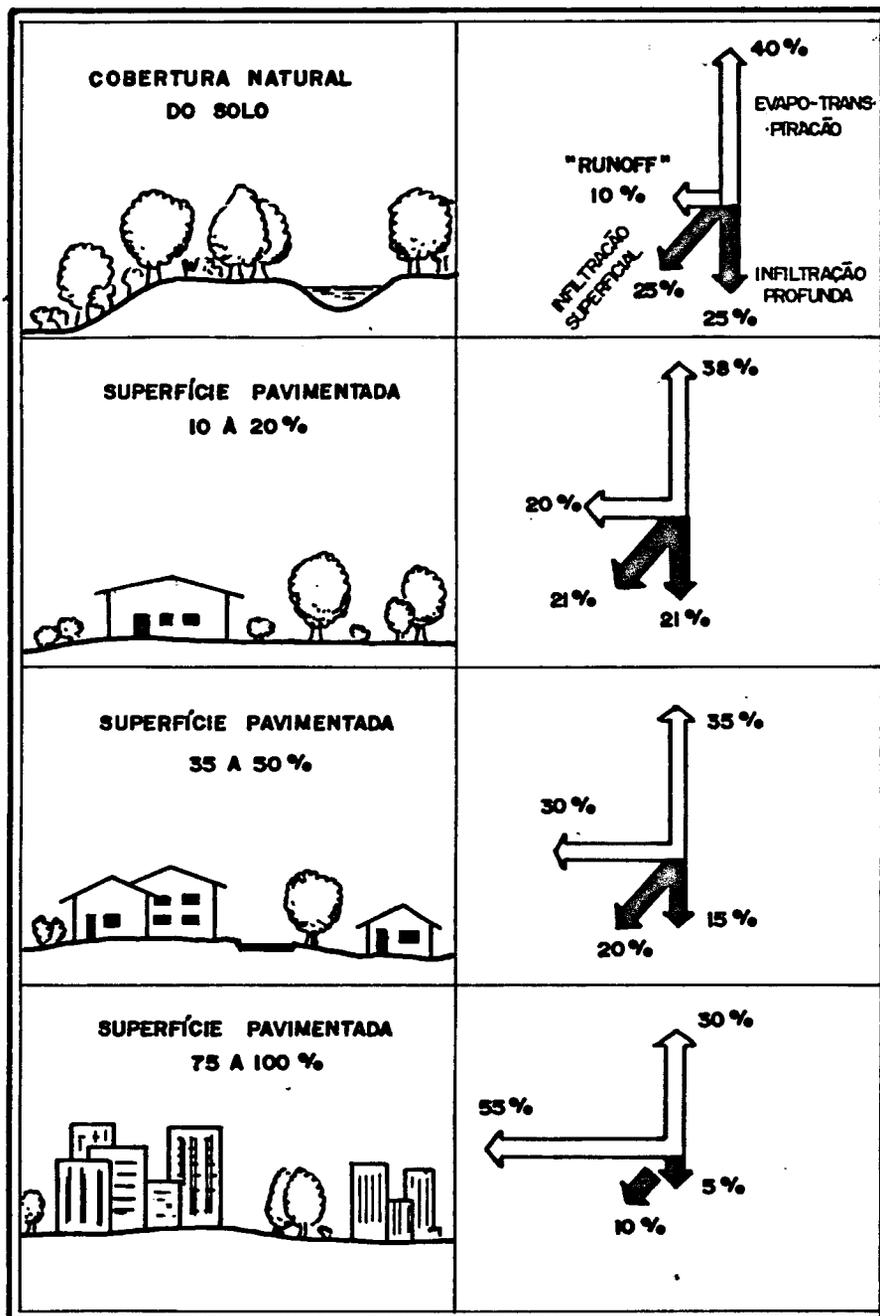


FIGURA 4.3

INFILTRAÇÃO, "RUNOFF" E EVAPO-TRANSPIRAÇÃO, EM FUNÇÃO DA PAVIMENTAÇÃO DA SUPERFÍCIE DO SOLO

- Aumento da ocorrência de enchentes
- Poluição de águas superficiais e subterrâneas.

Todas estas alterações no Ciclo Hidrológico podem resultar em condições bastante prejudiciais para os habitantes de uma área urbana. Portanto, estes aspectos devem ser considerados na ocupação do solo, visando minimizar os seus efeitos negativos.

4.2.5 - Outras características ambientais

Além dos fatores já comentados, outras características ambientais estão relacionadas com o processo de urbanização.

A ocupação de áreas primitivamente rurais por usos predominantemente urbanos, pode processar-se em detrimento de características especiais do meio ambiente, tais como:

- Vegetação
- Áreas de valor histórico ou paisagístico
- Áreas de importância ecológica

Nos comentários feitos nos itens anteriores, já ressaltamos a importância da vegetação e mostramos que a sua destruição resulta em mudanças indesejáveis no meio ambiente.

A cobertura vegetal do solo está relacionada com os seguintes aspectos ambientais:

- Contribui para a retenção e a estabilização dos solos
- Previne contra a erosão do solo, pois tem efeito amortecedor da chuva e favorece a infiltração da água, proporcionando menor escoamento superficial.
- Integra o Ciclo Hidrológico, através do processo de transpiração
- Às margens de cursos d'água, produz sombra que mantém a água na temperatura adequada às diversas espécies de peixes e de outros organismos aquáticos
- Influi no clima, pois interfere na incidência do sol, velocidade dos ventos e precipitação de águas pluviais

- Através da fotossíntese, fornece oxigênio ao meio
- É fonte de alimentos e matéria prima
- Está intimamente relacionada com a paisagem, oferecendo aspecto visual agradável
- Constitui ambiente natural para diversas espécies animal
- Pode ser considerada como um meio dispersor e absorvente de poluentes atmosféricos, ou como barreira à propagação de ruídos.

Obviamente, a ocupação urbana resultará sempre numa diminuição da cobertura vegetal original do solo. No entanto, se as principais características ambientais forem consideradas, através de uma utilização ordenada do solo, os efeitos sobre o meio ambiente serão minimizados e as consequências benéficas da vegetação poderão ser aproveitadas em favor da população.

O mesmo ocorre com as áreas de valor histórico, ecológico ou paisagístico, as quais devem ser usadas como elementos disciplinadores do uso do solo urbano.

4.3 - Urbanização e poluição do meio ambiente

Uma das consequências do processo de urbanização é a poluição do meio ambiente.

A poluição ambiental pode ser definida como qualquer alteração das características de um ambiente (água, ar ou solo) de modo a torná-lo impróprio às formas de vida que ele normalmente abriga. Estas modificações podem ser resultantes da presença, lançamento ou liberação, no ambiente, de matéria ou energia, em quantidade ou intensidade tais que o tornem impróprio.

O processo de urbanização resulta em modificações sobre o meio ambiente, como consequência de:

- Alterações no ambiente terrestre, necessárias à implantação da cidade. Exemplos: movimentos de terra; desmatamentos; desvios de cursos d'água.

- Utilização dos recursos naturais, como fonte de matéria e energia necessárias às atividades humanas. Exemplos: captação de água para abastecimento público e outros usos; queima de materiais para produção de energia; obtenção de matéria prima para processos industriais.

- Lançamento, no ambiente, de resíduos resultantes de processos biológicos do homem ou de atividades que ele desenvolve na cidade. Exemplos: gases expelidos por veículos automotores ou provenientes de processos industriais; esgotos domésticos e resíduos líquidos industriais; resíduos sólidos de diversas procedências.

Todas estas atividades humanas no meio urbano, se não realizadas ordenadamente, podem ocasionar alterações drásticas no ambiente, ou seja, podem causar a poluição. Como elemento do ecossistema urbano, o homem pode ser afetado pela poluição, a qual pode causar-lhe prejuízos à saúde, provocar danos aos seus bens e prejudicar as suas atividades normais. (FIGURA 4.4)

Podemos classificar as diversas formas de poluição ambiental nos seguintes tipos principais:

- Poluição do solo
- Poluição do ar
- Poluição da água
- Poluição acústica
- Poluição visual

Na realidade, nem sempre podemos separar a poluição ambiental por modalidades, pois, muitas vezes, elas ocorrem conjuntamente, havendo muitos fatores de interdependência entre as mesmas. Por exemplo, o lançamento do lixo em terrenos baldios resulta na poluição do solo e pode ocasionar a poluição da água superficial ou subterrânea, através do escoamento ou infiltração da água de chuva percolada através dos resíduos. Por outro lado, é comum a queima do lixo exposto, resultando na poluição do ar. A poluição visual - aspecto estético desagradável - é outra consequência dos depósitos de lixo a céu aberto.

Assim, nem sempre é possível estudar-se isoladamente uma determinada modalidade de poluição. Apenas por facilidade didática é que isto é feito.

Na adoção de medidas de controle da poluição é necessário conhecer como a mesma ocorre, suas fontes e processos. Isto é muito importante, principalmente na implantação de medidas preventivas de controle.

O disciplinamento do uso do solo, como já dissemos, pode ser feito visando a preservação do meio ambiente e, portanto, como uma medida preventiva contra a poluição. Para isto, é

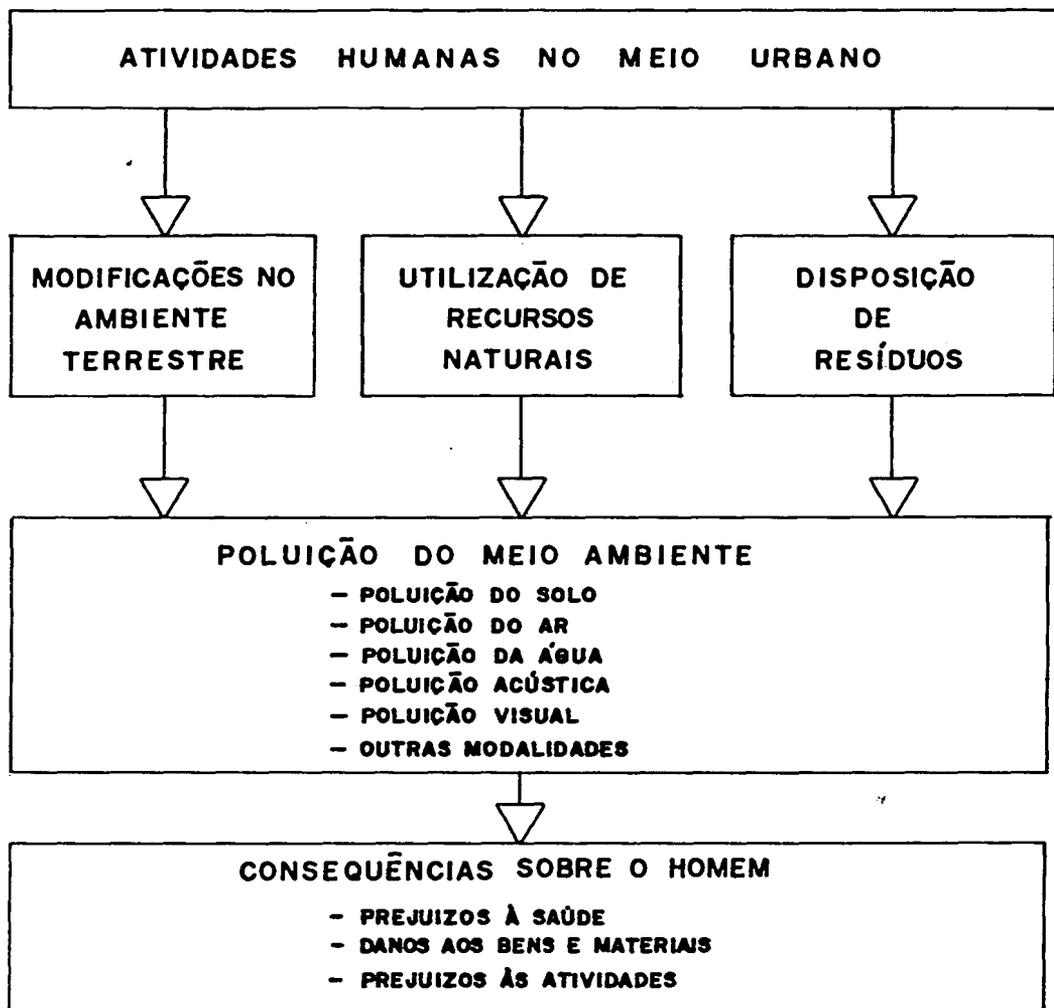


FIGURA 4.4

ATIVIDADES HUMANAS NO MEIO URBANO
E A POLUIÇÃO AMBIENTAL

necessário que se conheçam os mecanismos de ocorrência das diversas modalidades de poluição e os princípios de saneamento para evitá-las, com o fim de aplicá-los ao planejamento territorial.

O conhecimento de como pode acontecer a poluição do ar, da água, do solo, acústica e visual, em um meio urbano, bem como dos princípios sanitários que podem ser aplicados no disciplinamento do uso do solo para evitar a sua ocorrência, conduzirã a um bom planejamento territorial, o qual definirá uma ocupação de acordo com as características naturais do ambiente, com modificações adversas mínimas possíveis.

A seguir, estudaremos as diversas modalidades de polução. Posteriormente, discutiremos como o conhecimento dos mecanismos de sua ocorrência e de sua prevenção pode ser aplicado ao planejamento urbano.

4.3.1 - Poluição do solo

As atividades que o homem desenvolve sobre o solo, alterando as suas características naturais, seja através de mudanças na sua estrutura física, seja pelo lançamento de resíduos em sua superfície, podem resultar na sua poluição.

No meio urbano, muitas são as modificações impostas ao solo e as mesmas, resultando em uma forma de poluição - a poluição do solo, podem ser prejudiciais aos organismos que vivem nesta parte do ambiente natural, com reflexos sobre o homem.

As principais fontes de poluição do solo são:

- Aplicação de agentes químicos
- Presença de dejetos oriundos de animais
- Despejos de resíduos sólidos
- Lançamentos de resíduos líquidos, domésticos ou industriais
- Atividades que possam resultar na erosão do solo

Os agentes químicos aplicados no solo podem ser de duas modalidades: (a) defensivos agrícolas, que em um meio urbano são usados, geralmente, para combate a ervas daninhas de vias públicas, para eliminação de insetos e roedores nocivos, ou

mesmo visando o extermínio de pragas de pequenas lavouras; (b) fertilizantes aplicados em áreas paisagísticas públicas, jardins particulares ou pequenas culturas.

A poluição do solo por defensivos agrícolas é, principalmente, devida aos inseticidas clorados orgânicos, os quais têm alta persistência no solo, podendo levar vários anos para desaparecerem, após a sua aplicação. O QUADRO 4.6, mostra alguns dados sobre a persistência de determinados inseticidas no solo, podendo-se observar que são necessários até mais de uma dezena de anos para o desaparecimento de alguns deles.

QUADRO 4.6

Persistência de alguns Inseticidas Clorados no Solo

INSETICIDA	QUANTIDADE APLICADA (Kg/hectare)	TEMPO DE DESAPARECIMENTO DE 95%	
		INTERVALOS	VALORES MÉDIOS
Aldrin	1 - 3	1 - 6 anos	3 anos
Clordana	1 - 2	3 - 5 anos	4 anos
DDE	1 - 2,5	4 - 30 anos	10 anos
Dieldrin	1 - 3	5 - 25 anos	8 anos
Heptacloro	1 - 3	3 - 5 anos	3,5 anos
Lindana	1 - 2,5	3 - 10 anos	6,5 anos
Telodrin	1/4 - 1	2 - 7 anos	4 anos

FONTE: C.A. EDWARDS - Residue Rev. nº 83. 1966

No entanto, existem defensivos agrícolas com pouca persistência no solo, tais como os fosforados orgânicos, os quais, quando preciso, podem ser aplicados sem maiores problemas, desde que todos os cuidados necessários sejam adotados.

Os fertilizantes são aplicados ao solo visando melhorar a sua produtividade agrícola. No entanto, normalmente eles adicionam nutrientes ao terreno - nitrogênio, fósforo e potássio, os quais podem ser indesejáveis. Um dos exemplos da indesejabilidade destes nutrientes é o problema da eutrofização da água, como consequência da presença, em excesso, dos mesmos, os

quais foram carregados atavés de líquidos escoados ou percolados no solo.

No meio urbano, ao contrário de áreas rurais, a presença de dejetos de animais no solo não é considerável. No entanto, a criação de animais domésticos ou mesmo a presença de pequenos estábulos, pocilgas e granjas, podem resultar na poluição do solo por excrementos de animais.

Os detritos dos animais podem conter micro-organismos patogênicos e podem contribuir para a poluição da água que entra em contato com os mesmos, através do solo, alterando sua qualidade, inclusive contribuindo para uma elevada Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO. Já existem estudos comparativos entre a produção de DBO a partir de fezes de alguns animais e a quantidade produzida pela matéria fecal humana, conforme indicado no QUADRO 4.7.

QUADRO 4.7

População Equivalente de produção fecal de animais, em termos de Demanda Bioquímica de Oxigênio

ORIGEM DOS DEJETOS	EQUIVALENTE POPULACIONAL
Homem	1,0
Cavalo	11,3
Vaca	16,4
Carneiro	2,45
Porco	1,9
Galinha	0,14

FONTE: PARKER, H.W. 1975 (42)

Os resíduos sólidos das cidades têm, muitas vezes, como destino final a sua disposição sobre o solo, seja em simples aterro a céu aberto, seja através do processo conhecido como "aterro sanitário".

Quando o lixo é despejado em aterros a céu aberto, a poluição do solo pode resultar em:

- Aspecto estético desagradável
- Maus odores, resultantes da decomposição dos detritos
- Proliferação de insetos e roedores, transmissores de doenças
- Possibilidade de acesso de pessoas, podendo ocasionar doenças por contato direto
- Poluição da água subterrânea ou superficial, através da infiltração de líquidos e carreamento de impurezas por escoamento superficial
- Possibilidade de queima dos resíduos, com incômodos à população e causando a poluição do ar
- Desvalorização de áreas próximas ao depósito dos resíduos sólidos

Mesmo a solução conhecida como "aterro sanitário", - quando não corretamente aplicada, pode causar a poluição do solo e, a partir daí, provocar a poluição de águas superficiais ou subterrâneas nas proximidades, conforme discutiremos proximamente.

A disposição, no solo, de lodos resultantes de processos de tratamento de esgoto é outra fonte de poluição. É comum a presença, nestes lodos, de ovos de parasitas intestinais, de micro-organismos patogênicos resistentes ao tratamento e de compostos químicos nocivos.

O destino a ser dado aos resíduos sólidos contendo substâncias tóxicas, resultantes de processos industriais, vem se constituindo um problema de difícil solução, pois o seu lançamento no solo pode resultar na poluição do mesmo, com graves consequências para o homem.

Os resíduos líquidos, domésticos ou industriais, são lançados no solo, em duas condições:

- (1) Devido à falta de um sistema adequado de esgotamento sanitário, favorecendo à prática não correta de dispor os dejetos humanos ou resíduos industriais diretamente sobre o solo.
- (2) Em processo de tratamento de esgoto, quando o líquido é disposto em lagoas de estabilização, ou utilização em práticas de irrigação agrícola.

Os esgotos domésticos lançados no solo favorecem ao contato direto das pessoas com organismos patogênicos, sendo comum a transmissão de doenças originárias de ovos de parasitas intestinais, tais como a ancilostomíase e as helmintoses.

Estes líquidos, infiltrando-se no terreno, podem causar poluição da água subterrânea e superficial, o mesmo acontecendo com os que são percolados a partir de lagoas de estabilização ou de práticas de irrigação.

A erosão, sendo um processo de modificação da estrutura do solo, pode ser entendida como uma forma de poluição.

A erosão causa sérios prejuízos à produtividade média da terra, pois provoca desequilíbrios hidro-geológicos, produzindo variações drásticas na composição e estrutura da fauna. Por outro lado, constitui um mecanismo de poluição da água, pois o carreamento de pequenas partículas de solo, no processo de erosão provoca alterações na qualidade da água, resultando em desequilíbrios ecológicos.

Em itens anteriores, comentamos alguns aspectos relacionados com a erosão do solo, mostrando a relação entre o uso do solo e este processo.

Conforme podemos observar nos comentários feitos até aqui, a poluição do solo está muito relacionada com a poluição da água, podendo-se dizer que a primeira é uma das fontes de ocorrência da segunda.

4.3.2 - Poluição da água

A utilização que o homem faz da água para consumo pessoal, para uso doméstico ou para outras atividades, resulta em resíduos líquidos, os quais voltam novamente aos recursos hídricos, causando a sua poluição.

Por outro lado, a água que precipita carrega impurezas do ar e do solo para as coleções superficiais ou subterrâneas de água, alterando a sua qualidade, ou seja, poluindo-a.

Assim, vários são os mecanismos de poluição da água superficial e subterrânea em um meio urbano, podendo-se destacar como principais fontes de poluição: (FIGURA 4.5)

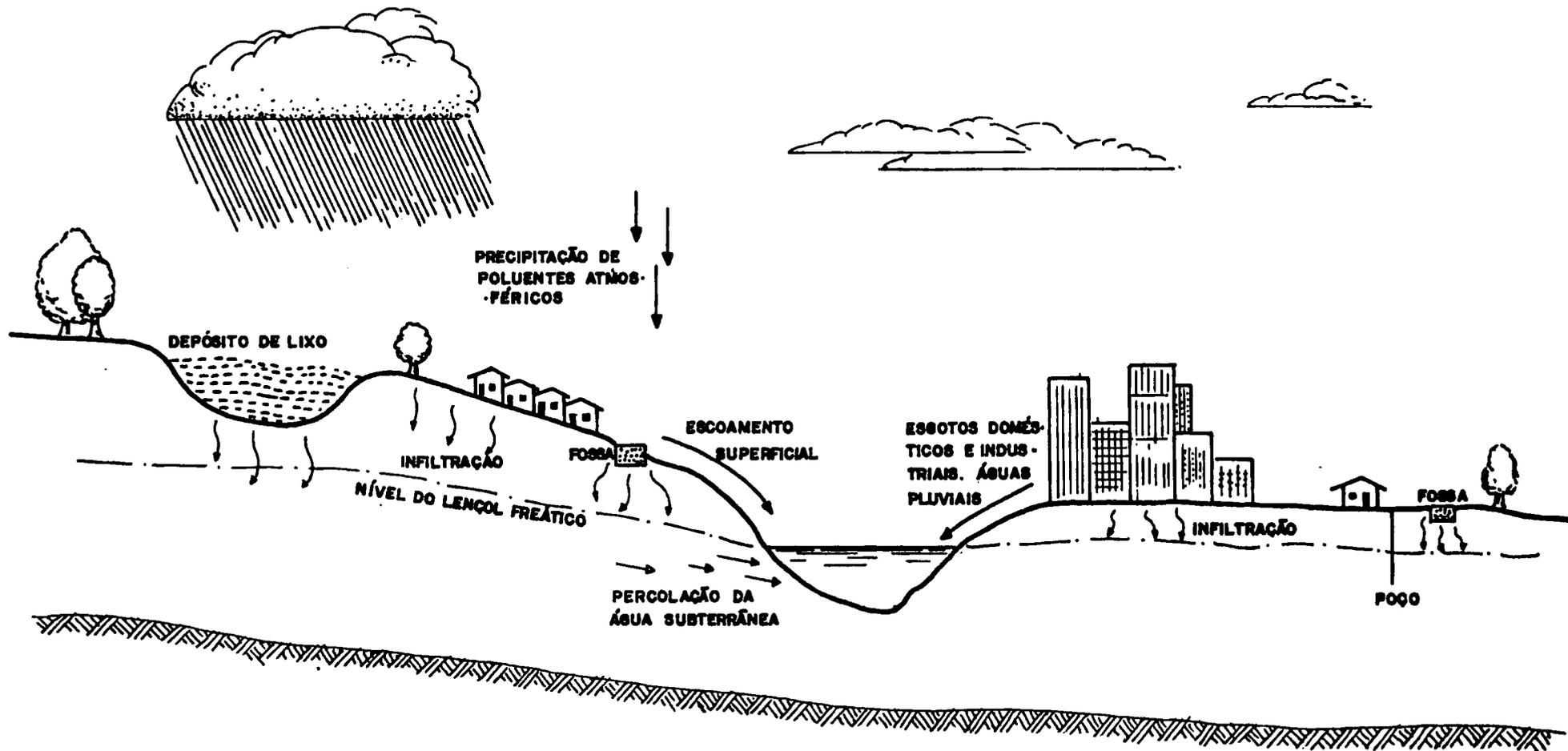


FIGURA 4.5

PRINCIPAIS MODOS DE OCORRÊNCIA DA POLUIÇÃO DA ÁGUA

- (a) Fontes localizadas de poluição da água
 - Lançamento de esgotos domésticos (sanitários)
 - Lançamento de esgotos industriais
 - Lançamento de água pluviais, através de galerias
- (b) Fontes não localizadas de poluição da água
 - Água de escoamento superficial ("runoff")
 - Água de infiltração
 - Lançamento direto de resíduos sólidos e outras impurezas
 - Intrusão de água salgada

Todos estes processos alteram a qualidade da água, podendo torná-la imprópria ao homem ou a outras formas de vida, conforme mostrado na figura 4.6.

4.3.2.1 - Fontes localizadas de poluição da água

Os esgotos domésticos ou sanitários compreendem os resíduos líquidos provenientes de instalações sanitárias, lavagem de utensílios domésticos, lavagem de roupas, ou outras atividades desenvolvidas nas habitações, prédios comerciais, prédios públicos, etc.

Os esgotos domésticos caracterizam-se pela grande quantidade de matéria orgânica que contêm, o que causa redução do oxigênio dissolvido na água que os recebe, como resultado de sua estabilização pelas bactérias.

Como os resíduos dos processos biológicos do homem estão contidos nos esgotos domésticos, normalmente os mesmos possuem bactérias e organismos patogênicos.

Assim, o lançamento de esgotos domésticos na água pode causar doenças às pessoas que ingerem este líquido, ou o utilizam em atividades recreacionais. São várias as doenças que podem ser veiculadas pela água, tanto pela ingestão como pelo contato através da pele e mucosas.

Por outro lado, o consumo do oxigênio, consequência da estabilização da matéria orgânica pelas bactérias, resulta numa diminuição ou extinção do oxigênio dissolvido na água, pro

FONTES DE POLUIÇÃO DA ÁGUA	P O L U E N T E S	IMPACTOS QUALITATIVOS
<ul style="list-style-type: none"> - DESCARGA DE ESGOTOS DOMÉSTICOS - DESCARGA DE ESGOTOS INDUSTRIAIS - DESCARGA DE GALERIAS DE ÁGUAS PLUVIAIS - ÁGUAS DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL - ÁGUAS DE INFILTRAÇÃO - INTRUSÃO DE ÁGUA SALGADA - LANÇAMENTO DIRETO DE DETRITOS 	<ul style="list-style-type: none"> - BACTÉRIAS, VÍRUS E OUTROS ORGANISMOS PATOGÊNICOS. - COMPOSTOS ORGÂNICOS - COMPOSTOS INORGÂNICOS - NUTRIENTES - METAIS PESADOS - COR E TURBIDEZ - ODOR - TEMPERATURA - SÓLIDOS DISSOLVIDOS E EM SUSPENSÃO - FERTILIZANTES E DEFENSIVOS AGRÍCOLAS 	<ul style="list-style-type: none"> - PREJUÍZOS À SAÚDE PÚBLICA - REDUÇÃO DO OXIGÊNIO DISSOLVIDO NA ÁGUA. - DANOS ECOLÓGICOS À VIDA AQUÁTICA - PREJUÍZOS AOS USOS DEFINIDOS P/A ÁGUA - ASSOREAMENTO - EUTROFIZAÇÃO - ASPECTO ESTÉTICO DESAGRADÁVEL - REFLEXOS ECONÔMICOS

FIGURA 4.6

FONTES DE POLUIÇÃO DA ÁGUA, POLUENTES E IMPACTOS QUALITATIVOS

vocando desequilíbrios ecológicos no meio, com prejuízos para os peixes e outros organismos aquáticos.

Os esgotos domésticos provocam outras alterações nas características da água, relacionadas com a cor, turbidez, odor, sólidos, compostos químicos, entre outros.

A composição dos resíduos domésticos é variável, em função da concentração do esgoto, a qual depende do volume de água distribuído por habitante. No entanto, algumas características podem ser estimadas, tais como:

Alcalinidade (em CaCO_3): superior a 100mg/l

Cloretos: em torno de 75mg/l

Demanda Bioquímica de Oxigênio (5 dias, 20°C): em média atinge a 300mg/l

Número de coliformes: 10^5 a 10^6 por mililitro

Os esgotos industriais têm composição bastante variada, dependendo do tipo de processamento utilizado. De um modo geral, podemos dizer que alguns resíduos líquidos industriais são caracterizados por:

- Demanda Bioquímica de Oxigênio elevada, causando a redução do oxigênio dissolvido da água
- Presença de compostos químicos tóxicos e metais pesados
- Cor, Turbidez e Odor indesejáveis
- Temperatura elevada, provocando desequilíbrios ecológicos no corpo receptor
- Nutrientes em excesso, causando a eutrofização da água, com prejuízos aos seus usos
- Sólidos dissolvidos e em suspensão
- Ácidos e álcalis, com efeitos sobre o pH da água
- Óleos, graxas e similares

Estas características, variáveis para cada tipo de indústria, provocam alterações no meio aquático, prejudicando o seu uso pelo homem, e afetando os organismos que vivem na água.

Como fonte localizada de poluição da água, relacionamos, também, os lançamentos de águas pluviais, através de ga

lerias. Este líquido pode conter impurezas carregadas pela água no escoamento superficial, conforme veremos a seguir. É comum, também, a existência de ligações clandestinas de tubulações de esgotos domésticos e industriais a estas galerias, contribuindo assim para prejudicar a qualidade do líquido drenado.

4.3.2.2 - Fontes não localizadas de poluição da água

4.3.2.2.1 - Água de escoamento superficial

A água que precipita em uma área urbana e escoar pela superfície pode conduzir uma grande variedade de impurezas.

A concentração de impurezas neste líquido é bastante variável e depende, principalmente, de:

- Uso do solo: residencial, comercial, industrial ou outros
- Atividades desenvolvidas pelo homem, na área: construções, movimentos de terra, tráfego de veículos, etc.
- Fatores hidrológicos: duração, quantidade e frequência da precipitação pluvial
- Características do ambiente físico: área pavimentada ou coberta, tipo de pavimentação ou cobertura, vegetação presente, estrutura e composição do solo

Esta série de fatores contribui para uma grande variação das características da água de escoamento superficial, conforme pode ser constatado no QUADRO 4.8. Como se pode observar, é difícil prever a composição da água escoada em determinada área, devido a grande variedade de fatores intervenientes.

De um modo geral, as águas de escoamento superficial podem ser caracterizadas por:

- Sólidos sedimentáveis, de vários tipos e tamanhos
- Matéria orgânica
- Nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio
- Defensivos agrícolas e fertilizantes

- Bactérias e organismos patogênicos
- Vários compostos químicos
- Metais pesados

Este líquido, atingindo coleções superficiais ou in filtrando-se no terreno até alcançar a água subterrânea, pode re sultar em:

- Efeitos negativos sobre a saúde humana
- Diminuição do oxigênio da água
- Danos ecológicos, com reflexos sobre a fauna e a flora aquáticas
- Assoreamento
- Excessiva turbidez
- Eutrofização

QUADRO 4.8

Características da água de escoamento superficial em áreas urbanas

CARACTERÍSTICAS	VARIAÇÃO
DBO ₅ (mg/l)	1 - 700
DQO (mg/l)	5 - 3.100
Sólidos em suspensão totais (mg/l)	2 - 11.300
Sólidos totais (mg/l)	450 - 14.600
Sólidos voláteis totais (mg/l)	12 - 1.600
Sólidos sedimentáveis (mg/l)	0,5 - 5.400
Nitrogênio orgânico (mg/l)	0,1 - 16
NH ₃ (mg/l)	0,1 - 25
PO ₄ solúvel (mg/l)	0,1 - 10
PO ₄ total (mg/l)	0,1 - 125
Cloretos (mg/l)	2 - 25.000
Óleos (mg/l)	0 - 110
Fenóis (mg/l)	0 - 0,2
Chumbo (mg/l)	0 - 1,9
Coliformes totais (nº/100 ml)	200 - 146x10 ⁶
Coliformes fecais (nº/100 ml)	55 - 112x10 ⁶
Streptococcus fecais (nº/100 ml)	200 - 1,2x10 ⁶

FONTE: U.S.A. WESTCHESTER COUNTY WASTE TREATMENT MANAGEMENT PLAN. (56)

Durante a precipitação e o período em que a água escoada, a qualidade do líquido também varia. É claro que a água escoada inicialmente carrega impurezas em maior quantidade, pois realiza uma lavagem do solo e áreas cobertas. Com o decorrer do escoamento, o líquido tem sua qualidade melhorada. Um exemplo que comprova esta observação são os dados do QUADRO 4.9, resultantes de observações em uma cidade da Inglaterra.

Áreas de maior densidade populacional são caracterizadas por maior impermeabilização do solo e, portanto, maior escoamento superficial da água precipitada. A presença de resíduos sólidos, detritos de animais e outras impurezas é comum na superfície destas áreas, contribuindo para uma péssima qualidade das águas de escoamento, principalmente nos momentos iniciais da precipitação.

A realização de obras de construção civil, com movimentos de terra e alterações nas condições topográficas, tem influência na qualidade da água escoada, podendo contribuir para grande carreamento de partículas do solo, provocando elevada turbidez no líquido.

Poluentes atmosféricos, resultantes de atividades industriais ou dos veículos automotores, podem ser carreados pelas chuvas, indo incorporar-se às águas de escoamento.

4.3.2.2.2 - Água de infiltração

- Aspectos hidro-geológicos

A água que se infiltra no solo, a partir da precipitação, cursos d'água, lagos e reservatórios, contribui para a formação de aquíferos subterrâneos.

Este líquido, quando originado de águas poluídas, ou tendo percolado através de um meio contendo impurezas, constitui uma fonte de poluição da água subterrânea.

QUADRO 4.9

Concentrações médias de alguns constituintes de águas de enxuradas, em diferentes intervalos de tempo. Northampton, Inglaterra, 1963

INTERVALO DE TEMPO (minuto)	C O N S T I T U I N T E S (mg/l)				
	Sólidos em sus- pensão	DBO	Oxigênio Consumi- do	Nitrogênio	Cloretos
0 - 5	811	351	106	22,5	58,6
5 - 15	754	288	90	18,5	54,2
15 - 25	743	249	85	15,3	42,1
25 - 35	626	203	73	12,2	37,0
35 - 50	481	145	60	9,4	33,0
50 - 70	319	99	44	7,9	27,0
70 - 120	254	90	39	7,0	32,4
> 120	197	78	33	8,0	26,6

FONTE: Dados colhidos por GAMESON e DAVIDSON e apresentados em (10)

A água move-se no solo, de duas formas:

- (a) Para baixo, sob a ação da gravidade, na zona não saturada, onde os vazios do solo ainda não estão completamente preenchidos pelo líquido.
- (b) De acordo com a direção determinada pelas condições hidráulicas, na zona saturada, onde ocupa todos os poros do terreno.

O limite entre as zonas saturada e não saturada é o chamado "nível do lençol freático".

A água subterrânea às vezes emerge do sub-solo, formando nascentes ou descarregando em elementos de águas superficiais, tais como cursos d'água, lagos, lagoas e oceanos.

Assim, o lençol subterrâneo contribui para a manutenção de cursos d'água perenes, quando o escoamento superficial é pequeno ou não existe. Alguns cursos d'água, no entanto, não são alimentados pela água subterrânea, devido a existência de rochas impermeáveis próximas à superfície. Isto é comum na região Nordeste do Brasil, ficando os rios completamente secos, na época de estiagem.

Por sua vez, as coleções superficiais de água podem contribuir, também, para o carregamento de lençóis subterrâneos próximos às suas margens, nas zonas chamadas de aluviões. Esta alimentação é acentuada quando se bombeia água de poços nas proximidades de águas superficiais.

A água retida na primeira camada da zona não saturada pode voltar à atmosfera pela evaporação, a partir do solo, ou pela transpiração, através da vegetação.

- Movimento de poluentes no sub-solo

Existem várias maneiras da água subterrânea (e a partir desta, a água superficial) ser poluída em um meio urbano, entre as quais destacamos:

- Através de líquidos provenientes de fossas sépticas
- Por meio de líquidos percolados através de aterros

de lixo ou oriundos de lagoas de estabilização, irrigação com água poluída, depósitos de resíduos no civos no solo, etc:

- Injeção de resíduos líquidos, domésticos ou industriais, no sub-solo
- Carreamento de impurezas, defensivos agrícolas e fertilizantes lançados no solo
- A partir de coleções superficiais de água poluída
- Pela intrusão de água salgada no lençol subterrâneo

Na FIGURA 4.7 estão indicados alguns modos de ocorrência da poluição do lençol freático.

Muitos fatores influem no movimento da água contendo impurezas, no sub-solo. Em função dos mesmos, uma fonte de poluentes pode causar a contaminação da água subterrânea, prejudicando o seu uso para diversos fins.

Entre os fatores envolvidos na contaminação de aquíferos, enumeramos:

- Natureza do contaminante que percola junto com a água
- Hidráulica do sistema de escoamento: movimento da água no sub-solo. Este escoamento pode ser alterado pela ação do homem, através de bombeamentos ou da injeção de líquidos
- Características físicas e químicas do meio geológico: porosidade, permeabilidade, composição química. A porosidade está relacionada com a capacidade de armazenamento de água, enquanto que a permeabilidade relaciona-se com o movimento da água subterrânea
- Processo natural de tratamento que ocorre no meio subterrâneo, através de mecanismos de filtração, adsorção, troca de íons, diluição e dispersão.

Um aspecto importante a considerar no processo de infiltração da água no sub-solo é a existência de fraturas em rochas consolidadas, as quais poderão permitir a penetração do lí

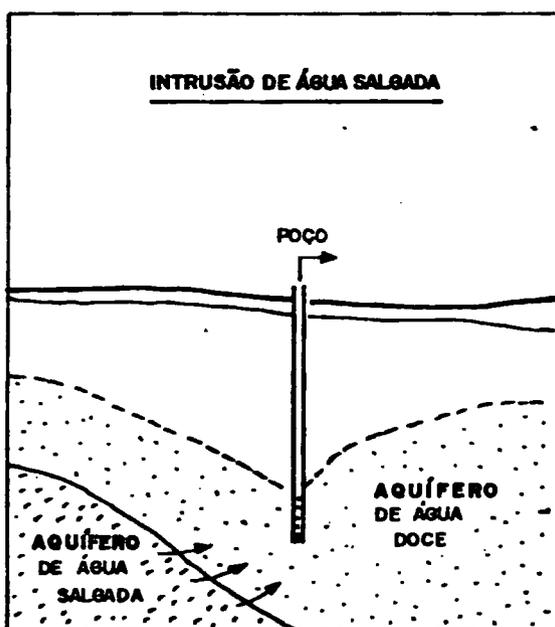
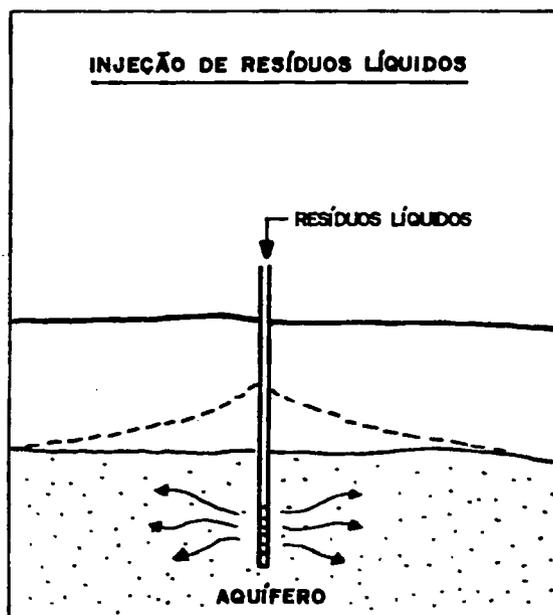
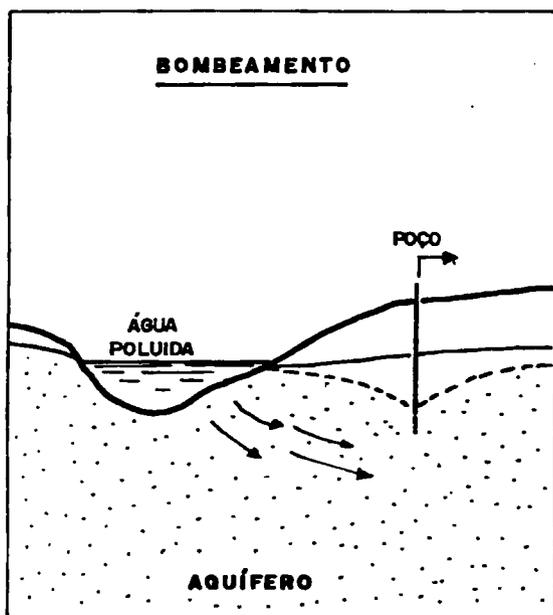
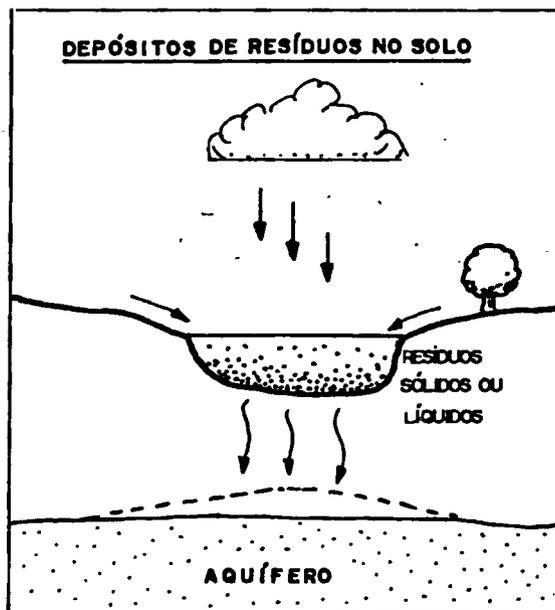


FIGURA 4.7

ALGUNS MODOS DE OCORRÊNCIA DA POLUIÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

quido poluído a grandes profundidades ou distâncias.

Devemos considerar dois aspectos diferentes quando analisamos o movimento da água subterrânea:

- (a) Percolação do líquido na camada de solo não saturada
- (b) Deslocamento da água na zona de saturação

De um modo geral, na zona não saturada o processo de purificação do líquido é mais intenso, havendo uma maior remoção de poluentes para uma menor distância percorrida. Isto acontece devido haver maior quantidade de oxigênio nesta zona, favorecendo a decomposição aeróbia, mais rápida e completa. Por outro lado, em um fluxo em zona não saturada é maior a proporção entre a área de superfície das partículas e o volume de água que se escoia, favorecendo, assim, aos processos de adsorção e troca iônica.

O movimento de poluentes através do sub-solo vem sendo estudado há algum tempo, em diversas partes do mundo.

Algumas destas pesquisas, relativas ao deslocamento de bactérias e vírus, foram comentadas por ROMERO, o qual chegou a importantes conclusões, que julgamos bastante válido transcrever: (44)

1. Bactérias e vírus deslocam-se com o fluxo da água; eles não se movem contra a corrente
2. Bactérias e vírus podem se mover numa direção oposta àquela normal da água subterrânea, durante períodos de recarga ou bombeamento
3. Em geral, bactérias e vírus são removidos pelo aquífero do mesmo modo que são os coliformes
4. A taxa de remoção de bactérias e vírus, em função da distância, depende de uma característica do aquífero chamada de "filtrabilidade"
5. Para um determinado grau de filtrabilidade a remoção de poluentes depende, sobretudo, da distância e não da taxa de recarga de poluentes
6. Materiais de aquíferos mais apropriados para a remoção de contaminantes biológicos são aqueles com

postos uniformemente de muito finos a finos grãos de areia com um alto conteúdo de argila

7. Para um sistema ideal, a máxima distância percorrida por poluentes biológicos na água subterrânea varia entre 15 a 30 metros
8. A distância percorrida por estes poluentes em uma zona não saturada é consideravelmente menor que em um sistema saturado; na zona não saturada a distância máxima percorrida parece ser em torno de 3 metros
9. A natureza do solo em contato com a fonte de contaminação representa um papel dominante no subsequente movimento de bactérias
10. Poluentes compostos de bactérias e/ou vírus podem alcançar distâncias muito maiores que as previamente citadas se águas carregadas com nutrientes forem interceptadas durante o curso da penetração
11. Sob condições favoráveis, bactérias e vírus têm sido constatados como tendo sobrevivência superior a 5 anos

As conclusões de ROMERO são muito importantes, pois chegam a prever distâncias máximas a serem alcançadas por contaminantes biológicos na água subterrânea. No entanto, como destacado, estes contaminantes podem alcançar distâncias maiores, desde que condições favoráveis permitam isto.

Podemos dizer que, devido a grande quantidade de fatores intervenientes no processo, o mesmo ainda não está completamente conhecido, havendo opiniões e resultados de experiências práticas os mais variados.

Um dos conhecimentos já definidos é o de que as substâncias químicas presentes na água subterrânea, ao contrário dos contaminantes biológicos, podem alcançar grandes distâncias no solo. Elas são diluídas na água mas não são comumente absorvidas pelo meio poroso.

Dados levantados por NEWEL e ALMQUIST e apresentados em (10) mostram distâncias de infiltração horizontal de poluentes químicos variando de 90m até 32.000m.

No Condado de Allegan, Michigan, constatou-se que a descarga de resíduos contendo cromo em uma vala de infiltração no solo, causou a contaminação de um aquífero pelo menos até 300 metros de distância, em uma direção, a uma profundidade de pelo menos 11 metros. Foram decorridos cerca de 3 anos para o poluente deslocar-se 300 metros, a uma taxa de cerca de 30 centímetros por dia. (14)

O QUADRO 4.10, com dados transcritos de (42), mostra as distâncias alcançadas por diversos contaminantes da água subterrânea através de diferentes formações geológicas e durante variados tempos de percurso. Podemos observar grandes distâncias alcançadas por substâncias químicas, e bactérias percorrendo distâncias maiores que as indicadas por ROMERO.

Vemos, então, que o líquido infiltrado no solo a partir de aterros de resíduos sólidos, de depósitos de materiais tóxicos, de lagoas de estabilização de esgotos domésticos e industriais, ou de outros meios poluídos, pode alcançar grandes distâncias horizontais, carreando substâncias químicas.

4.3.3 - Poluição do ar

As atividades desenvolvidas pelo homem, em áreas urbanas, resultam no lançamento de gases e partículas pequenas na atmosfera, alterando a qualidade do ar e provocando, portanto, a sua poluição.

Dependendo das condições climáticas ou topográficas, bem como do tipo e quantidade de poluentes lançados na atmosfera, os resíduos podem ser dispersos, não havendo consequências mais graves. No entanto, nem sempre ocorre esta dispersão dos poluentes e a poluição do ar pode resultar em prejuízos à saúde humana, aos animais, aos vegetais e aos materiais em geral.

QUADRO 4,10

Distâncias e tempos de percursos alcançados por poluentes de águas subterrâneas em diversas formações geológicas

CONTAMINANTE	FORMAÇÃO GEOLÓGICA	DISTÂNCIA ALCANÇADA (m)	TEMPO DE PERCURSO
Gasolina	Calcário fraturado	3.200	5 anos
Ácido pícrico	-	4.815	4-6 anos
Fenol	Areia e cascalho	457	4-5 anos
Gasolina	Areia e cascalho	701	7 anos
Micro-organismos	Areia, tamanho da partícula 0,17mm	3	-
Bactéria coliforme	Areia, tamanho efetivo 0,13mm	20	27 semanas
Compostos químicos	Areia, tamanho efetivo 0,03	35	27 semanas
Bactéria coliforme	Areia fina	122	-
Efluente de lodos	Areia fina	457	-

FONTE: PARKER, H.W. 1975 (42)

Assim sendo, podemos dizer que a poluição do ar depende, sobretudo, de:

- (a) Fontes de emissão de poluição - tipos de poluentes, período de emissão, quantidades
- (b) Características climáticas do ambiente, contribuindo ou não para dispersar, transformar e remover os poluentes gerados pelas atividades urbanas
- (c) Condições topográficas do meio, influenciando na circulação do ar

Podemos observar que dos três fatores acima, somente a emissão de poluentes está sob controle direto do homem. Os dois últimos, que podemos chamar de fatores ambientais influenciando no processo de poluição do ar, não dependem diretamente da ação do homem. É claro que o homem pode aproveitar-se das características ambientais como medida preventiva contra a poluição do ar. Pode, também, favorecer a ocorrência de determinado fenômeno natural, como por exemplo criar condições favoráveis à circulação e à maior ventilação atmosférica. No entanto, estará sempre sujeito às condições naturais, devendo amoldar-se às mesmas.

4.3.3.1 - Emissão de poluentes

As principais fontes de poluentes atmosféricos são:

- (1) Fontes industriais, incluindo as fábricas e outros processos, tais como a queima de combustíveis derivados do petróleo em fornos, caldeiras, etc.
- (2) Transporte, compreendendo os veículos automotores de vários tipos e o tráfego aéreo
- (3) Outras fontes, tais como: incineração dos resíduos sólidos; perdas, por evaporação, em serviços petroquímicos; queima de combustíveis para aquecimento de edificações.

Os meios de transporte constituem a maior fonte de poluição do ar nas grandes cidades. A FIGURA 4.8 apresenta pro

porções de emissão de poluentes atmosféricos na região da Gran
de São Paulo, mostrando os veículos automotores como os maiores
contribuintes. (38)

Dados da Agência de Proteção do Meio Ambiente dos Es
tados Unidos da América indicam, também, uma grande porcentagem
para os poluentes oriundos dos meios de transporte, conforme mos
tra a FIGURA 4.9. (40)

As fábricas e outras fontes estacionárias de queima
de combustíveis contribuem, também, com grande parcela dos polu
entes atmosféricos:

Todas estas fontes de poluição lançam diversos tipos
de poluentes na atmosfera, sendo os mais comuns, em áreas urba
nas:

- Monóxido de carbono
- Hidrocarbonetos
- Óxidos de nitrogênio
- Oxidantes fotoquímicos
- Óxidos de enxofre
- Material particulado

Os meios de transporte contribuem, principalmente, -
com os seguintes poluentes: monóxido de carbono, óxidos de ni
trogênio, hidrocarbonetos e oxidantes fotoquímicos. Já as fon
tes industriais são responsáveis, geralmente, pela emissão de
óxidos de enxofre, material particulado, óxidos de nitrogênio e
hidrocarbonetos.

Convém ressaltar que os oxidantes fotoquímicos não
são emitidos pelas fontes poluidoras. Eles são formados quando
os hidrocarbonetos e os óxidos de nitrogênio misturam-se, na pre
sença da luz solar.

Dados coletados na Baía de São Francisco, nos Esta
dos Unidos, constantes do QUADRO 4.11, indicam as diversas pro
porções para poluentes atmosféricos, oriundos dos meios de
transportes (incluindo o tráfego aéreo) e de outras fontes.

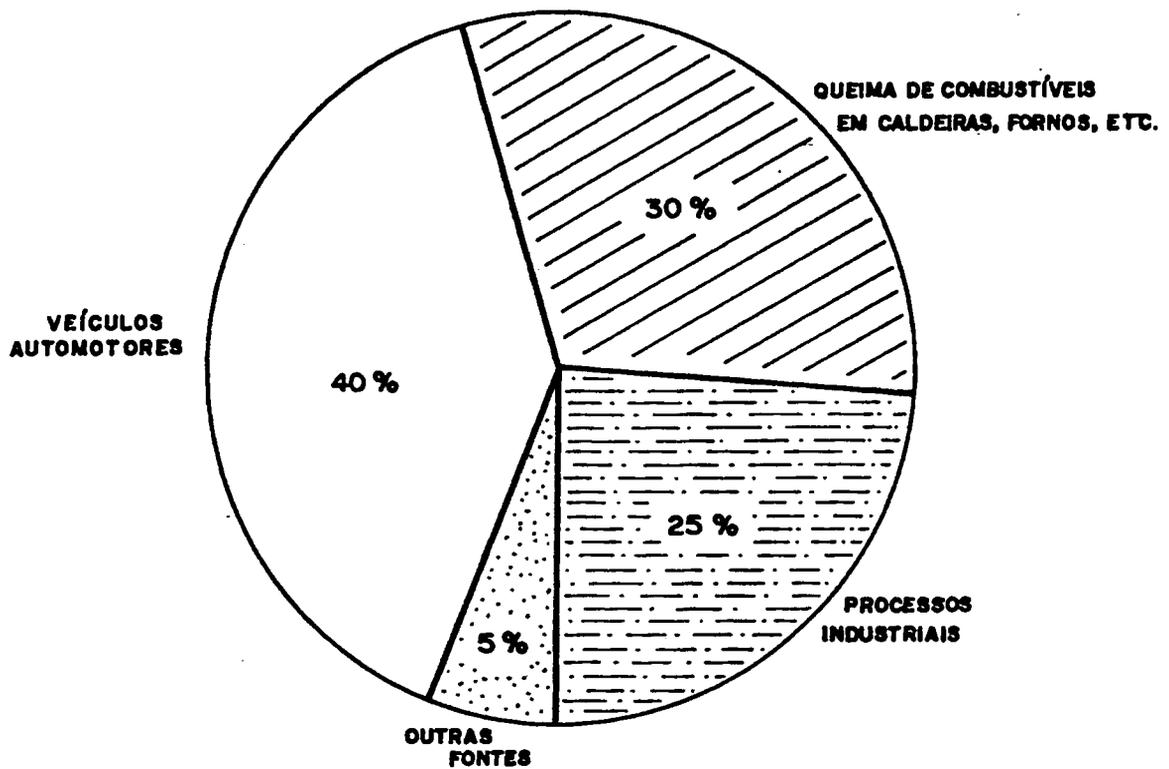


FIGURA 4.8
FONTES DE POLUIÇÃO DO AR. SÃO PAULO, 1975

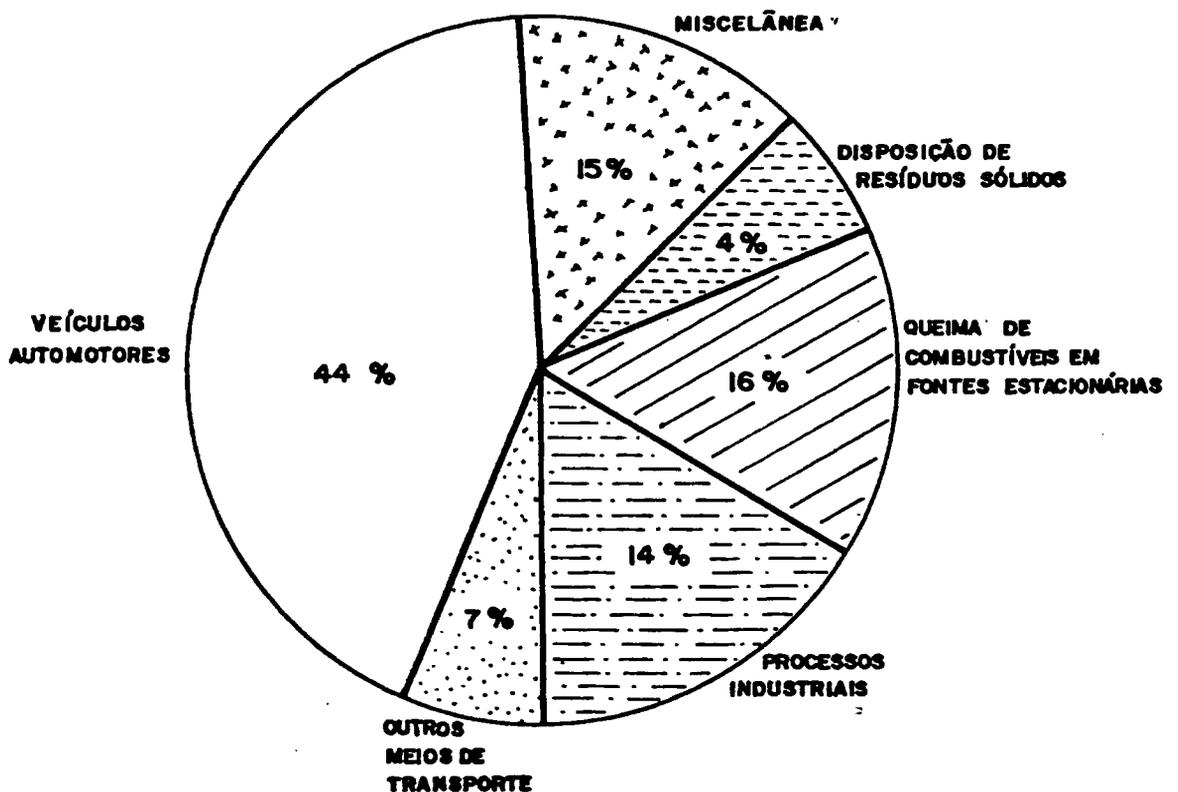


FIGURA 4.9
FONTES DE POLUIÇÃO DO AR. ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1975

QUADRO 4.11

Porcentagens de emissão de poluentes, por fontes.
Baía de São Francisco, Estados Unidos, 1975

P O L U E N T E	F O N T E	
	TRANSPORTE	DEMAIS FONTES
Material particulado	33%	67%
Compostos orgânicos	47%	53%
Óxidos de nitrogênio	59%	41%
Dióxido de enxofre	10%	90%
Monóxido de Carbono	89%	11%

FONTE: SAN FRANCISCO BAY AREA POLLUTION CONTROL DISTRICT (2)

No QUADRO 4.12 é mostrada a distribuição das emissões de poluentes atmosféricos, por tipo de fonte, na Região da Grande São Paulo.

Os dados deste Quadro indicam, realmente, uma grande contribuição dos veículos na emissão de determinados poluentes: 95% de monóxido de carbono, 78% dos óxidos de nitrogênio e 73% dos hidrocarbonetos constatados na Região.

A queima de combustível em fontes estacionárias é responsável por 83% dos óxidos de enxofre e por 20% dos óxidos de nitrogênio.

Já os processos e operações industriais contribuem com a maior parcela do material particulado (74%, do total), contribuindo com 17% dos hidrocarbonetos.

Os dados dos QUADROS 4.11 e 4.12 nos dão uma idéia da distribuição de poluentes, por fontes, em duas regiões metropolitanas. Estas informações são úteis na orientação de programas de controle da poluição atmosférica.

QUADRO 4.12

Distribuição das emissões por tipo de fonte de poluição do ar, na Região da Grande São Paulo,
1978 (Dados em t/dia)

FONTE	POLUENTE	MATERIAL PARTICULADO		ÓXIDO ENXOFRE		MONÓXIDO CARBONO		ÓXIDO NITROGÊNIO		HIDROCARBONETOS	
		t/dia	% do total	t/dia	% do total	t/dia	% do total	t/dia	% do total	t/dia	% do total
Processos e Operações Industriais		399	74	18	3	86	2	-	-	127	17
Queima de combustíveis em fontes estacionárias		28	5	551	83	19	-	62	20	9	1
Veículos Diesel		10	2	57	9	163	4	111	34	27	4
Veículos a gasolina		23	4	31	5	4268	91	142	44	504	69
Queima de resíduos sólidos		32	6	1	-	120	3	7	2	39	5
Outros		51	9	-	-	-	-	-	-	27	4
T O T A L		543	100	648	100	4656	100	322	100	733	100

FONTE: C E T E S B (23)

Os poluentes atmosféricos, quando em concentrações e levadas e quando expostos por determinados períodos de tempo, produzem efeitos desagradáveis no meio ambiente, tais como:

(a) Danos à saúde humana, contribuindo para maior incidência de doenças respiratórias, irritações nos olhos e pulmoes, podendo causar até a morte. É difícil avaliar os efeitos da poluição do ar sobre a saúde humana, pois não é fácil separá-la de outras causas. Por outro lado, os efeitos desta poluição podem ocorrer a longo prazo, dificultando ainda mais a avaliação.

(b) Redução da visibilidade, causada, principalmente, pela presença de material particulado na atmosfera. O dióxido de nitrogênio, devido sua cor escura e contribuindo para a formação de oxidantes fotoquímicos, é responsável, também, por este efeito.

(c) Danos aos animais. Os animais, assim como o homem, sofrem os efeitos dos poluentes atmosféricos, ocorrendo a morte de muitos deles em situações graves de poluição do ar.

(d) Prejuízos aos materiais, tais como: corrosão do ferro, aço e mármore; deterioração da borracha, produtos sintéticos e tecidos; sujeira de roupas, prédios e monumentos.

(e) Danos aos vegetais, causando a descoloração de folhas e flores, queda de folhas, falhas na floração e produção de frutos, mal formação e até mesmo a morte de plantas.

No QUADRO 4.13 apresentamos um resumo dos principais poluentes encontrados em um meio urbano, suas fontes e seus efeitos sobre o ambiente.

QUADRO 4.13

Principais poluentes do ar, suas fontes e seus efeitos

P O L U E N T E S	F O N T E S	E F E I T O S
MONÓXIDO DE CARBONO	- VEÍCULOS AUTOMOTORES	- Em nível mais baixo: agrava o coração e reduz a habilidade de funcionamento do cérebro; - Em concentrações muito altas: pode causar morte.
HIDROCARBONETOS	- VEÍCULOS AUTOMOTORES - PROCESSOS INDUSTRIAIS	- Maior componente do "smog" (oxidantes fotoquímicos) - Alguns hidrocarbonetos são suspeitos de causarem o câncer.
ÓXIDO DE NITROGÊNIO	- VEÍCULOS AUTOMOTORES - PROCESSOS INDUSTRIAIS	- Combina-se com os hidrocarbonetos para formar os oxidantes fotoquímicos ("smog"). - O dióxido de nitrogênio causa dificuldades respiratórias, diminuindo a resistência à pneumonia e à gripe.
OXIDANTES FOTOQUÍMICOS ("SMOG")	- FORMADO QUANDO OS HIDROCARBONETOS E OS ÓXIDOS DE NITROGÊNIO REAGEM EM PRESENÇA DA LUZ SOLAR	- Irritam severamente os olhos e pulmões - Extremamente nocivo às plantas - Deterioram a borracha, produtos sintéticos e tecidos.
ÓXIDOS DE ENXOFRE	- QUEIMA DE ÓLEOS COMBUSTÍVEIS - QUEIMA DO CARVÃO - PROCESSOS INDUSTRIAIS	- Irrita o aparelho respiratório - Causa irreversível dano aos pulmões, quando combinado com material particulado. - Corrói o ferro, o aço e o mármore - É tóxico para as plantas
MATERIAL PARTICULADO	- VEÍCULOS AUTOMOTORES - PROCESSOS INDUSTRIAIS	- Suja, com fuligem, as roupas, os prédios e a paisagem urbana - Produz bruma e reduz a visibilidade - Carreia poluentes tóxicos para os pulmões

4.3.3.2 - Fatores ambientais

O mais importante na avaliação da poluição do ar é a determinação da concentração de poluentes em determinado local, muito mais do que a quantidade de poluentes emitida por uma fonte específica.

A atmosfera é o agente que transporta e dispersa os poluentes entre as fontes e as áreas receptoras. Assim, as condições atmosféricas desempenham papel importante na poluição do ar, podendo contribuir para diminuir ou aumentar a concentração de poluentes em determinada área.

Geralmente, três parâmetros são importantes na descrição do processo de transporte e dispersão de poluentes atmosféricos:

- a velocidade do vento
- a direção do vento
- a estabilidade atmosférica

Os dois primeiros estão relacionados com o transporte e dispersão horizontal dos poluentes, enquanto que a estabilidade atmosférica interessa ao movimento e dispersão no sentido vertical.

Quanto maior for a velocidade do vento, maior será o volume de ar fornecido para diluição dos poluentes. Imaginemos uma área sobre a qual o vento circula com uma velocidade duas vezes superior do que em outra zona. É claro que na área de vento com maior velocidade, para um mesmo período, a quantidade de ar que circula sobre ela é duas vezes maior. Portanto, é fornecido o dobro de volume de ar para dispersão dos poluentes.

A direção do vento determina que área em torno da fonte de poluição receberá os poluentes. Devemos observar que o ar não circula permanentemente em uma determinada direção. Embora exista uma direção na qual ele circula mais, chamada "direção predominante dos ventos", devem ser consideradas as mudanças de direção na determinação das áreas sujeitas a receber poluentes, a partir de determinada fonte.

Normalmente, a temperatura da atmosfera decresce com a altura, ficando as camadas mais frias de ar sobre as camadas mais quentes. Nesta condição, há um movimento ascendente do ar, a partir da superfície da terra, conforme mostrado na FIGU

RA 4.10 (a).

Quando a temperatura decresce muito pouco, permanece a mesma ou é maior em camadas superiores, dizemos que a atmosfera é estável. Neste caso, é dificultado o movimento do ar para cima.

A situação em que há uma camada de ar quente sobre uma de ar frio é chamada de "inversão de temperatura" (ou inversão de camada ou inversão térmica). Quando isto ocorre, o problema da poluição do ar é extremamente agravado, pois a concentração de poluentes aumenta nas proximidades do solo, já que não existem condições de dispersão. (FIGURA 4.10 (b))

As condições topográficas influem, também, na velocidade e direção do fluxo de ar. Elevações do solo (montanhas), áreas baixas (vales), cursos d'água, bem como alterações provocadas pelo homem, tais como as edificações de alto porte, têm grande influência na circulação do ar.

Nas proximidades de grandes coleções de água, em determinados períodos do dia, há uma brisa local, a qual pode influenciar a dispersão de poluentes da atmosfera.

O movimento do ar em áreas de montanhas e vales varia durante o dia e a noite, conforme indicado nas FIGURAS 4.11 (a) e (b).

À noite, quando a terra e o ar nas proximidades resfriam, o ar mais frio tende a mover-se para as áreas mais baixas do vale. Este processo favorece a ocorrência do fenômeno da inversão de temperatura, pois o ar mais quente permanece acima do vale. Há, assim, no período noturno, uma maior concentração de poluentes no vale.

Durante o dia, quando ocorre o aquecimento do ar, este tende a subir, permitindo a dispersão dos poluentes. No entanto, isto nem sempre acontece pois é comum ocorrerem períodos de grandes pressões sobre estas regiões, forçando a estagnação do ar e, portanto, favorecendo ao acúmulo de poluentes no vale.

Outra situação que pode ocorrer é a mostrada na FIGURA 4.12, quando a existência de montanhas junto a fontes de poluição do ar impede a dispersão horizontal dos poluentes, sendo favorecida a ocorrência de inversões.

Em cidades, as construções formam novas elevações no solo, alterando a topografia inicial. Isto contribui para modificar a circulação e a velocidade do vento.

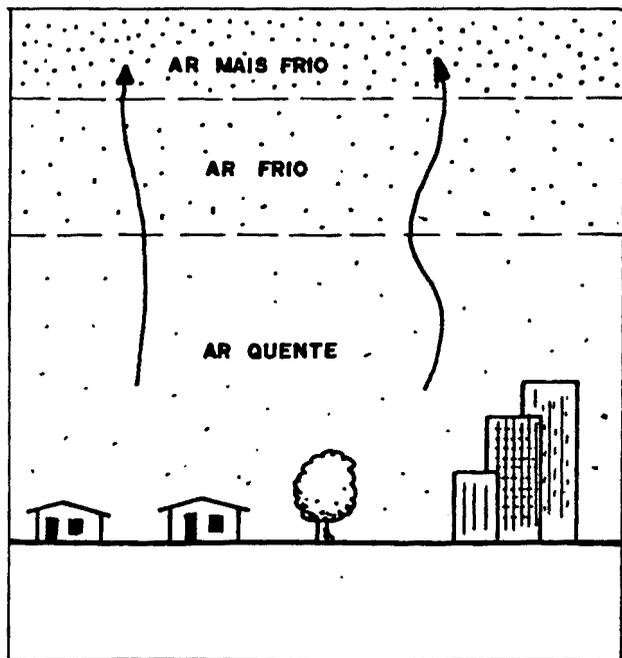


FIGURA 4.10 (a)

CAMADAS ATMOSFÉRICAS
CONDIÇÕES NORMAIS

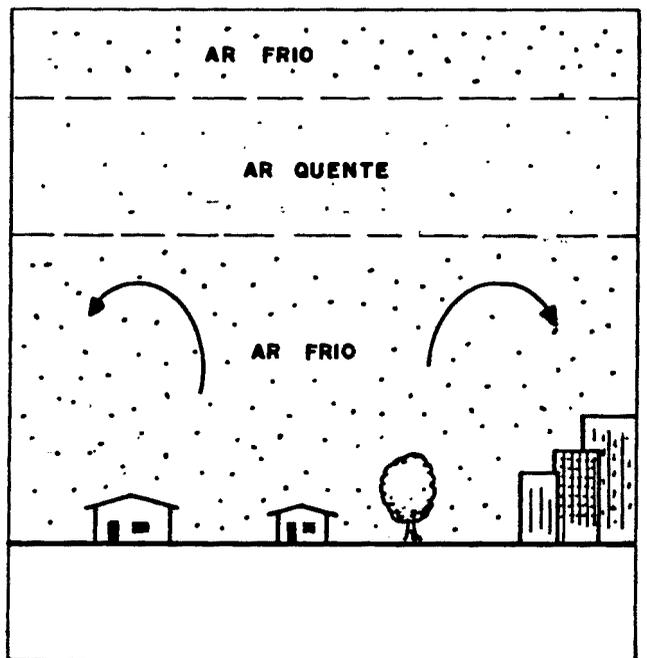


FIGURA 4.10 (b)

CAMADAS ATMOSFÉRICAS
INVERSÃO DE TEMPERATURA

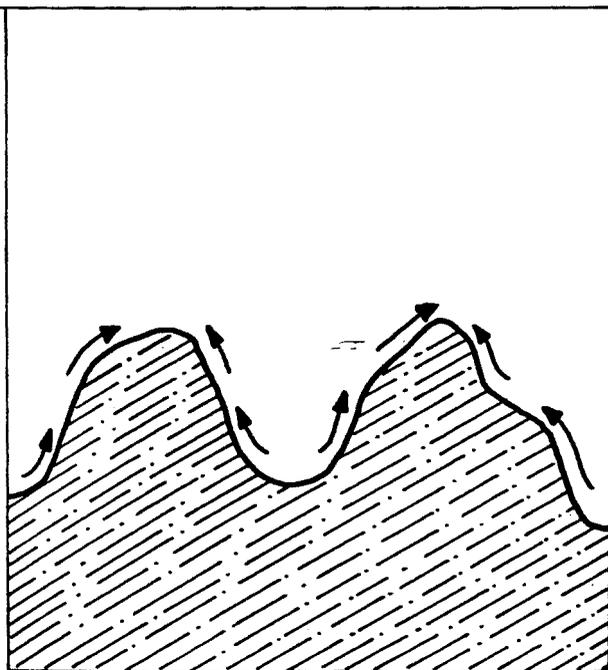


FIGURA 4.11 (a)

MOVIMENTO DO AR EM MONTANHAS
E VALES - PERÍODO DIURNO

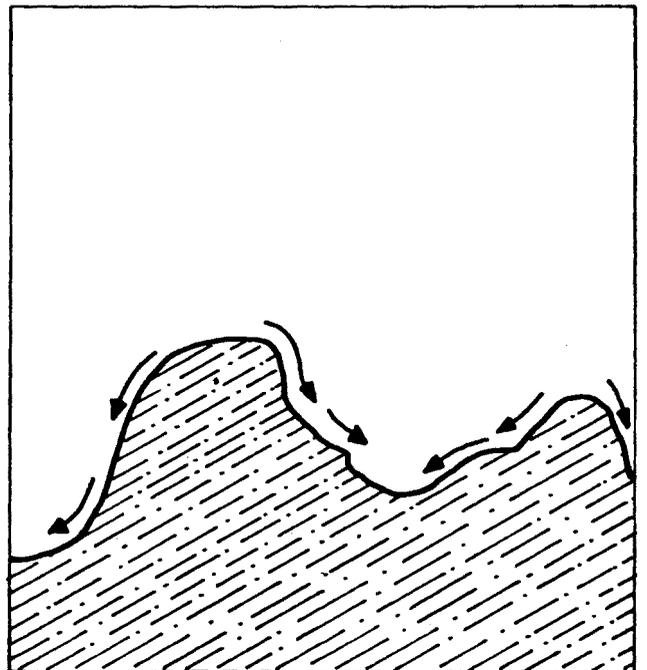


FIGURA 4.11 (b)

MOVIMENTO DO AR EM MONTANHAS
E VALES - PERÍODO NOTURNO

Prédios altos em filas, uns frente aos outros, produzem o efeito de "encanamento" do ar. Edificações de grande altura mudam o fluxo de ar, provocando regiões de redemoinhos.

Outro fenômeno bastante conhecido em cidades é o que os meteorologistas chamam de "efeito da ilha de calor", formando o "domus de poeira".

O ar quente tende a se concentrar no centro da cidade carregando com ele os poluentes. Nesta área, o ar expande-se, fluindo para áreas externas; onde é resfriado e precipita. O ar mais frio, o qual se move das áreas marginais em direção ao centro das cidades para substituir o ar que se expande, carrega os poluentes, formando um sistema circulatório, conforme indicado na figura 4.13.

Este sistema é afetado por ventos com altas velocidades. Neste caso, formam-se plumas de calor e poluição, as quais podem atingir áreas externas à cidade.

4.3.4 - Poluição acústica

O ruído em excesso é um fato comum em grandes centros urbanos. Várias atividades desenvolvidas pelo homem nas cidades resultam na emissão de sons em altas intensidades, contribuindo para uma nova modalidade de poluição - a poluição acústica (ou poluição sonora).

Em um meio urbano, as principais fontes de poluição acústica são:

- Os meios de transportes terrestres
- O tráfego aéreo
- Obras de construção civil
- Atividades industriais
- Aparelhos eletro-domésticos
- O próprio comportamento humano

Todas estas fontes produzem sons, os quais, quando em excesso, são prejudiciais ao organismo humano. O principal efeito da poluição acústica é a perda gradativa da audição, fato já comprovado em diversas pesquisas. Além disto, o barulho contribui para outros sintomas, tais como a irritabilidade, incômodo,

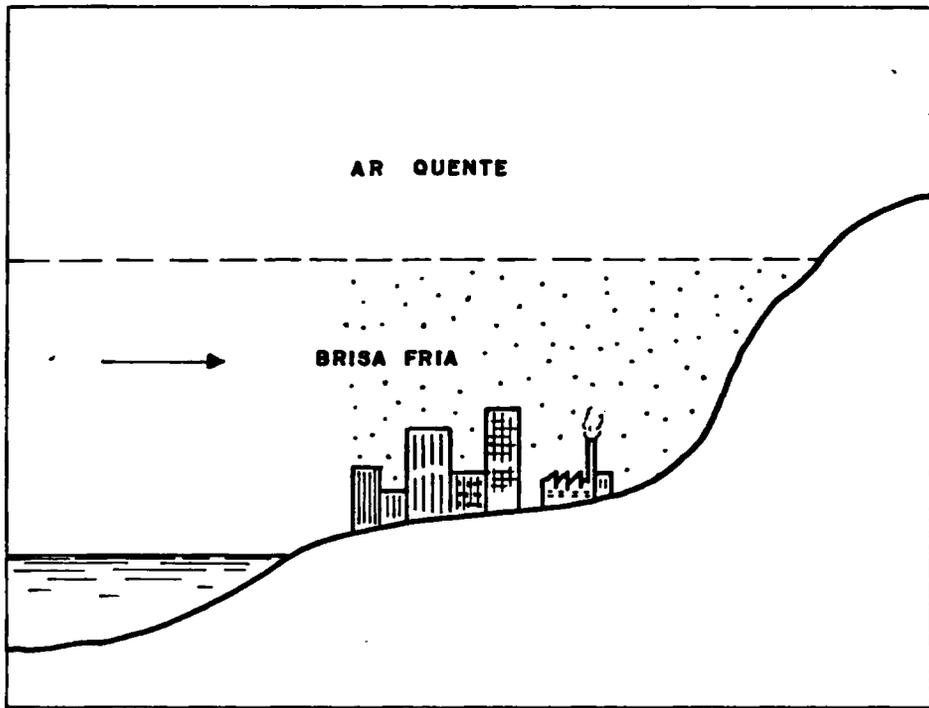


FIGURA 4.12

DISPERSÃO DE POLUENTES IMPEDIDA POR MONTANHAS

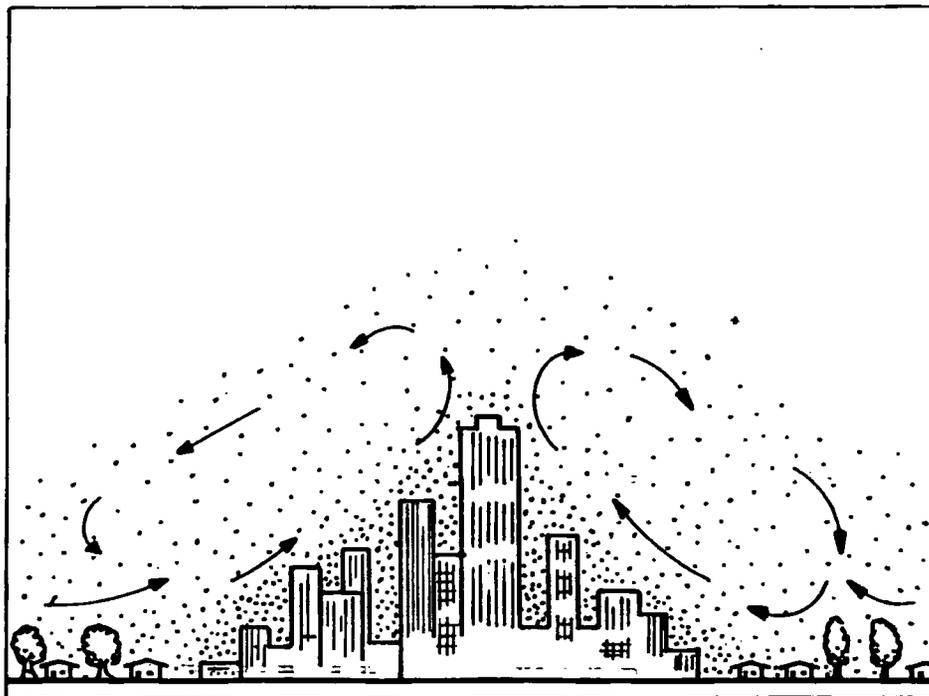


FIGURA 4.13

"DOMUS DE POEIRA" . CIRCULAÇÃO DO AR EM UMA CIDADE

exaustão física, distúrbios psíquicos, perturbações do sistema nervoso central e até mesmo para perturbações cardíacas e circu
latórias.

É importante, portanto, considerar estes aspectos da poluição acústica em uma cidade, visando o bem-estar e a saúde da população.

Para adoção de uma política de combate ao barulho é necessário conhecer alguns aspectos relacionados com a emissão e medição do som.

O som é criado quando um objeto vibra e irradia par
te de sua energia em ondas de pressões acústicas através de um meio, gasoso, líquido ou sólido. No caso da poluição acústica a que estamos nos referindo, esta transmissão é feita, normalmen
te, através do ar.

Este fenômeno é determinado por três característi
cas: energia (intensidade), frequência e duração.

A frequência do som é expressa em unidades Hertz (ci
clos por segundo). A faixa de sons normalmente audíveis pelo ho
mem varia de 20 a 20.000 Hz.

A intensidade do som é expressa em unidades de pres
são (pressão sonora). A magnitude desta pressão é estabelecida em função das pressões de sons audíveis pelo homem, num interva
lo entre o som mais fraco e o som mais forte. A amplitude deste intervalo é muito grande, variando numa faixa de 1 a cerca de 1.000.000 unidades de pressão. Por isto, é difícil exprimir a intensidade do som em unidades de pressão.

A intensidade do som é expressa, então, em uma esca
la logarítmica, a qual exprime o som numa unidade chamada deci
bel, que varia em um intervalo de zero a 200, sendo, portanto, mais prática.

Para melhor compreensão desta unidade, apresentamos no QUADRO 4.14, alguns sons comuns, resultantes de atividades humanas, com seus respectivos níveis em decibel.

QUADRO 4.14

Níveis de Ruídos e efeitos sobre as atividades humanas

SONS COMUNS	NÍVEIS EM DECIBÉIS dB(A)	EFEITOS
Jato em operação	140	Dolorosamente ruidoso
Sirene de ataque aéreo	130	
Jato decolando a 60m	120	Máximo esforço vocal
Ribombo de trovões		
Discoteca	120	
Buzina de carro a 1m		
Bate estacas	110	
Caminhão coletor de lixo	100	
Caminhão pesado (a 15m)	90	Muito incômodo
Tráfego de cidades		Danos ao ouvido (exposição por 8 horas)
Despertador (a 0,6m)	80	Incômodo
Secador de cabelos		
Restaurante barulhento	70	Dificuldade em usar o telefone
Tráfego em uma auto-estrada		
Voz humana (a 1m)		
Aparelho de ar condicionado (a 6 metros)	60	Interferência
Tráfego de veículos leves (a 30m)	50	Calmo
Sala de estar	40	
Quartos		
Escritório calmo		
Sussurro suave (a 5m)	30	Muito calmo
Biblioteca		
Estúdio de transmissão de programa de rádio	20	
	10	Justamente audível
	0	Límiar da audição

FONTE: Agência de Proteção do Meio Ambiente dos Estados Unidos da América (41)

Os ruídos ou níveis de pressão do som são medidos a través de um aparelho conhecido como "sonômetro", o qual, normalmente, contém três escalas de frequência: A, B e C.

A escala que representa o som de forma mais próxima ao comportamento da audição humana é a chamada Curva A, a qual está indicada no QUADRO 4.14, onde os níveis sonoros estão expressos em decibel A - dB(A).

Sendo logarítmica a Escala Decibel, qualquer pequeno aumento em um valor significa um grande acrêscimo de intensidade do som.

O ouvido humano também funciona como que logaritmicamente. Portanto, nossa percepção de aumento de som é de tal modo que cada crescimento de 10 decibéis significa dobrar o som. Por exemplo, o som produzido por um caminhão pesado (expresso em 90 decibéis) parece ao nosso ouvido duas vezes maior que o barulho de um despertador (correspondente a 80 decibéis).

As pessoas reagem diferentemente ao barulho. No entanto, pode-se dizer que a partir do nível de 70 decibéis o ruído começa a tornar-se prejudicial à audição humana. Existem valores recomendados para níveis de ruídos em diversas atividades ou em função do período do dia, os quais serão comentados posteriormente.

Sendo expressos em forma logarítmica, não se pode adicionar sons de modo aritmético normal. Por exemplo, quando dois caminhões pesados passam em uma rua, emitindo níveis de som correspondentes a 90 decibéis, cada um, não significa que os dois produzem um barulho total de 180 decibéis. Os dois camiⁿhões corresponderiam a um nível combinado de 93 decibéis.

No QUADRO 4.15 indicamos alguns valores a serem adicionados aos níveis de sons, no caso de combinação dos mesmos.

QUADRO 4.15

Regra de adição de decibéis, para combinação de níveis de sons

QUANDO DOIS NÍVEIS DIFEREM DE:	ADICIONAR A SEGUINTE QUANTIDADE AO MAIOR VALOR, PARA SE TER O SOM COMBINADO
0 ou 1 dB	3 dB
2 ou 3 dB	2 dB
4 a 9 dB	1 dB
10 dB ou mais	0 dB

FONTE: Agência de Proteção do Meio Ambiente dos Estados Unidos da América (3)

A intensidade do som varia, também, com a distância, decrescendo inversamente com o quadrado da distância a partir da fonte de ruído. Assim, cada vez que a distância dobra, a pressão sonora é reduzida à metade. Este fenômeno significa um decréscimo de cerca de 6 decibéis para cada vez que a distância a partir de uma fonte emissora de som é dobrada. (1)

O ruído, existente em um determinado local provém de várias fontes e varia durante determinado período de tempo. Assim, a sua avaliação não pode ser feita através de uma única medição. Por isto, foi instituído o chamado "nível de som equivalente", o qual pode ser definido como um nível de ruído tal que, em um determinado período de tempo, conteria a mesma energia sonora de vários barulhos diferentes ocorrendo no mesmo período.

Assim, a flutuação de níveis de ruído que ocorre em um lugar, em determinado tempo, é representada por um nível fixo equivalente, contendo a mesma energia.

A ISO - International Organization for Standardization dos Estados Unidos, sugere a adoção de um nível equivalente (L_{eq}), calculado através da seguinte expressão matemática:

$$L_{eq} = 10 \cdot \log_{10} \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N f_i \cdot 10^{\frac{L_i}{10}} \right]$$

Onde:

N = número de amostras, para um determinado inter
valo de tempo

f_i = número de ocorrências de um determinado nível,
em dB(A), para aquele intervalo de tempo

L_i = nível de som em dB(A)

A determinação deste nível equivalente foi feita na região da Grande São Paulo, nos municípios de Diadema, Mauã, Santo André, São Bernardo do Campo, São Caetano do Sul e São Paulo. (19)

Os dados deste levantamento foram coletados em áreas residenciais destes municípios, em intervalos de tempo de 15 minutos, e estão indicados na FIGURA 4.14.

Podemos observar que somente na área de Mauã o nível equivalente de ruídos não ultrapassou o máximo recomendado pela ISO, que é de 55 dB(A), para zonas residenciais.

4.3.5 - Poluição visual

A ocupação desordenada de uma área urbana pode resultar numa desfiguração da paisagem, constituindo a poluição visual.

Normalmente, as alterações estéticas do meio ambiente influem sobre o bem-estar das pessoas, pela forma agressiva como ocorrem, podendo, portanto, serem entendidas como uma modalidade de poluição.

A ocupação desordenada de áreas de vegetação densa, por construções, além de outros efeitos negativos já comentados, causa alterações na paisagem, podendo destruir, total ou parcialmente, locais de grande beleza.

Nem sempre há uma preocupação de efetuarem-se construções compondo a paisagem existente, procurando harmonizar a vegetação natural com as edificações.

Construções de prédios altos, criando barreiras em locais de onde se pode desfrutar de uma bonita vista, são comuns em cidades onde não há uma preocupação com este aspecto.

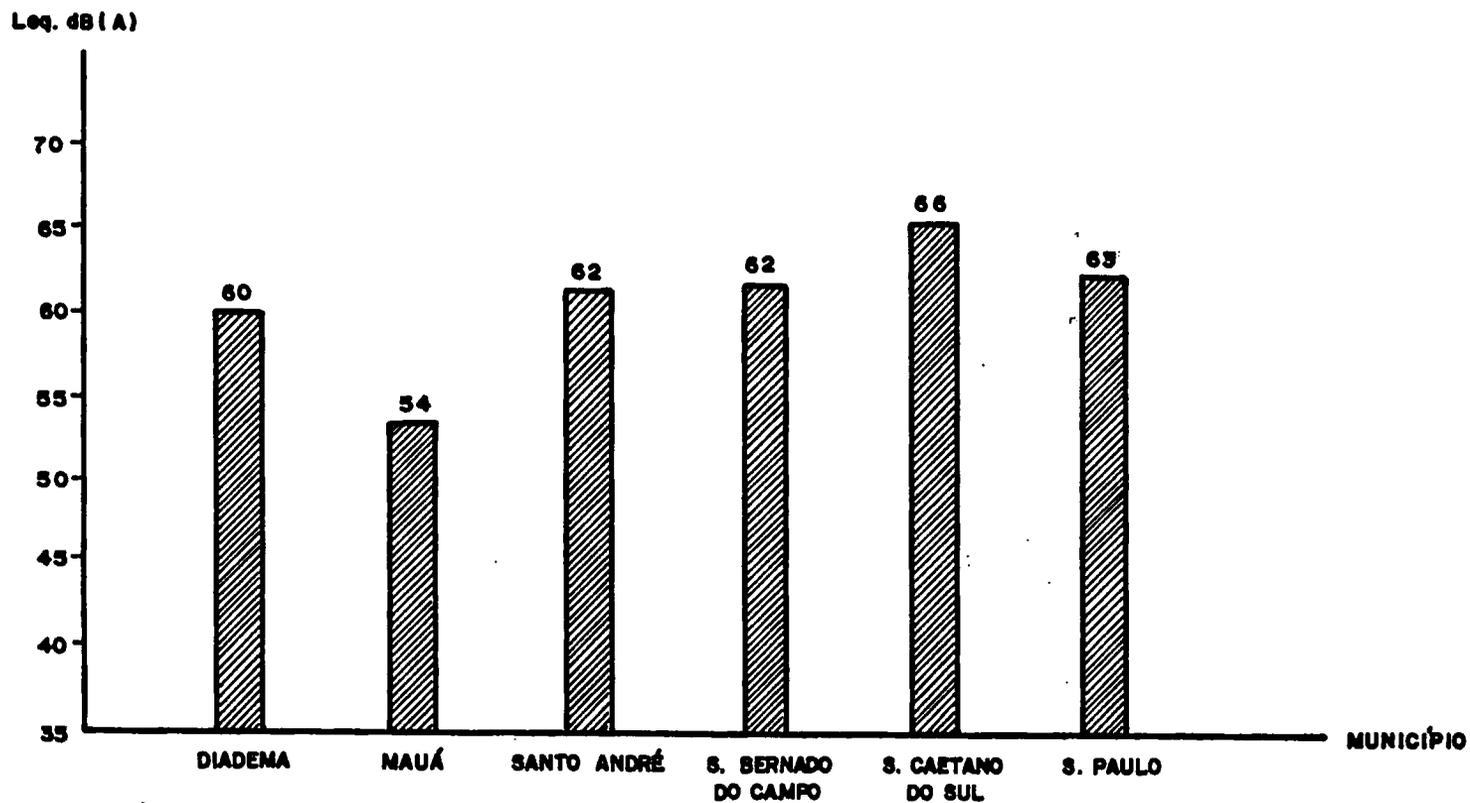


FIGURA 4.14

NÍVEIS EQUIVALENTES DE RUÍDOS EM ÁREAS RESIDENCIAIS
DE MUNICÍPIOS DA GRANDE SÃO PAULO.

1977

A extinção de plantas nativas, como resultado da transformação de áreas rurais em urbanas, é fato comum, muitas vezes irreversível, no processo de ocupação urbana.

Os equipamentos urbanos são, quase sempre, dispostos nas cidades sem haver uma preocupação com os aspectos estéticos, criando ambientes de feição bastante desagradável às pessoas.

A disposição de resíduos, sólidos ou líquidos, no solo, além de outras consequências desagradáveis, contribui para a poluição visual.

A forma inadequada de depositar resíduos sólidos em terrenos baldios é uma prática comum nas cidades, causando aspectos estéticos desagradáveis e contribuindo para a desvalorização de áreas adjacentes.

As técnicas de propaganda utilizadas atualmente, através da colocação de anúncios e cartazes das mais variadas formas, nos mais diversos locais da cidade, além dos problemas de segurança aos transeuntes que podem acarretar, contribuem bastante para a chamada poluição visual urbana.

Áreas de grande valor ecológico ou paisagístico são gradativamente ocupadas, transformando locais de muita beleza em densas áreas urbanas. Entre estas áreas podemos citar as dunas, as encostas de morros e as margens de coleções superficiais de água.

Além dos efeitos negativos, sob o ponto de vista ecológico, este processo de ocupação desordenada é responsável pela carência de paisagens que proporcionem ao homem das cidades um bem-estar mental e social, próprios do lazer contemplativo.

Todos estes aspectos da poluição visual, embora de caráter bastante subjetivo, vêm sendo levantados ultimamente, e a sua ocorrência, aliada a outros tipos de degradação ambiental, é apontada como causa de tensões, angústias e efeitos correlatos sobre o homem urbano.

É necessário, portanto, considerar estes aspectos no disciplinamento do uso do solo urbano. A ocupação urbana deve ser feita de forma a se integrar, o máximo possível, às condições naturais existentes, principalmente onde áreas de valor estético devam ser preservadas.

5. USO DO SOLO E PRESERVAÇÃO DO MEIO AMBIENTE

Nos capítulos anteriores tentamos mostrar como o processo de urbanização, alterando as características naturais de determinada área, pode resultar em modificações ambientais das mais variadas formas, constituindo diferentes modalidades de poluição.

A transformação de um ambiente rural para um meio urbano por certo sempre resultará em alterações ambientais, com reflexos sobre as formas de vida que normalmente abriga. Compete ao homem procurar adequar o processo de urbanização ao ambiente físico existente, de modo que os efeitos negativos sejam os mínimos possíveis. Entendemos que um planejamento urbano que considere os aspectos ambientais pode minorar estas consequências.

Atualmente, o homem dispõe de técnicas de planejamento urbano que vêm sendo aplicadas nas cidades, considerando os aspectos sociais, culturais e econômicos, mas pouco se preocupando com os fatores ambientais.

A natureza tem uma grande capacidade de recuperação, quando alterada em uma de suas características. Os recursos naturais podem ser usados pelo homem como fonte de ar, água, alimento, energia e matéria-prima para suas atividades, bem como meio de absorção, dispersão ou transformação de seus resíduos.

Porém, esta capacidade é limitada, devendo o homem conhecê-la e a ela adaptar-se. Os processos naturais devem ser levados em conta no planejamento de uma área urbana.

Desta forma, o aspecto ambiental é mais um fator a ser considerado no planejamento urbano.

Muitos são os princípios de saneamento que devem ser aplicados ao planejamento urbano. O disciplinamento do uso do solo urbano feito com base nestes princípios, com certeza proporcionará um meio ambiente urbano melhor, sem muitos dos problemas de poluição comentados anteriormente.

O importante é que a utilização destes princípios constitua uma forma preventiva de controle da poluição, portanto, mais fácil de aplicar e, acreditamos, de maior eficiência.

Tentaremos mostrar como o disciplinamento do uso do solo pode ser feito considerando princípios básicos de saneamen

to, utilizando medidas de prevenção contra a poluição do solo, do ar, da água, acústica e visual.

Serão desenvolvidas algumas técnicas a serem aplicadas no processo de disciplinamento do uso do solo urbano, com o objetivo de preservar os recursos naturais indispensáveis às áreas urbanas.

A utilização destas técnicas poderá ser feita de duas maneiras: estudando detalhadamente cada recurso natural, de forma que as medidas de preservação a serem adotadas sejam função das características próprias do mesmo; ou adotando medidas preventivas pré-fixadas, com base nos conceitos já estabelecidos, de um modo geral, como válidos.

Por exemplo, a preservação de um recurso hídrico superficial poderá ser feita através de uma faixa sanitária de proteção, a qual terá largura variável, em função do levantamento das características próprias deste meio e de suas margens, - quando for possível determiná-las. No entanto, poderá ser estabelecida uma faixa de largura fixa, a partir de conhecimentos já existentes sobre a percolação de poluentes no solo.

É claro que o primeiro caso deverá apresentar resultados mais satisfatórios, pois estudará cada recurso detalhadamente. O controle da poluição do meio ambiente é mais eficiente quando feito a luz das circunstâncias locais. Devemos, porém, reconhecer que poucas cidades brasileiras dispõem de condições para realizar, no momento, levantamentos detalhados dos recursos naturais a preservar. Assim, muitas medidas de preservação devem ser adotadas de forma generalizada, a partir de critérios já conhecidos e admitidos como corretos.

Tentaremos indicar os procedimentos a serem utilizados para estudo de determinado recurso, visando a sua preservação, e procuraremos discutir algumas medidas que poderão ser adotadas de modo geral, no processo de disciplinamento do uso do solo visando a qualidade ambiental.

Inicialmente, comentaremos alguns conceitos básicos relacionados com o planejamento urbano. Posteriormente, mostraremos como interrelacionar o planejamento com o saneamento ambiental, de modo a controlar, de forma preventiva, as diversas modalidades de poluição.

5.1 - Técnicas de Planejamento Urbano

"O planejamento urbano consiste na organização do espaço, das atividades e funções de uma cidade, levando em consideração a realidade existente e suas implicações no desenvolvimento futuro, não só do ponto de vista físico, como também social e econômico, para obter o bem-estar progressivo desta localidade". (15)

O planejamento urbano visa, portanto, a ordenação do espaço físico e a provisão dos elementos relativos às necessidades humanas, de modo a garantir um meio ambiente que proporcione uma qualidade de vida indispensável a seus habitantes.

De acordo com a Associação Internacional de Administradores Municipais (27), o processo de planejamento compreende cinco etapas:

- estabelecimento de metas básicas
- estudos e análises
- preparação de planos e políticas
- implantação de planos e políticas
- avaliação

Ainda de acordo com a citada Associação, as principais ferramentas do planejamento urbano são:

- (a) o plano geral, incluindo os objetivos e políticas básicas do desenvolvimento, o levantamento de dados e os estudos básicos necessários ao plano
- (b) o zoneamento, compreendendo a definição de usos para as diversas áreas da cidade
- (c) o regulamento de loteamentos, definindo normas para o parcelamento de terrenos
- (d) programa de aplicação de capital (recursos financeiros)

O zoneamento é o dispositivo legal mais simples para a implantação do plano de uso do solo de uma cidade. Através do mesmo pode-se assegurar que os diferentes usos do solo serão adequadamente distribuídos em uma área urbana, de modo a garantir às pessoas a realização plena de suas necessidades de habi

tação, trabalho, circulação e lazer.

Através do zoneamento, a área planejada é dividida em setores, para os quais são definidos: (1) a altura e volume dos prédios e de outras estruturas; (2) as áreas dos lotes e as porções dos mesmos que podem ser ocupadas; (3) a densidade populacional; (4) os espaços livres requeridos; (5) o uso do solo e das edificações por atividades comerciais, residenciais, industriais e outras.

Para implantação do processo de zoneamento, além da definição dos usos permitidos, tolerados ou proibidos para as diversas áreas da cidade, são fixados parâmetros que garantam a ocupação do solo na forma desejada.

Estes parâmetros são conhecidos como ÍNDICES URBANÍSTICOS, os quais são expressões matemáticas que relacionam o espaço com grandezas sócio-econômicas ou físicas.

Assim, os índices urbanísticos refletem a situação sócio-econômica de uma unidade territorial já implantada ou podem servir como meio disciplinador da ocupação desejada para uma área ainda não desenvolvida.

Desta forma, estes índices podem ser usados nas diversas fases do planejamento, sendo aplicados na análise da realidade urbana, na formulação de prognósticos e proposições, bem como na etapa de regulamentação e controle.

Os índices urbanísticos são definidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas, através da TB-150, de 1977, sendo representados por três tipos fundamentais de expressão: DENSIDADE, QUOTA e PROPORÇÃO.

A Densidade exprime uma relação entre elementos físicos ou atividades e um indicador de espaço. Como elementos físicos ou atividades, podemos entender: pessoas, animais, produtos agrícolas, ocorrência de doenças, empregos, etc.

A densidade populacional é um exemplo deste índice e normalmente expressa o grau de concentração ou dispersão de pessoas em determinadas áreas. Está bastante relacionada com o dimensionamento de equipamentos sociais e de serviços públicos.

De um modo geral, temos dois tipos de densidade residencial:

- (1) Densidade residencial bruta: expressa uma relação entre a população considerada (de uma cidade

bairro ou setor) e a área total da cidade, bairro ou setor

- (2) Densidade residencial líquida: relação entre a população de uma cidade, bairro ou setor e a área ocupada por residências.

Normalmente, devido a maior facilidade de aplicação, usam-se formas indiretas de expressão da densidade populacional. Por exemplo, é comum usar-se a densidade "habitações por unidade de área" pois há uma correlação bastante estreita entre a população e o número de domicílios.

Outros exemplos de Densidade podem ser citados: número de empregados/área ocupada pela atividade dos mesmos; número de empregados na indústria/m² de área construída.

A Quota é um índice urbanístico mais facilmente associável às idéias de ocupação ou demanda de espaço, pois é expresso por uma relação entre um indicador de espaço e um indicador de elementos físicos ou atividades:

Podem ser citados como exemplos de Quotas:

m² ou hectare de terreno/habitante ou habitação

m² ou hectare de área construída/habitante ou habitação

área de terreno(ou construída)/nº de empregados

área livre/população ou número de domicílios

quilômetros de ruas/habitantes

As Quotas figuram na regulamentação e controle do uso e ocupação do solo urbano. Frequentemente, encontramos, em legislações urbanísticas, a definição de tamanhos mínimos de lotes, o que pode ser entendido como uma quota - área de terreno/ tipo de habitação - a qual, indiretamente, regulamenta a densidade residencial.

As Proporções são índices urbanísticos que relacionam dois espaços, sendo normalmente expressos por um número puro ou sob a forma de porcentagem.

As proporções são muito utilizadas na regulamentação e controle de loteamentos, sob as mais variadas formas: porcentagem de áreas livres; porcentagem de áreas para escolas e outros equipamentos públicos; porcentagem de ocupação dos lotes

por construções, etc.

A intensidade de ocupação física dos terrenos pelas construções é expressa através de três proporções bastante utilizadas em legislações de disciplinamento de uso e ocupação do solo:

- coeficiente de aproveitamento
- taxa de ocupação dos terrenos
- Índice de elevação

O coeficiente de aproveitamento é o que melhor revela a intensidade de uso, pois é a relação entre a área total construída e a área total do terreno.

A taxa de ocupação dos terrenos expressa as áreas livres sobre o terreno, sendo um indicador das condições de iluminação, insolação, ventilação e isolamento das edificações. É a razão entre a área ocupada pela construção e a área total do terreno considerado.

O índice de elevação, que exprime a relação entre a área total construída e a área ocupada pela construção, dá uma idéia do número médio de pavimentos.

Os índices urbanísticos, já bastante utilizados em legislações urbanísticas, podem ter sua aplicação ampliada, visando a preservação do meio ambiente. Constituem importante ferramenta de planejadores e sanitaristas, no disciplinamento do uso do solo para uma melhor qualidade de vida urbana.

Alguns exemplos de sua aplicação podem ser citados:

- Definição de densidades demográficas compatíveis com a infra-estrutura sanitária existente ou projetada
- Áreas mínimas dos lotes estabelecidas em função da existência ou não de sistemas públicos de água e esgoto
- Estabelecimento de áreas livres visando a preservação de margens de cursos d'água, de áreas de recarga de aquíferos ou como faixas de isolamento de fontes poluidoras do ar ou acústica
- Definição de índices de ocupação com o objetivo de permitir maior área livre para a recarga de aquíferos, redução do escoamento superficial e da ero

são, ou como medida de controle da poluição da água superficial

- Índice de elevação (altura das edificações) definidos em determinadas áreas para garantir a ventilação ou proporcionar a visão de uma paisagem bonita.

Estes são alguns exemplos da utilização de índices urbanísticos visando a preservação do meio ambiente. No decorrer do trabalho, estes e outros casos serão discutidos e detalhados.

De um modo geral, podemos estabelecer que o planejamento de uma área urbana, com o objetivo de preservar a qualidade do meio ambiente, deve ser feito em seis importantes etapas:

- (1) Levantamento das condições ambientais existentes, a partir do qual se desenvolverá o planejamento
- (2) Definição das áreas apropriadas para uso urbano e, conseqüentemente, das áreas a serem preservadas
- (3) Definição dos diferentes usos do solo urbano, em função do maior ou menor impacto que os mesmos possam causar ao ambiente
- (4) Utilização de índices urbanísticos que permitam uma ocupação das diferentes zonas da cidade, de forma a garantir uma melhor integração das edificações e de outras estruturas com o ambiente natural
- (5) Definição de padrões de qualidade ambiental, em função das circunstâncias específicas de cada ambiente, devendo as medidas de controle da poluição serem aplicadas para alcançarem aqueles objetivos
- (6) Relacionamento dos aspectos de preservação ambiental com os outros fatores a serem considerados no planejamento urbano, de modo a garantir um processo exequível sob o ponto de vista econômico, social e político.

De modo integrado devem ser planejados os diversos

aspectos de controle da poluição, em suas diversas modalidades: do solo, do ar, da água, acústica e visual.

Por questões didáticas, abordaremos, a seguir, de forma isolada, o relacionamento entre o disciplinamento do uso do solo e o controle de cada forma de poluição, porém, sempre procurando ressaltar a sua ligação com as outras modalidades.

5.2 - Uso do solo e controle de poluição do solo

O solo não é, normalmente, um meio a partir do qual um poluente é transferido diretamente para o homem, como acontece com a água e o ar.

Embora ocorra o contato das pessoas com os resíduos lançados no solo, o mais freqüente é acontecer, a partir do processo de poluição do solo, alterações na qualidade de outros recursos naturais, de modo a prejudicar o homem.

Das principais causas de poluição do solo enumeradas no ítem 4.3.1, podem ser consideradas de maior importância, do ponto de vista do planejamento urbano, o lançamento de resíduos sólidos ou líquidos nos terrenos e as atividades provocadoras da erosão do solo.

Na realidade, a ocorrência desta modalidade de poluição e, em consequência, da degradação de outros recursos naturais, pode ser controlada através do disciplinamento do uso e ocupação do solo urbano.

Conforme mostraremos a seguir, a adoção de medidas de preservação do meio ambiente, consideradas no processo de planejamento do uso do solo urbano, contribui para minimizar os efeitos da disposição de resíduos no solo, bem como para atenuar a erosão, geralmente acentuada em áreas urbanas em desenvolvimento.

5.2.1 - Disposição de resíduos no solo

A prática de lançar resíduos líquidos, sólidos ou semi-sólidos no solo, pode resultar em problemas de degradação ambiental, quando não executada considerando aspectos sanitários.

A maioria das cidades brasileiras ainda utiliza a forma de dar destino aos resíduos sólidos através de depósitos a céu aberto. Os efeitos negativos deste sistema de disposição final do lixo já foram comentados anteriormente.

Portanto, partimos do princípio de que este processo deve ser proibido e nos restringiremos a indicar as medidas de preservação ambiental a serem adotadas quando forem usados métodos sanitários de utilização do solo para recebimento de resíduos. Mais precisamente, abordaremos diversos aspectos relacionando o aterro sanitário com o meio ambiente.

Mesmo em pequenas comunidades, o lançamento de lixo em depósitos a céu aberto deve ser evitado. Nestes casos, o lixo deve ser enterrado através de processo manual, podendo constituir um pequeno aterro sanitário, desde que sejam adotados os diversos cuidados para preservar a qualidade ambiental.

Com relação a disposição de resíduos líquidos ou semi-sólidos (lodos) no solo, também nos referimos aos princípios a serem adotados na execução de práticas consideradas sanitárias.

As consequências do lançamento de resíduos no solo estão bastante relacionadas com o ambiente que o cerca. A partir dos resíduos colocados no terreno podem originar-se líquidos de percolação, os quais atingirão coleções superficiais ou subterâneas de água. Existem ainda os problemas relacionados com o aspecto estético (poluição visual) e com os maus odores.

Uma maior ou menor degradação do meio ambiente, além das características dos resíduos lançados no solo, dependerá das condições do próprio ambiente, as quais precisam ser estudadas antes da escolha do local para recebimento dos mesmos.

Assim, na definição de locais para lançamento de resíduos no solo, devem ser previamente analisados os seguintes aspectos, relacionados com o ambiente em estudo:

- GEOLÓGICOS
- HIDRO-GEOLÓGICOS
- TOPOGRÁFICOS
- CLIMÁTICOS
- CULTURAIS
- ECONÔMICOS

A definição do local será o resultado de uma análise

global de todos estes aspectos, conforme indicado no esquema da FIGURA 5.1. Obviamente, não importa a ordem de avaliação dos diversos aspectos, sendo a que está apresentada na figura apenas ilustrativa.

Uma análise do ponto de vista GEOLÓGICO deve identificar as formações geológicas que se situarão em baixo e ao lado do local de disposição dos resíduos, bem como o tipo de solo para cobertura dos mesmos, se for o caso. Interessam mais, nesta circunstância, as propriedades do solo relacionadas com o movimento de líquidos e gases em seu interior.

Sob o aspecto HIDRO-GEOLÓGICO, devem ser analisadas as coleções superficiais e subterrâneas de água e todos os fatos relacionados com as mesmas: nível do lençol freático; variações de níveis; movimento da água superficial ou subterrânea; áreas de carga e descarga de água superficial ou subterrânea.

As condições TOPOGRÁFICAS a serem consideradas são as que dizem respeito ao maior ou menor movimento de terra, bem como ao ingresso de líquidos na área utilizada. Áreas sujeitas a inundações devem ser evitadas, assim como aquelas com grande potencial de erosão.

Quanto aos aspectos CLIMÁTICOS, interessam: direção e velocidade dos ventos; temperatura; precipitação pluviométrica; evaporação.

Do ponto de vista ECOLÓGICO devem ser cuidadosamente analisadas as áreas que constituem ecossistemas importantes para a preservação da fauna e da flora, com o objetivo de evitar a ocorrência de desequilíbrios e, conseqüentemente, os seus efeitos sobre espécies animais e vegetais.

Do ponto de vista CULTURAL devem ser observados os aspectos relativos à estética visual, às implicações em termos de uso do solo nas proximidades, e à aceitação por parte do público.

Sob o ponto de vista ECONÔMICO serão analisados: custo do terreno; despesas para implantação do sistema; desvalorização de áreas vizinhas, entre outros.

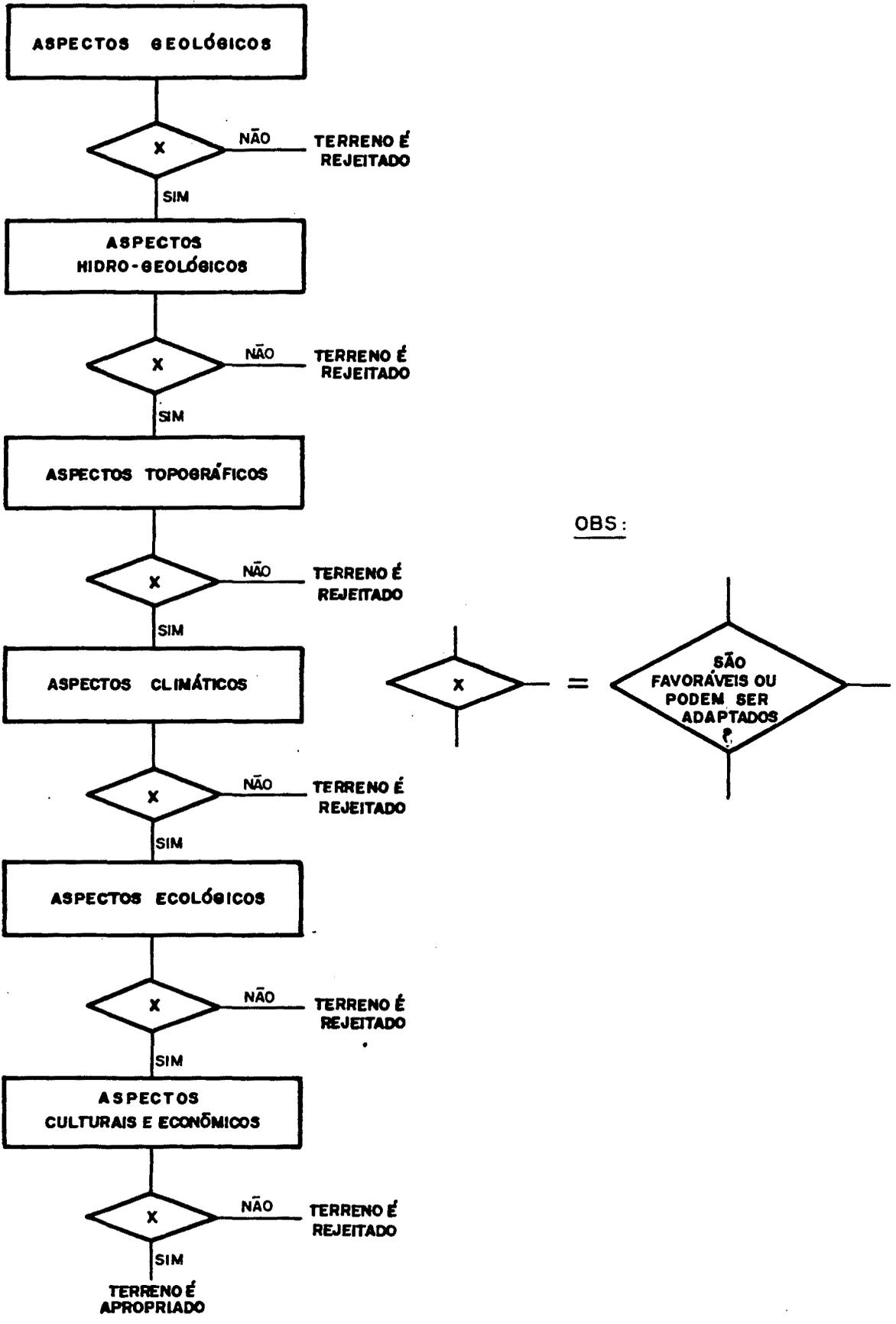


FIGURA 3.1

MODELO DE ANÁLISE DOS ASPECTOS AMBIENTAIS NA ESCOLHA DE TERRENO PARA RECEBER RESÍDUOS.

5.2.1.1 - Disposição de resíduos sólidos

Com base nesta sistemática global de análise, vejamos os aspectos a serem considerados na escolha de um local para um aterro sanitário.

Entre os problemas ambientais que podem resultar de um aterro sanitário, destaca-se a poluição dos recursos hídricos superficiais ou subterrâneos. Isto pode acontecer através de uma das seguintes formas:

- Pelo carreamento de materiais do aterro para coleções superficiais de água
- Pela invasão de águas superficiais sobre áreas do aterro
- Quando a água do lençol freático atinge os resíduos
- Pela percolação vertical do "líquido de percolação" ("leachate") formado no aterro e resultante de águas de chuvas, da própria umidade dos resíduos e dos produtos da decomposição dos mesmos
- Pela transferência de gases resultantes da decomposição de resíduos e que são solúveis na água

A poluição da água a partir de um aterro sanitário dependerá, portanto, de:

- (1) dos tipos de materiais constituintes dos resíduos sólidos, os quais caracterizarão a composição dos poluentes
- (2) das características do meio onde se situa o aterro, as quais vão influir no deslocamento dos poluentes originados no aterro
- (3) do posicionamento do aterro em relação aos recursos hídricos subterrâneos e superficiais
- (4) de falhas na elaboração do projeto e execução do aterro.

A análise e controle destes fatores constituem as ferramentas básicas para evitar os impactos ambientais resultantes de um aterro sanitário.

A composição do "líquido de percolação" e, portanto,

o seu potencial poluidor dependerá dos tipos de materiais depositados no aterro e das reações que se processam na decomposição dos mesmos.

Estes poluentes podem ser biológicos ou químicos. Em condições normais a poluição biológica é que menos problemas pode trazer, devido à pouca capacidade de sobrevivência dos organismos patogênicos e a relativa pouca distância que normalmente percorrem; a poluição química, principalmente devida a certos resíduos sólidos provenientes de indústrias ou resíduos de sua incineração, é que pode criar mais problemas. (16)

A produção de "líquido de percolação" a partir de resíduos sólidos municipais vem sendo estudada através de pesquisas de laboratório e de campo, observando-se que a composição do mesmo varia com o local da produção e com o tempo. No QUADRO 5.1 mostramos a composição do "leachate" inicial resultante de resíduos sólidos municipais, dados obtidos em dois estudos efetuados nos Estados Unidos da América e apresentados por BRUNNER e KELLER. (12)

Observando o QUADRO 5.1 podemos notar uma grande variação de valores. Os autores do trabalho comentam, também, que há uma variação do "líquido percolado" com o decorrer do tempo, para um determinado aterro, bem como entre os dois aterros. Citam, como exemplo, a concentração de sulfatos, a qual, no Estudo A apresentou uma média de 614mg/l, mudando de 730mg/l, no início da amostragem, para 81mg/l, próximo à conclusão do levantamento. Não há indicação do período durante o qual se realizaram os estudos. No entanto, o trabalho observa que se pode esperar um decréscimo na quantidade de contaminantes com o tempo, em aterros onde não são mais depositados resíduos.

O movimento do "leachate" no solo ocorre verticalmente, na zona não saturada, e de acordo com o fluxo da água subterrânea, na zona saturada. A "purificação" deste líquido na zona não saturada é maior do que na zona saturada, conforme já visto anteriormente.

A remoção de poluentes orgânicos e bacteriológicos é observada em percursos relativamente pequenos, enquanto que compostos inorgânicos podem alcançar grandes distâncias.

QUADRO 5.1

Composição de líquidos percolados em resíduos sólidos.
Estados Unidos da América. (Dados em ppm, exceto o pH)

C O M P O N E N T E	E S T U D O A(1)		E S T U D O B(2)	
	Menor valor	Maior valor	Menor valor	Maior valor
pH	6,0	6,5	3,7	8,5
Dureza (CaCO ₃)	890	7600	200	550
Alcalinidade (CaCO ₃)	730	9500		
Ca	240	2330		
Mg	64	410		
Na	85	1700	125	3800
K	28	1700		
Fe (total)	6,5	220	0,12	1640
Cloretos	96	2350	47	2340
Sulfatos	84	730	20	375
Fosfatos	0,3	29	2,0	130
Nitrogênio Orgânico	2,4	465	8,0	482
NH ₄ - N	0,22	480	2,1	177
DBO	21700	30300		
DQO			809	50715
Zn			0,03	129
Ni			0,15	0,81
Sólidos suspensos			13	26500

FONTE: BRUNNER, D.R. & KELLER, D.J. 1972 (12)

Obs: (1) California State Pollution Control Board

(2) A.A. Fugaroli - "Pollution of subsurface water by
sanitary landfill".

Compostos químicos podem percolar através do solo por longo tempo e alcançando grandes distâncias, conforme comentado no ítem 4.3.3.2.2.

Estudos que realizamos junto ao aterro sanitário de Fortaleza, em 1973, apresentam alguns dados relativos à poluição da água subterrânea a partir de resíduos sólidos municipais depositados no solo. (37)

Para este estudo foram perfurados 4 poços, sendo 1 a montante da área aterrada e 3 a jusante. Comparando a análise da água obtida no primeiro poço a jusante, situado a 15 metros do aterro, com a do poço de montante, podem ser observadas elevações dos teores de turbidez, cor, dureza, magnésio, condutividade específica, amônia e oxigênio consumido. Porém, somente o teor de oxigênio consumido ficou acima do padrão recomendado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas. A água deste poço a jusante apresentou odor sulfídrico e foi considerada não potável, do ponto de vista químico e bacteriológico.

Dos outros dois poços a jusante, situados a 45 e 75 metros do aterro, foram captadas águas potáveis, do ponto de vista químico e bacteriológico.

Na época desta pesquisa, o nível do lençol freático estava a cerca de 2 metros abaixo do fundo do aterro.

Este trabalho mostra que há realmente uma remoção de poluentes do líquido, quando o mesmo percola no solo. Como os resíduos eram de origem municipal, a purificação do "leachate" foi obtida em menos de 45 metros de percurso.

Como já dissemos, esta remoção de poluentes depende das condições do meio onde se localiza o aterro.

Além do tipo de contaminante, um maior ou menor alcance do mesmo depende das características do solo e das condições hidro-geológicas, topográficas e climáticas.

A permeabilidade do solo influi no movimento do líquido através do mesmo, sendo este favorecido em terrenos com maior coeficiente de permeabilidade. Assim, não se recomenda a execução de aterros sanitários sobre solos com alta permeabilidade, a não ser que medidas protetoras, tais como a impermeabilização do fundo, sejam adotadas.

É importante, também, saber-se se não existem fraturas em rochas consolidadas, sob a área de disposição dos resíduos. Através de fendas, os poluentes podem alcançar lençóis d'á

gua profundos;

As características do solo a ser usado como material de cobertura dos resíduos são importantes, pois, dependendo do tipo do mesmo, pode ser favorecida ou não a penetração e percolação de líquidos. Alguns aspectos devem ser considerados na escolha do solo para esta finalidade. No QUADRO 5.2, transcrevemos de (12) uma avaliação de diversos tipos de solo, em função das várias funções do mesmo como material de cobertura.

SENGES recomenda como material para cobertura de aterros sanitários uma mistura de areia e argila - solo arenoso-argiloso. (45)

A hidrologia da área a ser utilizada para um aterro sanitário deve ser conhecida, para se saber se o líquido percolado no aterro se constituirá um perigo de poluição das águas. Os aspectos a serem analisados são: localização e movimento da água subterrânea; escoamento da água superficial; existência de coleções superficiais de água e níveis máximos de inundação.

A precipitação pluviométrica e a evapo-transpiração são aspectos que devem ser conhecidos, pois têm influência sobre a quantidade de água que se infiltra no aterro para a formação do "leachate".

Como vemos, o estudo de uma área para aterro sanitário compreende a avaliação de vários aspectos ambientais. Devemos observar, no entanto, que as informações existentes são poucas e nem sempre os municípios dispõem de condições para efetuar todos estes levantamentos. Assim, usa-se como principal meio para preservar o meio ambiente o posicionamento do aterro em relação à área urbana.

Este posicionamento deve considerar princípios de saneamento já conhecidos. Com relação aos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, a medida preventiva indicada é a adoção de distâncias mínimas entre a área de recebimento dos resíduos e estas coleções de água. É obvio que estas distâncias variam em função das características do meio. Porém, existem valores já recomendados, em função da capacidade de remoção de poluentes no solo, tanto em zonas não saturadas como em zonas de saturação.

Para preservar a qualidade da água do lençol freático, são aconselhadas distâncias mínimas entre o nível máximo do

QUADRO 5.2

Seleção de material de cobertura final de aterros sanitários,
para as diversas finalidades da mesma

FUNÇÕES	MATERIAL	Cascalho Limpo	Cascalho c/aluvião e argila	Areia Limpa	Argila c/aluvião	Aluvião	Argila
Prevenção contra o acesso de roedores		B	A-B	B	M	M	M
Prevenção contra moscas		M	A	M	B	B	E+
Redução da entrada de água no aterro		M	A-B	M	B-E	B-E	E+
Redução da saída de água através do material de cobertura		M	A-B	M	B-E	B-E	E+
Melhoria do acabamento e aparência do aterro, e prevenção da dispersão de papéis		E	E	E	E	E	E
Suportar bem o crescimento da vegetação		M	B	M-A	E	B-E	A-B
Permitir a ventilação dos gases produzidos pela decomposição dos resíduos ++		E	M	B	M	M	M

FONTE: BRUNNER, D.R. & KELLER, D.J. 1972 (12)

E - excelente; B - bom; A - aceitável; M - mau

+ com excessão dos locais onde o material está sujeito a contrações excessivas e conseqüente aparecimento de fendas

++ somente em conjunto com boas condições de drenagem

mesmo e o fundo do aterro, variando de 1,50m a 3,00m.

Para a preservação das coleções superficiais de água é recomendado um afastamento das mesmas variando de 30m a 45m, - no mínimo, distância considerada satisfatória para a remoção de poluentes orgânicos e biológicos de líquidos percolando horizontalmente no solo.

Esta medida de posicionar o aterro levando em consideração a poluição da água é muito válida quando não se conhecem detalhadamente os aspectos ambientais do meio. Nestes casos, deve-se afastar o máximo possível o depósito de resíduos - das coleções superficiais de água, para minimizar as possibilidades de poluição.

Temos que considerar, nestas situações, o aspecto de impacto sobre a população. A execução de aterros próximos a coleções de água, mesmo a distâncias sanitariamente seguras, pode não ser bem aceita pelo público.

Existe ainda o escoamento superficial da água e o vento, que podem carrear materiais do aterro para coleções de água, devido à proximidade.

Por outro lado, a execução dos serviços no aterro exige áreas para circulação dos equipamentos, acúmulo de materiais, isolamentos, etc.

Em vista de todas estas considerações, quando não for possível um exame detalhado do local, recomenda-se a adoção de afastamento de, no mínimo, 300 metros do limite do aterro para o nível máximo de coleções superficiais de água.

Nos casos de aterros sanitários em que são depositados resíduos sólidos de procedência industrial, onde diferentes compostos químicos podem estar presentes, o alcance do "leachate" é bem maior, conforme já comentado. Não se pode prever, sem que estudos mais aprimorados sejam desenvolvidos, as distâncias máximas de alcance dos poluentes. Recomenda-se, portanto, a execução destes aterros somente após estudo detalhado do ambiente, sugerindo-se a localização dos mesmos em áreas distando mais que 1.000 metros da zona urbanizada e de coleções superficiais de água.

Em todos os casos, além das providências com relação ao afastamento, outras medidas de controle, ou de adaptação do local, podem ser adotadas, tais como: desvio das águas de escoamento

mento, através da execução de valetas em torno do local; colocação de drenos para escapamento dos gases; impermeabilização, ou redução da infiltração das paredes laterais e do fundo; captação e tratamento do líquido percolado.

Além do perigo de poluição da água, outros aspectos ambientais devem ser analisados quando da definição de áreas para aterros sanitários:

- Poluição visual, sempre presente em trabalhos com resíduos sólidos
- Produção de ruídos, pela movimentação dos equipamentos
- Incômodos causados pela circulação de veículos no acesso à área
- Alguns maus odores que possam, eventualmente, existir
- A desvalorização dos terrenos situados nas proximidades

O máximo rigor adotado na execução de um aterro sanitário não impedirá que estes efeitos ocorram. Os mesmos podem ser atenuados procurando-se definir uma localização adequada para o aterro, em relação à área urbana.

O local do aterro não deve ficar próximo às áreas zoneadas como de uso residencial ou recreacional. Mesmo em relação a outras zonas, deve-se sempre prever na área total destinada ao aterro faixas de isolamento.

Para disfarçar a poluição visual, podem-se aproveitar desníveis topográficos, uma vegetação intensa ou construir barreiras artificiais de isolamento. A distância é sempre o melhor fator de atenuação dos efeitos negativos de um aterro sanitário.

O acesso à área do aterro deve ser planejado de forma a facilitar a circulação dos veículos, não se recomendando, em cidades de grande porte, intenso movimento em ruas de uso residencial.

O controle de maus odores que possam existir, eventualmente, pode ser feito posicionando-se o aterro no sentido contrário aos ventos predominantes, em relação à área urbanizada.

Desde que haja uma preocupação com as consequências de um aterro sanitário, em termos de qualidade ambiental, o mes

mo pode ser executado sem grandes problemas. No entanto, todas estas questões devem ser levantadas na fase de planejamento do aterro, já que as medidas corretivas nem sempre produzirão os efeitos desejados. E isto deve fazer parte do planejamento da cidade como um todo, já que muitos aspectos estão envolvidos.

5.2.1.2 - Disposição de resíduos líquidos

A utilização de terrenos como meio receptor de resíduos líquidos é feita, normalmente, através de uma das seguintes práticas:

- Como meio de infiltração de efluentes de sistemas de tratamento tipo fossa séptica
- Em processos de tratamento de esgoto, tais como lagoas de estabilização
- Em práticas de irrigação, usando efluentes de sistemas de tratamento de esgoto

O primeiro método está bastante relacionado com a poluição do lençol freático, e será estudado posteriormente, quando nos referirmos ao controle da poluição da água.

O uso de esgoto tratado para irrigação somente deve ser feito em áreas determinadas, sob controle. É uma prática que vem sendo usada com sucesso, mas acompanhada de medidas específicas de controle, visando utilizar líquidos submetidos a tratamentos eficientes, para não causar danos ao meio ambiente.

As lagoas de estabilização são utilizadas, atualmente, para tratamento de esgotos domésticos e industriais. Na análise dos impactos ambientais deste sistema, podem ser utilizados os parâmetros indicados no caso do aterro sanitário, já que as consequências sobre o meio ambiente são semelhantes:

- Possibilidade de poluição da água, a partir da infiltração de líquidos
- Aspectos estéticos
- Possibilidade da ocorrência de maus odores, principalmente quando são utilizadas lagoas anaeróbias
- Desvalorização de áreas adjacentes

Assim, podem ser consideradas válidas as observações

feitas para o aterro sanitário, em termos de tipos de solo para servir de base às lagoas, bem como o posicionamento das mesmas em relação aos recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Do mesmo modo, são válidas as considerações feitas para os resíduos sólidos industriais, quando se utilizar lagoas de estabilização para tratamento de esgotos procedentes de indústrias.

A localização de lagoas em relação à área urbana é outro fator a considerar. Sob este aspecto, devem ser observados:

- local de lançamento do efluente tratado
- direção predominante do vento, principalmente no caso de lagoas anaeróbias
- posicionamento em relação às zonas residenciais, de recreação, e outras áreas mais sensíveis aos impactos ambientais resultantes de lagoas de estabilização

VICTORETTI, cita outros autores que recomendam um afastamento mínimo das lagoas de 1.000 a 1.600 metros para os núcleos habitados, e de 400 a 500 metros para residências isoladas, com o fim de prevenir quaisquer inconvenientes, os quais possam gerar objeções locais ao emprego deste processo de tratamento. (61)

O mesmo autor faz referências às experiências conduzidas, por mais de dois anos, junto às lagoas de estabilização de São José dos Campos, São Paulo, onde residências estavam situadas a cerca de 140 metros da unidade aeróbia e a 400 metros da anaeróbia, sem que tenha surgido inconveniente no que se refere ao problema dos odores.

É óbvio que as características ambientais próprias de cada cidade definirão as melhores localizações para lagoas de estabilização. As distâncias apontadas como satisfatórias servem como uma indicação para a escolha do local.

Todas as observações feitas com relação ao lançamento de águas residuárias são aplicáveis à disposição, no solo, de lodos resultantes de processos de tratamento de esgoto.

5.2.2 - Erosão do solo

Conforme já comentado anteriormente, a urbanização - contribui para acelerar o processo de erosão do solo. Os QUADROS 4.3 e 4.5 mostram valores indicando a erosão do solo em função das características topográficas e do tipo de uso do local. Pode ser observado maior processo de erosão em áreas com grande declive ou quando o processo de urbanização ainda está se desenvolvendo.

O Serviço de Conservação do Solo, do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos associa um incremento na erosão do solo, e o conseqüente carreamento de sedimentos, em áreas em processo de urbanização, indicando que nas mesmas ocorrem: (57)

- (1) Um grande aumento do volume de escoamento superficial de água, devido a:
 - a) Remoção da cobertura vegetal protetora
 - b) Exposição do sub-solo ou de formações geológicas menos permeáveis e/ou mais sujeitas a erosão do que o solo original da superfície
 - c) Redução na capacidade dos solos de absorver as águas de chuva, devido a compactação causada por equipamentos pesados
 - d) Aumento das áreas de drenagem, causado pelas operações de nivelamentos, desvio e de construções de vias
 - e) Prolongada exposição de áreas alteradas e não protegidas, devido a problemas de programação e/ou dilatação das obras de construção
 - f) Redução do tempo de concentração do escoamento superficial, causada por alterações na declividade, na distância ou na rugosidade das superfícies
 - g) Aumento das superfícies impermeáveis, associado com a construção de vias, prédios, calçadas, estradas e áreas de estacionamento

- (2) Alteração no regime da água subterrânea, afetando adversamente os sistemas de drenagem, a estabilidade de encostas e a sobrevivência de vegeta

ção existente ou recém-plantada

- (3) Exposição de materiais sub-superficiais com características rochosa, ácida ou seca ou, de algum modo, não favorável ao desenvolvimento de vegetação
- (4) Alterações adversas dos sistemas naturais de drenagem da água superficial, como resultado de construções e outras obras próprias do processo de desenvolvimento

As principais consequências da erosão, no meio urbano, são:

- Obstrução de cursos d'água, aumentando as possibilidades da ocorrência de inundações e causando prejuízos à navegação
- Redução da capacidade de armazenamento de água em reservatórios, prejudicando o abastecimento público e industrial, a prática de recreação ou de outro uso
- Alteração na qualidade da água, influenciando na elevação do custo do tratamento, quando a mesma é utilizada para abastecimento público ou industrial
- Alterações ecológicas no ambiente aquático. A mudança na cor da água ou a deposição de materiais no fundo de reservatórios ou cursos d'água, pode causar reduções nos tipos e quantidades de organismos aquáticos
- Modificações na estrutura natural do solo, provocando deslizamentos, rachaduras, fendas e outros efeitos que exigem obras de engenharia, às vezes onerosas, para reparos

As medidas de controle da erosão em um meio urbano devem ser de caráter preventivo, podendo ocorrer sob duas formas:

- (1) pela própria orientação na definição do uso e ocupação do solo de determinada área sob planejamento
- (2) através de técnicas específicas de controle da

erosão, a serem adotadas, de modo temporário ou permanente, quando do desenvolvimento de determinada área

Dentro do escopo do trabalho, comentaremos com mais detalhes a primeira técnica de controle, fazendo apenas indicações com relação ao segundo caso.

Um plano de controle de erosão deve iniciar-se com um completo levantamento das características relacionadas ao processo, devendo incluir:

- Levantamento topográfico, para classificação das diversas áreas por declividade do terreno
- Identificação do sistema de drenagem, observando os caminhos naturais (úmidos e secos) de escoamento das águas, levando em consideração os efeitos das áreas adjacentes sobre a região em estudo
- Determinação das características dos solos, identificando as áreas críticas, mais sujeitas à erosão
- Identificação da vegetação natural do lugar

Partindo do conhecimento de todos os aspectos que podem influir no processo de erosão, fica mais fácil o seu controle.

O princípio básico no controle da erosão é o seguinte:

PLANEJAR O USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM COMUM ACORDO COM A PRESERVAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS, DE SOLO, DE DRENAGEM DA ÁGUA, E DA VEGETAÇÃO NATURAL DO LOCAL.

Com base neste princípio, enumeramos, a seguir, algumas medidas visando o controle da erosão:

- (a) Ocupação do solo em função da declividade do terreno

Áreas em declive acentuado são mais sujeitas à erosão e seus efeitos, devido à ocorrência de maior escoamento superficial da água.

Assim, uma ocupação ordenada das encostas, reduzindo-se a intensidade de ocupação e, portanto, a densidade de construção, em função do maior declive, é uma medida de grande im

portância no controle preventivo da erosão.

Alguns Estados e Condados dos Estados Unidos têm de finido dimensões de lotes e porcentagens de áreas do solo a permanecerem em seu estado natural, em função da declividade do terreno.

No QUADRO 5.3, transcrevemos valores determinados pela Comissão de Planejamento e Desenvolvimento da Região de Montanhas do Estado da Georgia.

Observamos, neste Quadro, valores elevados para as dimensões dos lotes, comparados com os padrões brasileiros. O mesmo serve apenas como exemplo de um modelo de ocupação considerando a declividade do terreno.

No entanto, podemos aproveitar a idéia, adaptando às condições específicas de cada caso em estudo, as porcentagens de áreas recomendadas para permanecerem no estado natural. Aliás, sugerimos que o controle seja feito definindo-se taxas de ocupação do solo em função da declividade.

Para adaptar-se às taxas de ocupação, as dimensões dos lotes variarão, sendo maiores onde for maior a área a permanecer em estado natural.

Ainda como sugestão, para adaptações em função das características próprias do local, apresentamos o QUADRO 5.4, o qual mostra as porcentagens de solo exigidas a permanecerem em estado natural em três Condados dos Estados Unidos, em função da declividade do terreno.

Já o Condado de Davidson, Tennessee, sugere intervalos de declividades indicados para cada uso do solo, conforme mostramos na FIGURA 5.2. É enfatizado, no entanto, que os intervalos recomendados servem apenas como um guia geral, "uma vez que outros fatores podem contribuir para aumentar ou diminuir os limites considerados". (55)

Os exemplos indicados até agora, embora apresentando valores diferentes, têm um só objetivo: uma taxa de ocupação do solo cada vez menor, a medida que aumenta a declividade do terreno. Além do controle da erosão, este disciplinamento tem outros objetivos, tais como: preservação da paisagem (controle da poluição visual); drenagem adequada das águas; preservação da vegetação para outros fins; aspectos relacionados com a estabilidade das construções.

USO DO SOLO	DECLIVIDADES				
	0 - 5 %	5 - 12 %	12 - 20 %	20 - 30 %	30 + %
ÁREA DE PRESERVAÇÃO					
RECREAÇÃO PASSIVA					
AGRICULTURA					
RECREAÇÃO ATIVA					
BAIXA DENSIDADE RESIDENCIAL					
MÉDIA DENSIDADE RESIDENCIAL					
USO DE MÉDIA INTENSIDADE					
USO DE MÉDIA-ALTA INTENSIDADE					
USO DE ALTA INTENSIDADE					



OBSERVAÇÕES:

- (a) - **ÁREA DE PRESERVAÇÃO** - ÁREA DO TERRENO A SER OCUPADA POR CONSTRUÇÃO : 1%
- (b) - **ÁREA DE RECREAÇÃO PASSIVA** - ÁREA A SER OCUPADA : 1 A 3%
- (c) - **AGRICULTURA** - ÁREA SER OCUPADA : 1 A 5%
- (d) - **RECREAÇÃO ATIVA** - ÁREA A SER OCUPADA : 3 A 10%
- (e) - **BAIXA DENSIDADE RESIDENCIAL** - ÁREA A SER OCUPADA : 10 A 25%
- (f) - **MÉDIA DENSIDADE RESIDENCIAL** - ÁREA A SER OCUPADA : 25 A 45%
- (g) - **USO DE MÉDIA INTENSIDADE** : APARTAMENTO, PEQUENO COMERCIO E INDUSTRIAS -
- ÁREA A SER OCUPADA : 25 A 55%
- (h) - **USO DE MÉDIA-ALTA INTENSIDADE** : COMÉRCIO E MÉDIAS INDÚSTRIAS - ÁREA A SER
OCUPADA : 55 A 75%
- (i) - **USO DE ALTA INTENSIDADE** : COMÉRCIO INTENSO, GRANDES INDUSTRIAS,
GRANDES COMPLEXOS DE APARTAMENTOS - ÁREA A SER OCUPADA : 75 A 100%

FIGURA 5.2

USO DO SOLO EM FUNÇÃO DA DECLIVIDADE DO TERRENO
PLANNING COMMISSION - NASHVILLE - DAVIDSON COUNTY

QUADRO 5.3

Lotes mínimos em função da declividade do terreno. Região Montanhosa do Estado de Georgia, Estados Unidos.

DECLIVIDADE MÉDIA	ÁREA MÍNIMA (m ²)	LARGURA MÉDIA - MÍNIMA (m)	PROFUNDIDADE MÉDIA MÍNIMA (m)	SUPERFÍCIE DO SOLO A PERMANECER NO SEU ESTADO NATURAL
0 - 10%	1.393	18	27	50%
10 - 15%	1.672	24	30	60%
15 - 20%	2.044	24	33	65%
20 - 25%	2.600	30	36	70%
25 - 30%	3.250	30	46	75%
30 - 35%	4.085	36	53	80%
35 - 40%	5.016	46	60	85%
40 - 50%	6.038	53	76	90%
50 - 70%	7.896	60	91	95%
70 - 100%	Lotes não inferiores a 20.235m ²			95%
> 100%	Nenhum desenvolvimento é permitido			100%

FONTE: GEORGIA MOUNTAINS PLANNING AND DEVELOPMENT COMMISSION (22)

Obs: $DECLIVIDADE (\%) = \frac{DISTÂNCIA VERTICAL}{DISTÂNCIA HORIZONTAL} \times 100$

QUADRO 5.4

Ocupação do solo em função da declividade do terreno:
Condados dos Estados Unidos da América

INCLINAÇÃO MÉDIA (%)	PORCENTAGEM DA ÁREA A PERMANECER EM ESTADO NATURAL		
	CHULA VISTA CALIFÓRNIA	PACÍFICA, CALIFÓRNIA	THOUSAND OAKS, CALIFÓRNIA
10	13,75	32	32,5
15	31,25	36	40,0
20	43,75	45	55,0
25	62,50	57	70,0
30	90,00	72	85,0
35	90,00	90	100,0
40	90,00	100	100,0

FONTE: THURLOW, C. et al. (48)

As taxas de ocupação em função da declividade variam em função de vários fatores: tipo de solo; vegetação; escoamento natural das águas; extensão do declive; tipo de ocupação de sejada. Assim sendo, preferimos indicar intervalos de densidades de ocupação em função da declividade, conforme mostrado na FIGURA 5.3. A escolha dos valores exatos para as diversas taxas de ocupação fica a critério dos planejadores, dependendo das características específicas de cada local.

Neste caso, deve ser entendido como "área ocupada", todo terreno impermeabilizado por construções ou pavimentações de vias públicas. Ou seja, a área restante é a que deve permanecer em seu estado natural.

(b) Áreas adjacentes aos cursos d'água e reservatórios

Os terrenos situados às margens de coleções superficiais de água têm grande importância no controle da quantidade deste líquido que alcança os mananciais.

Dependendo das condições existentes, maior ou menor quantidade de água é "retida" nas margens. Para isto, a vegetação e as condições de permeabilidade do terreno existentes muito contribuem.

Quando há uma ocupação intensa, por construções, vias públicas ou outras obras que resultam na impermeabilização do solo, há um aumento no líquido escoado e, conseqüentemente, maior potencial de erosão.

Por isto, é recomendável a adoção de faixas de terra praticamente em condições naturais, às margens de coleções superficiais, para diminuir o escoamento superficial, reduzir a erosão e, conseqüentemente, a ocorrência de enchentes.

A largura desta faixa é mais função das condições da drenagem do local e pode ser associada a uma faixa de proteção sanitária, conforme veremos posteriormente.

(c) Áreas de solos mais sujeitos a erosão

Determinados tipos de solos estão mais sujeitos à erosão, devido as suas próprias características de desagregação.

Áreas com solos deste tipo devem ser identificadas e protegidas através de preservação total ou fixação de pequena densidade de ocupação para as mesmas.

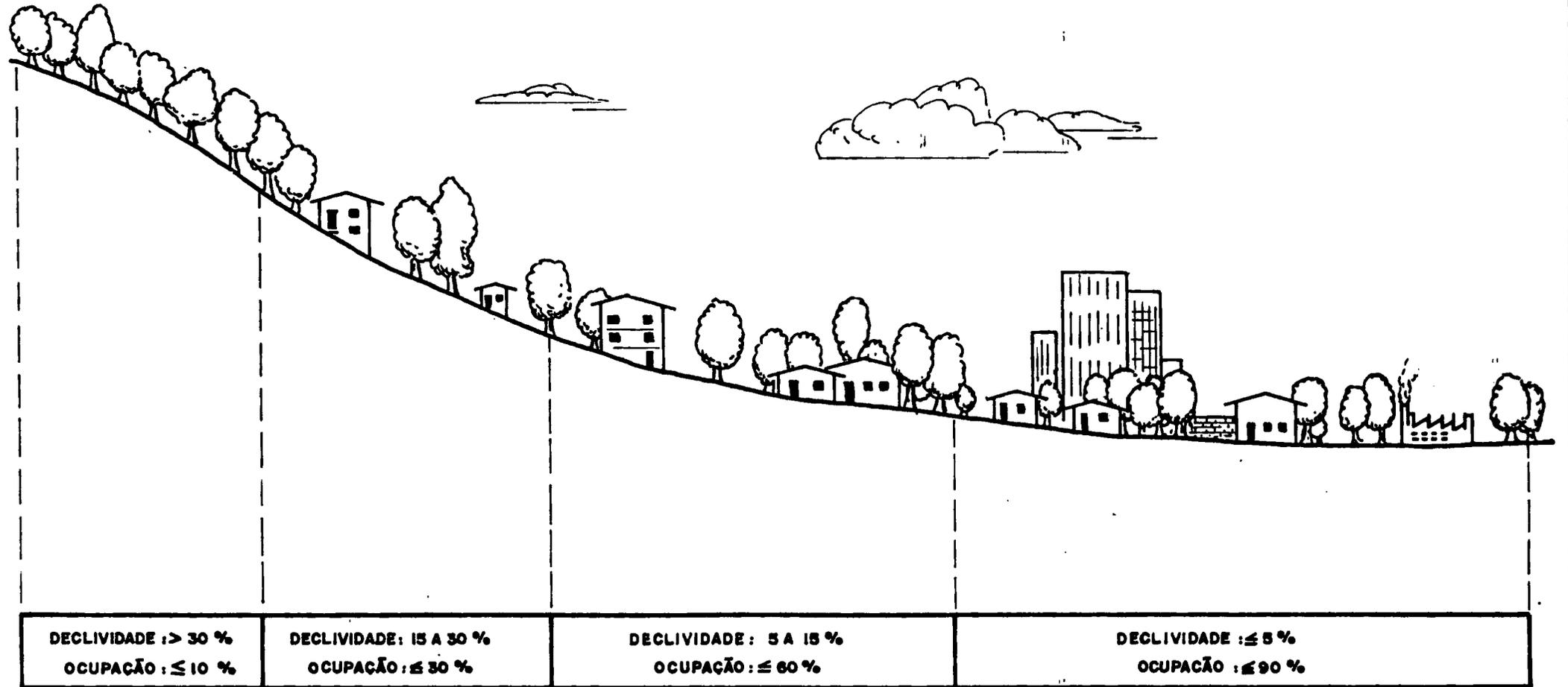


FIGURA 5.5

PROPOSTA PARA A OCUPAÇÃO DO SOLO EM FUNÇÃO DA DECLIVIDADE

Estes locais podem ser destinados para áreas de la zer, mantendo-se uma vegetação protetora sobre os mesmos.

(d) escoamento natural das águas

Toda bacia hidrográfica tem um escoamento natural - das águas, seja em vales úmidos - rios, riachos, ou em vales se cbs, por onde a água escoar após precipitações pluviométricas.

Alterações no sistema natural de drenagem, através de obras de construções ou aterramentos, normalmente, provocam um incremento no processo de erosão, além de outras consequências indesejáveis.

Este aspecto deve ser considerado, procurando-se, ao máximo, respeitar o escoamento natural. Nos casos de haver ne cessidade de mudanças nos cursos normais das águas, as mesmas devem ser executadas após cuidadosa análise dos efeitos que po dem resultar destas alterações.

Na FIGURA 5.4 mostramos dois esquemas indicando ma neiras CERTA e ERRADA de ocupação do solo, em função da drena gem natural da água.

(e) Cobertura vegetal

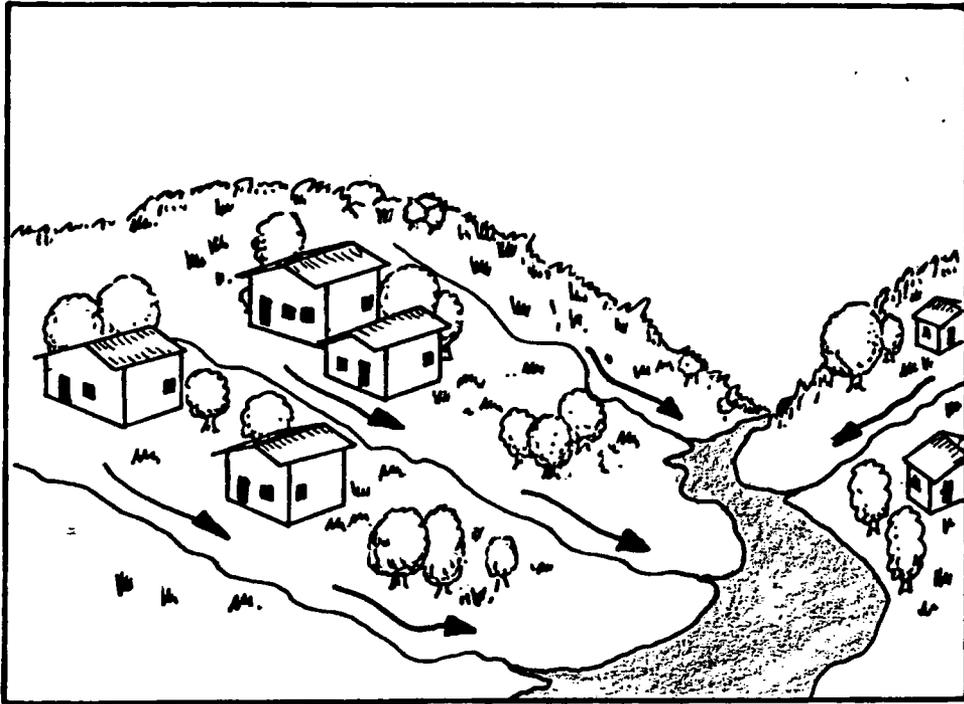
A vegetação constitui fator mais importante no con trole da erosão, principalmente porque:

- constitui barreira física ao transporte do materi al
- proporciona uma estrutura mais sólida ao solo, de vido ao sistema radicular
- amortece o impacto das águas de chuva sobre o solo
- eleva a porosidade do solo e, portanto, sua capaci dade de absorção da água

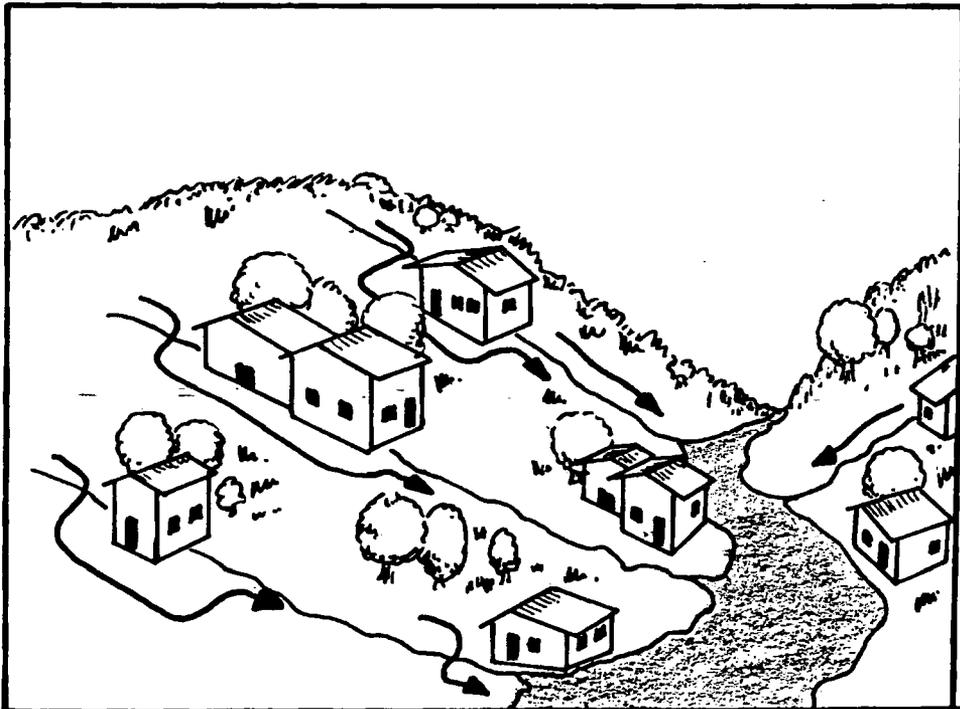
O transporte de solo é muito reduzido nas regiões on de o solo é coberto de árvores ou de capim. De um modo geral, as gramíneas, possuidoras de denso sistema radicular superficial em forma de cabeleira, são particularmente vantajosas para a fi xação da terra. (10)

De um modo geral, podem ser seguidos os seguintes - princípios de controle da erosão, relacionados com a vegetação:

- (1) Onde o uso do solo não requer a remoção de árvo



OCUPAÇÃO CERTA



OCUPAÇÃO ERRADA

FIGURA 5.4

OCUPAÇÃO DO SOLO E O ESCOAMENTO NATURAL DAS ÁGUAS

rês ou de outra vegetação natural, as mesmas de
vem ser mantidas e preservadas

- (2) Onde existe uma vegetação inadequada, deve-se su
bstituí-la por outra mais conveniente
- (3) Áreas críticas com respeito à erosão devem ser
protegidas por vegetação adequada. Por exemplo:
encostas, margens de cursos d'água e áreas de so
los facilmente desagregáveis.

(f) Outras medidas de controle

Além das medidas já citadas, outras podem ser ado
das, em caráter permanente ou temporário, principalmente em á
reas sujeitas a intenso processo de desenvolvimento. Entre es
tas, podemos citar:

- Proteção das áreas expostas a erosão por vegetação
temporária ou outro material que contribua para a
conservação da umidade, agregação do solo e a fixa
ção da cobertura vegetal
- Expor os solos de áreas em desenvolvimento, o míni
mo período de tempo possível
- Procurar expor a menor área de terra possível
- Executar obras para dirigir os fluxos de água no
terreno ou retê-los, tais como: valas de escoamento
(canais); pequenos diques interceptadores; bar
ragens de acumulação; drenos, etc.
- Construção de vias acompanhando o contorno natural
do terreno

5.3 - Uso do solo e controle da poluição da água

No item 4.3.2 mostramos os diversos mecanismos atra
vés dos quais pode ocorrer a poluição da água em um meio urba
no. De modo resumido, podemos dizer que as causas mais comuns
de poluição da água em cidades são:

- lançamento de esgotos domésticos e industriais
- efluentes de fossas sépticas, alcançando o lençol
freático

- águas resultantes do escoamento superficial
- líquidos infiltrados a partir de resíduos sólidos ou líquidos depositados no solo

O conhecimento destas causas e de como as mesmas provocam a poluição da água, já discutidos anteriormente, conduzirá à adoção de medidas visando seu controle. As práticas de controle discutidas neste trabalho serão as de caráter preventivo, relacionadas com o planejamento do uso do solo.

No disciplinamento do uso do solo urbano visando a preservação dos recursos hídricos devem ser abordados:

- (a) a capacidade de infra-estrutura sanitária existente ou projetada
- (b) a proteção e recarga do lençol freático
- (c) a preservação de reservatórios e cursos d'água superficiais

5.3.1 - Capacidade da infra-estrutura sanitária existente ou projetada

A existência, ou não, de sistemas de abastecimento - de água e esgoto influi consideravelmente no processo de uso-ocupação de determinada área urbana.

Por isto, quando se vai planejar uma cidade, ou parte desta, deve-se, em primeiro lugar, levantar os serviços de água e esgoto disponíveis. A partir daí, deverão ser definidos os melhores usos para cada zona da cidade.

Infelizmente, nem sempre isto é feito, e os problemas de saneamento resultantes são inúmeros.

Pensando-se em termos de uma habitação unifamiliar, os problemas são mínimos, podendo-se, quase sempre, resolvê-los através de soluções individuais tipo poço e fossa. Porém, a medda que o terreno é ocupado por mais famílias - habitações multifamiliares, as soluções individuais, principalmente para o esgoto, tornam-se impraticáveis, pois seriam necessárias áreas de terreno muito grandes para absorver os efluentes de fossas.

O problema agrava-se ainda mais com relação aos prédios de uso coletivo ou industriais, pois as contribuições de

esgoto são ainda maiores.

Assim sendo, a definição de usos do solo para uma cidade deve ser feita em função da infra-estrutura sanitária existente ou projetada, observando-se as "capacidades de absorção" dos consumos adicionais de água e das contribuições a mais de esgotos.

Como fatores limitantes desta "capacidade de absorção", podem ser citados:

- Volume de água disponível no manancial de abastecimento
- Capacidade da Estação de Tratamento da água, atual e prevista para o futuro
- Dimensões das outras partes componentes do sistema de abastecimento de água - adutoras, reservatórios, redes de distribuição, atuais e futuros
- Dimensões da rede coletora de esgoto, existente e projetada
- Capacidade da Estação de Tratamento de Esgoto, atual e futura
- Capacidade do corpo d'água receptor de receber carga adicional de efluente tratado

A não observância desta "capacidade de absorção" tem resultado em inúmeros problemas, muito comuns em cidades brasileiras: fornecimento de água em quantidade insuficiente, em determinadas áreas; sistema de fossas/sumidouros causando a poluição do solo e da água; estações de tratamento de esgoto funcionando com baixa eficiência; lançamento indevido de águas residuárias em galerias pluviais, reservatórios e cursos d'água, ou no oceano; indústrias sem condições de funcionamento, devido a escassez de água ou a inexistência de um sistema coletor de esgoto.

Muitos destes problemas podem ser evitados orientando-se o uso-ocupação do solo em função da capacidade da área de "fornecer" água e "receber" esgotos.

Este controle pode ser feito através de:

- Definição de uso-ocupação do solo adequado à área
- Definição de densidades compatíveis com a infra-estrutura existente ou projetada

- Adoção de soluções individuais, temporárias ou permanentes, mas levando em consideração os aspectos ambientais pertinentes. Um exemplo disto é a definição de lotes mínimos em função da capacidade do solo de receber esgotos a partir de sistemas fossas/sumidouros.

A localização de uma zona industrial deverá considerar as facilidades de fornecimento de água às fábricas e os meios para afastamento dos resíduos líquidos.

Prédios de habitação multifamiliar de determinado porte devem ser proibidos em áreas onde não existe rede coletora de esgotos e é impossível, sob o aspecto prático, a absorção do líquido no solo. Mesmo as habitações unifamiliares devem ser restritas às áreas onde, não existindo sistema de esgoto, as condições de solo e de lençol freático sejam favoráveis a soluções individuais.

Um planejamento do uso do solo que considere todos estes aspectos, por certo minimizará os problemas de poluição dos recursos hídricos em áreas urbanas.

A implantação da infra-estrutura sanitária pode ser usada, também, como um fator favorecedor ou não do desenvolvimento da cidade em determinadas áreas. Em zonas da cidade onde não há interesse de que seja procedida a urbanização, pode-se não projetar e executar os serviços de saneamento, como meio de dificultar o seu desenvolvimento. Áreas de difícil obtenção de água, por exemplo, podem permanecer não ocupadas, se não forem servidas por uma rede pública.

Como exemplo, podemos citar a ocupação de determinado trecho de dunas na zona litorânea de Fortaleza. A construção de um reservatório de água numa cota a partir da qual foi possível abastecer as dunas, permitiu uma ocupação rápida do solo por residências, privando a cidade desta área de grande valor paisagístico. A provável dificuldade de obtenção de água teria criado embaraços a este desenvolvimento.

Em resumo, podemos dizer que o uso-ocupação do solo deve ser feito em função da infra-estrutura sanitária existente ou projetada, bem como que se deve projetar os serviços de saneamento para as densidades populacionais previstas ou desejáveis para determinada área.

5.3.2 - Proteção do lençol freático

A poluição da água subterrânea a partir de depósitos de resíduos sólidos ou líquidos no solo, foi comentada no item referente à poluição do solo (4.3.1).

Uma outra forma de ocorrer a poluição da água a partir do lançamento de resíduos líquidos no solo é através de efluentes de fossas sépticas, os quais, normalmente, destinam-se a sumidouros ou valas de infiltração.

A fossa séptica é a solução individual mais indicada na ausência de uma rede coletora de esgoto. Obviamente, a sua adoção dependerá de diversos aspectos relacionados com o ambiente hidro-geológico que receberá o seu efluente. No entanto, quando bem projetada, executada e mantida, e quando colocada em local apropriado, pode apresentar resultados satisfatórios.

Muitas cidades brasileiras ainda farão uso desta solução de destino final de esgotos por muito tempo. Podemos dizer que a mesma é recomendável para pequenas comunidades, uma vez que o elevado custo de um sistema coletor de esgoto torna-o impraticável nestas localidades. Esta recomendação é ainda mais válida quando existir o sistema público de abastecimento de água.

A análise dos diversos aspectos que influem numa maior ou menor eficiência da fossa séptica, conduzirá a uma minimização dos efeitos sobre o ambiente, tornando praticável esta solução.

No planejamento do uso do solo de uma cidade que não dispõe, total ou parcialmente, de um sistema de esgoto sanitário, devem ser observadas todas as condições ambientais relacionadas com a disposição de efluentes de fossas no solo, para a elaboração de um mapa indicando as áreas próprias e impróprias à utilização de soluções individuais de destino final do esgoto.

São sete os aspectos a serem observados nesta análise:

- Características geológicas do terreno
- Permeabilidade do solo. Capacidade de absorção
- Profundidade do lençol freático
- Direção e taxa de escoamento do fluxo d'água subterrânea

- Declividade do terreno
- Afastamento entre a fossa/sistema de absorção do efluente e corpos superficiais de água ou poços
- Profundidade da camada de rocha impermeável

(a) Características geológicas do terreno

Já dissemos que o solo age como um "purificador" de líquidos, através de uma série de processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem quando a água percola neste meio.

A textura do solo influi bastante neste processo. Solos tais como areia grossa e cascalho têm pouco poder de "purificação", além de permitirem grandes distâncias de percurso dos poluentes.

Outro aspecto a observar é a existência de fraturas nas rochas do sub-solo, que poderão permitir a penetração do líquido efluente a grandes profundidades.

Outras características geológicas devem ser consideradas, tais como a permeabilidade (capacidade de absorção), nível e movimento da água subterrânea, e profundidade de camadas impermeáveis, as quais serão discutidas a seguir.

(b) Capacidade de absorção

A permeabilidade do solo indicará a quantidade de água que se infiltrará em dada área, em determinado tempo. Esta capacidade é calculada através do teste de absorção do terreno, que é o modo mais indicado para se saber se um solo é apropriado para receber efluentes de fossas, principalmente quando se estudam lotes isolados.

O teste de absorção é disciplinado através da Associação Brasileira de Normas Técnicas - PNB 41 - e expressa a quantidade de água (em litros) absorvida por metro quadrado, por dia, em determinado terreno.

Solos com alta permeabilidade (solos com granulometria maior) não são recomendados para receberem efluentes de fossas, devido à menor "purificação" que oferecem, e por proporcionarem maior distância de percurso do líquido em seu meio. Do mesmo modo, os solos de baixa permeabilidade (solos argilosos) não são indicados, pois proporcionam pouca infiltração do líquido.

No primeiro caso, incluem-se os solos com coeficiente de absorção superior a $140 \text{ l/m}^2 \cdot \text{dia}$ e, no segundo caso, os solos com coeficiente de absorção inferior a $25 \text{ l/m}^2 \cdot \text{dia}$. Os solos pertencentes a estas duas faixas podem ser considerados impróprios para a construção de soluções individuais de destino final de esgoto.

(c) Profundidade do lençol freático

A "purificação" de líquidos percolando através do solo é maior na zona não saturada do que na zona de saturação. Por isto, é importante manter-se uma certa distância entre o fundo do sumidouro ou da vala de infiltração e o nível do lençol freático. Sendo este nível variável em função da época do ano, esta distância deve ser em relação ao nível máximo do lençol.

As distâncias recomendadas variam de 1,50m a 3,00m, havendo maior exigência, em legislações de Condados e Estados Americanos, para 1,50m.

Assim, pode-se adotar como satisfatória uma distância mínima de 1,50m entre o fundo do sistema de infiltração de efluentes de fossas e o nível máximo observado do lençol freático.

(d) Direção e taxa de escoamento da água subterrânea

O movimento da água subterrânea na zona de saturação é determinado pelas condições hidráulicas existentes.

O sentido do fluxo da água subterrânea, normalmente, acompanha a topografia do terreno. Observando-se a topografia do terreno, podemos prever um fluxo de água no sub-solo acompanhando a inclinação natural do terreno, no sentido das áreas altas para as mais baixas.

Esta observação conduz à recomendação de que, sempre quando possível, os poços devem situar-se na parte mais alta do lote.

(e) Declividade do terreno

A declividade da superfície do terreno é outro fator

que deve ser considerado. Efluentes de fossas lançados em terrenos com grande declividade podem aflorar nas áreas inferiores e daí escoar na superfície do solo.

Em terrenos com declividade superior a 20%, o sistema de fossa séptica deve ser usado com cautela.

Uma medida atenuante deste problema é a execução de valas de infiltração acompanhando o contorno do terreno.

(f) Distância para corpos superficiais de água e poços

O movimento de poluentes no sub-solo foi discutido no ítem 4.3.2.2.2. Pelo que foi visto, parece recomendável um afastamento de, no mínimo, 30 metros entre o local de lançamento de esgotos domésticos no solo, e coleções superficiais e subterrâneas de água.

No QUADRO 5.5 compilamos algumas distâncias mínimas exigidas por legislações americanas, entre a área de disposição de efluentes de fossas e coleções d'água, edificações e outras estruturas. Com base nos dados apresentados, podemos manter a recomendação de afastamento mínimo de 30 metros, para poços e formações superficiais de água.

(g) Profundidade da camada de rocha impermeável

Uma outra observação a ser feita é com relação à profundidade da camada de rocha impermeável. Para que ocorra a necessária infiltração é necessário que abaixo da área de infiltração exista uma camada de rocha não consolidada com, no mínimo, 1,80m de espessura.

Locais com rochas impermeáveis muito próximos à superfície não devem ser utilizados.

QUADRO 5.5

Afastamentos recomendados para áreas de infiltração de efluentes de fossas. Estados Unidos da América.

AFASTAMENTO MÍNIMO DE	PENNSYLVANIA (a)	CONDADO DE WESTCHESTER N.Y. (b)	CONDADO DE DAVIDSON, TENNESSEE (c)
Poços	30m	30m	15m
Cursos d'água, lagos e lagoas	15m	30m	7,5m
Tubulação d'água sob pressão	7,5m	6m	3m
Limites do lote	3m	3m	4,5m
Tubulações de sucção de água	30m	30m	-
Edificações	3m	6m	3m
Árvores	3m	3m	3m

FONTES: (a) THE PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY (25)

(b) COUNTY OF WESTCHESTER, N.Y. (50)

(c) DAVIDSON COUNTY, TENNESSEE (51)

O conjunto de informações levantadas em determinada área, com respeito aos sete aspectos aqui comentados, permitirão a elaboração de um mapa onde poderão ser assinaladas três zonas:

ZONA ADEQUADA - onde sistemas de fossas sépticas podem ser executados sem maiores restrições.

ZONA ADEQUADA, COM RESTRIÇÕES - onde podem ser construídos estes sistemas, adaptando-se o terreno de forma a melhorar suas condições.

ZONA INADEQUADA - áreas onde é impossível a execução deste tipo de solução individual para esgoto.

Na FIGURA 5.5, mostramos um exemplo de um mapa de zoneamento das áreas próprias e impróprias para uso de sistema - fossa/sumidouro ou vala de infiltração.

É claro que mapas deste tipo constituem uma primeira idéia das condições do local e podem ser utilizados como indicadores, no planejamento do uso do solo sob o ponto de vista ambiental. Tratando-se de informações sobre os aspectos hidro-geológicos de uma vasta área, seria impossível a apresentação de informações muito precisas.

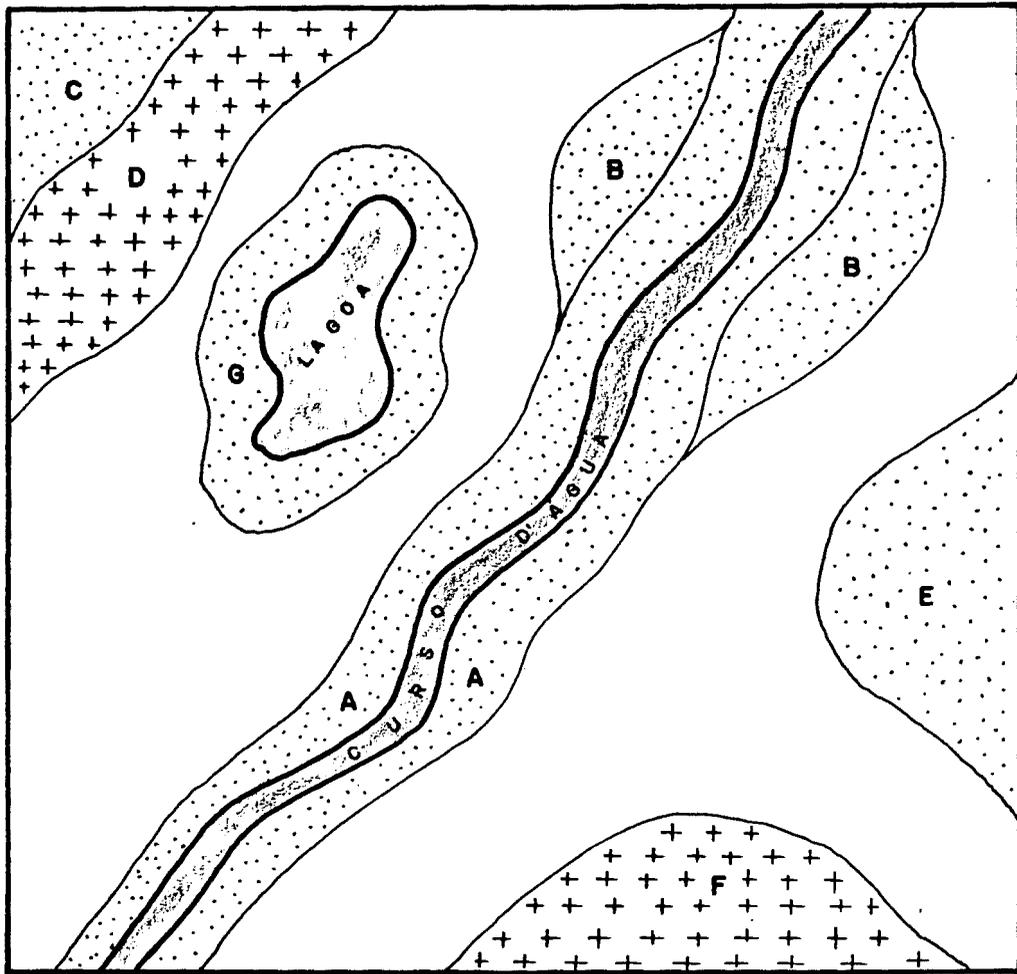
Quando da solicitação de aprovação de projetos de loteamentos ou de construções, informações mais detalhadas devem ser exigidas com relação às características do solo, especialmente as relativas à profundidade do lençol freático e ao coeficiente de absorção.

Este exame mais apurado do local pode inclusive indicar que as características do terreno são melhores, ou piores, do que as previstas no mapa.

No entanto, é muito válida a elaboração do mapa, sendo o mesmo bastante útil na fase de um planejamento geral de uma área urbana.

A utilização de sistemas individuais de tratamento e destinação final de esgoto no terreno deve definir, também, as dimensões dos lotes.

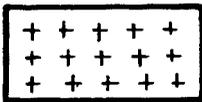
É claro que em locais servidos por redes de água e esgoto, não existe a preocupação em se deixar grandes áreas livres para campo de absorção de efluentes de fossas. Porém, onde



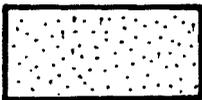
CONVENÇÕES :



ZONA ADEQUADA



**ZONA ADEQUADA,
COM RESTRIÇÕES**



ZONA INADEQUADA

D - TERRENO COM MÉDIA DECLIVIDADE

F - SOLO COM BAIXO COEFICIENTE DE ABSORÇÃO

A - MARGENS DE CURSO D'ÁGUA

B - ÁREA ALAGADA

C - TERRENO COM GRANDE DECLIVE

F - ROCHA IMPERMEÁVEL AFLORANDO

G - MARGENS DE LAGOA

FIGURA 5.5

**ZONEAMENTO DE ÁREAS PARA USO DE SISTEMAS
FOSSA/SUMIDOURO OU VALA DE INFILTRAÇÃO**

estes sistemas não existem, a divisão de terrenos em lotes deve levar em consideração este aspecto.

Devemos, então considerar três situações:

- (1) A área planejada dispõe de serviços públicos de água e esgoto. Neste caso, os lotes podem ser menores, permitindo-se maiores adensamentos populacionais, dependendo de outros fatores urbanísticos
- (2) A área planejada conta somente com serviço público de água. Nesta hipótese, devem ser analisados os aspectos do terreno com relação a sua capacidade de absorver o líquido residual
- (3) Na área planejada não existem serviços públicos de água e de esgoto. Neste caso, a água deverá ser obtida do próprio sub-solo do lote, exigindo maiores restrições na execução da fossa, principalmente em termos de afastamento do poço. Isto conduzirá à necessidade de lotes maiores.

É comum encontrar-se em legislações americanas que dispõem sobre loteamentos, a fixação dos tamanhos dos lotes em função da existência ou não da infra-estrutura sanitária.

Para a cidade de El Paso, Texas, por exemplo, são feitas as seguintes exigências: (49)

- Zona com sistemas de água e esgoto: lotes com áreas inferiores a 929m^2
- Zona contando com serviço de água ou de esgoto: lotes com área variando de 929m^2 a 3716m^2
- Zona não servida por redes de água e esgoto: lotes com área superior a 3.716m^2

A cidade de Millcreek, do Condado de Erie, Pennsylvania, também determina dimensões mínimas para lotes residenciais, em função das condições de saneamento básico: (53)

- Zona com serviços públicos de água e esgoto:
 - largura mínima do lote - 21m
 - área mínima do lote - 668m^2

- Zona com serviço público de água, mas sem serviço público de esgoto:
 - largura mínima do lote - 24m
 - área mínima do lote - 1.393m²
- Zona sem serviço público de água, mas com serviço público de esgoto:
 - largura mínima do lote - 21m
 - área mínima do lote - 975m²
- Zona sem serviços públicos de água e de esgoto:
 - largura mínima do lote - 30m
 - área mínima do lote - 1.858m²

No QUADRO 5.6, transcrevemos as dimensões mínimas de lotes residenciais exigidas para a Cidade de Carleton, Michigan, e apresentadas em (24).

Como podemos observar, as dimensões mínimas dos lotes exigidas em cidades americanas, mesmo para zonas providas de sistemas públicos de saneamento básico, são muito grandes, comparadas com a realidade brasileira. Os dados apresentados servem apenas como exemplo de que é possível estabelecer-se dimensões mínimas para lotes, considerando a infra-estrutura sanitária existente no local.

Como sugestão, apresentamos nos QUADROS 5.7 e 5.8, dimensões mínimas e índice de ocupação de lotes, em função da infra-estrutura sanitária existente. Claro que estas dimensões são para locais onde a utilização de fossas é possível, dentro dos sete critérios comentados anteriormente. Ou seja, os valores sugeridos são válidos para áreas consideradas ADEQUADAS para uso de sistemas de fossas sépticas.

Os QUADROS 5.7 e 5.8 foram elaborados considerando o seguinte:

- Contribuição do esgoto:
 - habitações: 200 litros por pessoa por dia
 - prédios comerciais e de serviços: 50 litros por pessoa por dia
- Para cada habitação foi admitida uma média de 6 pessoas
- Profundidade dos sumidouros: 2,0m a 2,5m

QUADRO 5.6

Dimensões mínimas de lotes em função da infra-estrutura sanitária. Cidade de Carleton, Michigan, Estados Unidos.

TIPO DE OCUPAÇÃO	ÁGUA E ESGOTO DISPONÍVEIS	ÁGUA OU ESGOTO DISPONÍVEL	NEM ÁGUA NEM ESGOTO DISPONÍVEIS
Uma família	Testada mínima: 18m Área mínima: 697m ²	21m 929m ²	30m 1.858m ²
Duas famílias	Testada mínima: 20m Área mínima: 743m ²	21m 929m ²	30m 1.858m ²
Até 4 famílias	Testada mínima: 23m Área mínima: 929m ²	30m 1.858m ²	46m 2.787m ²
Mais de 4 famílias	A SER ESTABELECIDO PELA COMISSÃO DE PLANEJAMENTO, COM BASE NA DENSIDADE POPULACIONAL		

FONTE: VILLAGE OF CARLETON SUBDIVISION REGULATIONS (24)

QUADRO 5.7

Proposta para dimensões mínimas e índices de ocupação de lotes em função da infra-estrutura sanitária existente

USO RESIDENCIAL

INFRA-ESTRUTURA SANITÁRIA	ABSORÇÃO DO TERRENO	UNIDADES HABITACIONAIS POR LOTE	DIMENSÕES MÍNIMAS (m) TESTADA	ÍNDICE DE OCUPAÇÃO PROFUNDADA	
Serviços de água e esgoto disponíveis		Unifamiliar e Multifamiliar	Nenhuma restrição sob este aspecto. Dimensões e ocupação em função de outros parâmetros urbanísticos		
Somente serviço de água disponível	BOA	Unifamiliar	8	25	0,50
		2 a 4	15	30	0,50
		5 a 8	28	32	0,50
		9 a 12	32	35	0,50
		mais de 12	A critério da autor. competente		
	REGULAR	Unifamiliar	10	25	0,50
		2 a 4	20	30	0,50
		5 a 8	30	32	0,50
		9 a 12	35	35	0,50
		Mais de 12	A critério da autor. competente		
	BAIXA	Unifamiliar	15	30	0,50
		2 a 4	30	35	0,40
5 a 8		A critério da autor. competente			
mais de 8		não recomendável			
Serviços de água e esgoto não disponíveis	BOA	Unifamiliar	8	40	0,40
		2 a 4	15	45	0,40
		5 a 8	28	45	0,40
		9 a 12	32	50	0,40
		mais de 12	A critério da autor. competente		
	REGULAR	Unifamiliar	10	40	0,40
		2 a 4	20	45	0,40
		5 a 8	30	45	0,40
		9 a 12	A critério da autor. competente		
		mais de 12	Não recomendável		
	BAIXA	Unifamiliar	15	45	0,33
		2 a 4	30	50	0,33
mais de 4		Não recomendável			

OBS. ABSORÇÃO BOA: solo tipo areia fina (coeficiente de absorção entre 90 e 140 l/m². dia)

ABSORÇÃO REGULAR: solo tipo areno-argiloso, com mais areia. (coeficiente de absorção entre 50 e 90 l/m². dia)

ABSORÇÃO BAIXA: solo com predominância de argila (coeficiente de absorção entre 25 e 50 l/m². dia)

QUADRO 5.8

Proposta para dimensões mínimas e índice de ocupação de lotes em função da infra-estrutura sanitária existente

USO COMERCIAL

INFRA-ESTRUTURA SANITÁRIA	ABSORÇÃO NO TERRENO	NÚMERO DE PESSOAS E DIFICAÇÃO	DIMENSÕES MÍNIMAS (m)		ÍNDICE DE OCUPAÇÃO	
			TESTADA	PROFUNDIDADE		
Serviço de água e esgoto disponível	-	-	Nenhuma restrição sob este aspecto. Dimensões e ocupação em função de outros parâmetros urbanísticos			
Somente serviço de água disponível	BOA	até 10	8	15	0,60	
		10 a 25	8	18	0,60	
		25 a 50	8	25	0,60	
		50 a 75	10	25	0,60	
		75 a 100	15	25	0,60	
		mais de 100 a critério da autor. competente				
	REGULAR	até 10	8	18	0,60	
		10 a 25	8	25	0,60	
		25 a 50	10	25	0,60	
		50 a 75	18	25	0,60	
		mais de 75 A critério da autor. competente				
		BAIXA	até 10	10	25	0,60
	10 a 25		15	25	0,60	
	25 a 50		20	25	0,60	
	50 a 100		A critério da autor. competente			
mais de 100 Não recomendável						
Serviços de água e esgoto não disponíveis	BOA		até 10	8	40	0,50
		10 a 25	8	40	0,50	
		25 a 50	8	45	0,50	
		50 a 75	10	45	0,50	
		75 a 100	15	45	0,50	
		mais de 100 A critério da autor. competente				
	REGULAR	até 10	8	40	0,50	
		10 a 25	8	45	0,50	
		25 a 50	10	45	0,50	
		50 a 75	18	45	0,50	
		mais de 75 A critério da autor. competente				
		BAIXA	até 10	10	50	0,40
	10 a 25		15	50	0,40	
	25 a 50		20	50	0,40	
	mais de 50 Não recomendável					

OBS. (1) Absorções BOA, REGULAR e BAIXA - ver observações do QUADRO.. 5.7

(2) Estas dimensões são aplicáveis às indústrias leves, assim entendidas as que dispõem de n.ºs. de operários dentro dos limites apresentados neste Quadro e onde as águas residuárias são provenientes apenas das instalações sanitárias.

- Para os sumidouros, considerou-se como área de absorção somente as paredes laterais do mesmo
- As valas de infiltração são recomendadas para terrenos com BAIXA absorção, ou quando o lençol freático é elevado. Neste caso, considerou-se como área de absorção apenas o fundo da vala. O espaçamento mínimo entre ramais deve ser de 1 metro
- Os sistemas de absorção devem estar afastados:
 - de poços - 30 metros (mínimo)
 - de edificações e limites do lote - 3 metros (mínimo)

5.3.3 - Proteção de mananciais superficiais

A qualidade da água de reservatórios e de cursos d'água e seus afluentes depende diretamente do uso do solo na área onde se situam.

A produção de resíduos líquidos, a partir das atividades humanas em uma área urbana, dependerá, basicamente, do tipo de uso do solo que ocorre na mesma. Assim, podem ser gerados: águas residuárias domésticas e industriais; águas de escoamento sobre a superfície do terreno; líquidos percolados a partir de resíduos depositados no solo; águas poluídas que se infiltram no terreno, entre outros.

Estes líquidos, alcançando coleções superficiais de água, podem causar a sua poluição, com reflexos sobre o homem e outras formas de vida.

O controle através do disciplinamento do uso do solo é bastante eficiente. Podemos orientar o uso-ocupação das áreas marginais aos recursos hídricos superficiais, de forma a minimizar a produção e deslocamento de líquidos poluídos.

Devemos ressaltar que o disciplinamento do uso do solo, sozinho, não é suficiente para garantir a qualidade da água superficial. Outras medidas devem ser aplicadas concomitantemente, tais como a construção de sistemas coletores e de tratamento de esgotos domésticos e industriais.

No disciplinamento do uso do solo visando a preservação

características do terreno.

Assim, algumas medidas já discutidas anteriormente - com relação ao controle da erosão do solo são também válidas no sentido de evitar um grande volume de água de escoamento superficial:

- cobertura vegetal adequada
- preservação do escoamento natural das águas
- disciplinamento do uso do solo, principalmente em terrenos com grande declive

Algumas vezes, é necessária a utilização de dispositivos para reter, temporária ou permanentemente, o líquido escoado. Estes, podem constar de:

- Construção de valetas ou diques para desvio das águas
- Execução de "bacias de sedimentação", para acumular a água durante certo tempo, reduzindo a quantidade de poluentes e controlando a velocidade do fluxo de escoamento
- Acumulação da água em reservatórios, podendo o líquido ser utilizado para usos recreacionais, paisagísticos, em irrigação, em combate a incêndios, etc.

As faixas de proteção constituem uma eficiente medida de preservação dos recursos hídricos superficiais. Quando adequadamente tratadas, formam uma efetiva barreira ao deslocamento de poluentes no solo, bem como áreas propícias à infiltração da água e conseqüente diminuição do volume do "runoff".

As faixas de proteção são áreas situadas às margens de coleções de água, as quais são preservadas através de um disciplinamento rigoroso do uso do solo.

Obviamente, as faixas de proteção não constituem uma medida de eficiência total. Mesmo com a sua existência, líquidos escoando no sub-solo ou superficialmente alcançarão as coleções de água, carreando poluentes. Já dissemos que o solo funciona como elemento "purificador" da água, principalmente para compostos orgânicos e para patogênicos. Porém, muitos poluentes químicos conseguem percorrer grandes distâncias, invalidando as faixas de proteção, nestes casos.

No entanto, devemos considerar muitas vantagens para as faixas. Além do aspecto de isolamento sanitário, as áreas preservadas às margens de coleções superficiais de água apresentam as seguintes utilidades:

- Protegem áreas adjacentes da ocorrência de cheias
- Constituem medida de controle da erosão
- Proporcionam a preservação da vegetação existente, garantindo a proteção da fauna e flora típicas. As árvores, às margens de coleções de água, contribuem para o sombreamento e a consequente manutenção da temperatura adequada à fauna aquática
- Podem constituir áreas para recreação, ou de preservação paisagística e ecológica
- Asseguram o escoamento adequado das águas pluviais, garantindo a drenagem das mesmas.

Embora a faixa de proteção não elimine totalmente os poluentes, podemos dizer que ela atenua os seus efeitos sobre os recursos hídricos. Esta eficiência pode ainda ser maior se, além da faixa de proteção, for feito um disciplinamento do uso do solo nas áreas vizinhas à mesma.

A adoção de faixas como medida de preservação de recursos naturais foi primeiramente estudada no Brasil por UBALDO CARPIGIANI. Ele recomenda a adoção de uma "faixa sanitária" de proteção com largura mínima de 50 metros, a partir da cota máxima de inundação dos recursos hídricos em geral, na qual será disciplinado o uso do solo, não sendo permitidas atividades que resultem em poluição. (13)

Nos Estados Unidos da América, existem recomendações para faixas de proteção com largura variável de 7,6 a 91 metros (25 a 300 pés). Por exemplo, o Condado de Napa, Califórnia, exige uma área de proteção com 15 metros (50 pés), em cada lado do curso d'água. No Condado de Orange, Nova York, esta faixa tem 61 metros (200 pés). No Condado de Oakland, Michigan, a largura recomendada é de 7,6 metros (25 pés). Já as cidades de Marlborough e Brooklyn, Connecticut, estabelecem uma faixa de proteção de 46 metros (150 pés). O Estado de Wisconsin adota uma faixa com largura mínima de 91 metros (300 pés), variável com a área de inundação. (48)

SAMUEL BRANCO e ARISTIDES ROCHA, sugerem "como largura mínima a ser estabelecida para as faixas de segurança sanitária em torno de reservatórios de acumulação de águas potáveis, 30m, largura essa medida em projeção e tal que, nessa faixa, sejam criadas condições desfavoráveis ao transporte de materiais por meio de rolamento". Além da faixa, os autores sugerem o zoneamento das atividades que se desenvolverão na bacia hidrográfica, o repetido levantamento das condições sanitárias dos tributários e a fiscalização permanente dos focos potenciais de poluição. (10)

Com o objetivo de preservar a vegetação, o Código Florestal Brasileiro - Lei nº 4771, de 15 de setembro de 1965 - considera de preservação permanente as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

- (a) ao longo dos rios ou de outro qualquer curso d'água, em faixa marginal cuja largura mínima será:
 - de 5 metros, para os rios de menos de 10 metros de largura
 - igual à metade da largura dos cursos que meçam de 10 a 200 metros de distância entre as margens
 - de 100 metros, para todos os cursos cuja largura seja superior a 200 metros
- (b) ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios de água naturais ou artificiais.
- (c) nas nascentes, mesmo nos chamado "olhos d'água", seja qual for a sua situação topográfica.

Estas faixas, mesmo visando preservar a vegetação, podem ser utilizadas como parte integrante de um planejamento visando a proteção sanitária dos recursos hídricos.

Achamos que a melhor faixa de proteção é aquela definida após levantamento minucioso das características do reservatório ou curso d'água, como também das suas áreas marginais. O estabelecimento de uma faixa com largura fixa pode excluir de preservação muitas áreas de importância ecológica ou paisagística situadas junto à água. Por exemplo, áreas alagadas (pântanos), zonas de recarga de aquíferos, terrenos com grande declive, áreas

com problemas de drenagem, ou zonas de vegetação densa, muitas vezes precisam ser preservadas, ficando fora de uma faixa de largura fixa pre-determinada.

Por outro lado, reconhecemos que, nem sempre, os municípios dispõem de meios para efetuar todos os levantamentos necessários à definição das áreas a preservar. Nestes casos, uma faixa com largura pré-fixada é bastante válida, pois garantirá uma preservação da qualidade da água.

Temos, assim, duas opções para o estabelecimento de faixas de proteção de coleções superficiais de água:

- (1) Faixa com largura fixa, a partir do nível máximo da água.
- (2) Faixa com largura variável, ajustando-se às características das áreas adjacentes. Em alguns trechos terá uma largura pré-determinada e em outras se adaptará às áreas a serem preservadas.

Na FIGURA 5.6, mostramos como seriam as faixas de proteção, nos dois casos.

Em ambas as situações, devem ser definidos:

- Largura mínima da faixa de proteção
- Uso do solo na faixa
- Uso do solo nas áreas adjacentes à faixa
- Uso do solo nas demais áreas da bacia hidrográfica

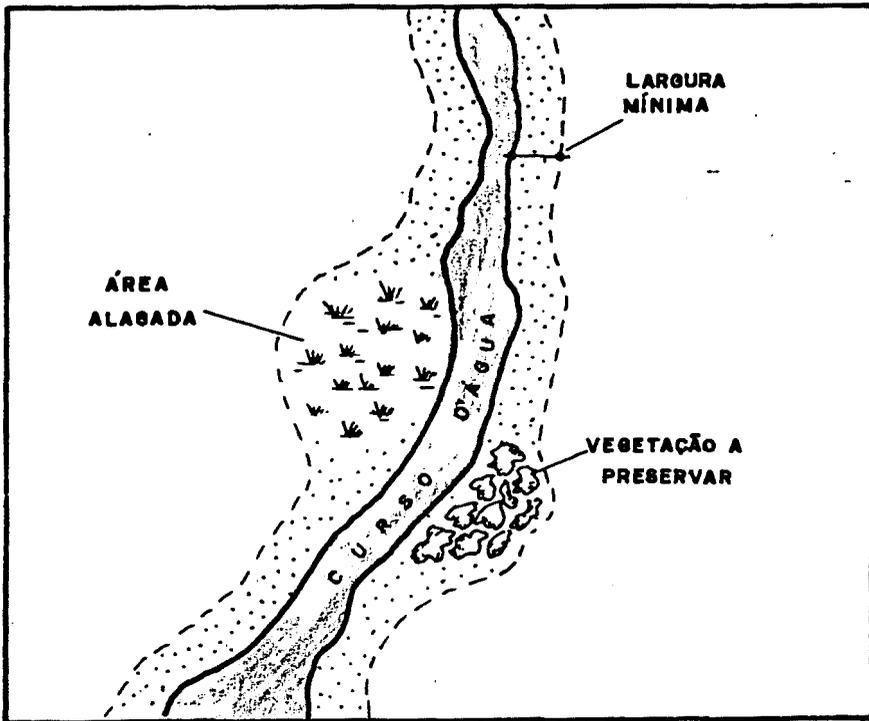
A definição da largura mínima da faixa deve ser função das características do meio, conforme já comentado. Podemos, no entanto, com base nas considerações feitas até aqui, apresentar sugestões para a fixação desta largura.

Consideremos duas situações:

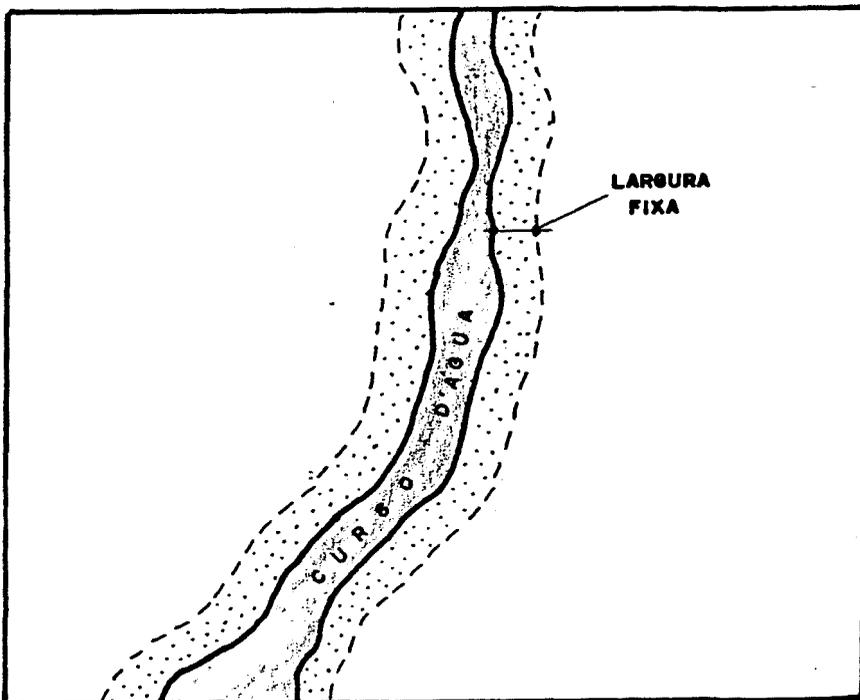
- (1) Trecho situado em área servida por redes públicas de água e esgoto.

Neste caso, a faixa deverá ter largura mínima de acordo com o disposto no Código Florestal ou será função de exigências relativas à drenagem das águas pluviais.

- (2) Trecho não dispendo de sistema coletor de esgoto.
 - Cursos d'água com largura até 60 metros: faixa



FAIXA COM LARGURA VARIÁVEL



FAIXA DE LARGURA FIXA

FIGURA 5.6

EXEMPLOS DE FAIXAS DE PROTEÇÃO DE CURSOS D'ÁGUA

de proteção com, no mínimo, 30 metros de largura;

- Cursos d'água com largura superior a 60 metros: faixa de proteção com largura de acordo com o Código Florestal (igual à metade da largura dos cursos d'água, até um máximo de 100 metros).
- Reservatórios superficiais de água: faixa de proteção variando de 30 a 100 metros, em função do volume de armazenamento de água e das características do ambiente adjacente.

Quando as necessidades de drenagem de águas pluviais exigirem, estas faixas poderão ser aumentadas para atender a cada caso específico.

Na faixa de proteção devem ser mantidas, ao máximo, as condições naturais, não sendo recomendados usos que provoquem alterações das mesmas. Somente devem ser permitidos usos tais como:

- atividades recreacionais que não necessitem de maiores instalações ou desmatamento: pesca; excursionismo; natação; esportes náuticos; outros esportes ao ar livre
- exploração agrícola, sem provocar grandes modificações no ambiente natural e sem utilizar defensivos agrícolas ou fertilizantes
- estruturas de controle da erosão e do escoamento superficial da água
- práticas conservacionistas ou de experiências ecolôgicas.

Deverá ficar sob rigoroso controle a realização, dentro desta área, de atividades que envolvam: depósito ou remoção de materiais; escavações; alterações na topografia; plantação ou remoção de vegetação.

Nos mananciais destinados ao abastecimento público, recomendamos a desapropriação da área constituída pela faixa de proteção, para garantia de melhor controle do uso do solo.

Nos demais mananciais, quando não interessar a desapropriação, deverá ser disciplinado o uso do solo, conforme já

comentado. Estas áreas poderão ser computadas como áreas livres, fazendo parte das áreas exigidas para permanecerem não ocupadas, quando da aprovação de loteamentos.

Deve ser definido, também, o uso-ocupação do solo nas áreas adjacentes à faixa de proteção, bem como na vacia como um todo.

Nas áreas adjacentes à faixa, poderão ser permitidos usos tais como, residencial, comercial e de serviços, recreativo, industrial, ou outros, desde que sejam garantidas as seguintes condições:

- Coleta de esgoto através de sistema público ou por meio de soluções individuais, desde que satisfeitas todas as condições relativas a execução adequada de fossas, conforme comentado no ítem 5.3.2.
- Destinação final dos resíduos sólidos fora destas áreas.
- A utilização de fertilizantes e defensivos agrícolas deve ser rigorosamente controlada pelo órgão competente.
- Devem ser estabelecidas dimensões mínimas e taxas de ocupação máxima dos lotes, de modo a garantir extensas áreas sem impermeabilização, reduzindo o escoamento superficial da água.

Nas áreas adjacentes às faixas de proteção devem ser evitadas ao máximo a impermeabilização das vias públicas, devendo isto ocorrer somente em trechos estritamente indispensáveis à circulação de veículos.

Vias de circulação de veículos junto à faixas de proteção devem ser evitadas, pois isto pode gerar, no futuro, estreitamentos das faixas, para garantir alargamentos das pistas. O acesso à faixa de proteção deve ser feito através de vias para pedestres.

Recomendamos a adoção de duas faixas de controle, adjacentes à faixa de proteção:

- Na primeira faixa, correspondente à primeira quadra, e com largura mínima de 100 metros, recomenda-se a adoção de lotes com área não inferior a 1.000

metros quadrados. A taxa de ocupação deverá ser de, no máximo, 30%.

- Na segunda faixa, correspondente às duas quadras seguintes à primeira, com largura mínima de 200 metros, recomenda-se a adoção de lotes com área não inferior a 500 metros quadrados. A taxa de ocupação deverá ser de, no máximo, 50%.

Nas duas faixas de controle, as áreas dos lotes ocupadas por construções deverão permanecer sem impermeabilização.

Na FIGURA 5.7, apresentamos um esquema mostrando a distribuição das faixas onde deverá ser disciplinado o uso do solo visando a preservação dos recursos hídricos.

O desenho da FIGURA 5.8 mostra um exemplo de distribuição de lotes e vias de circulação, em áreas marginais às coleções superficiais da água.

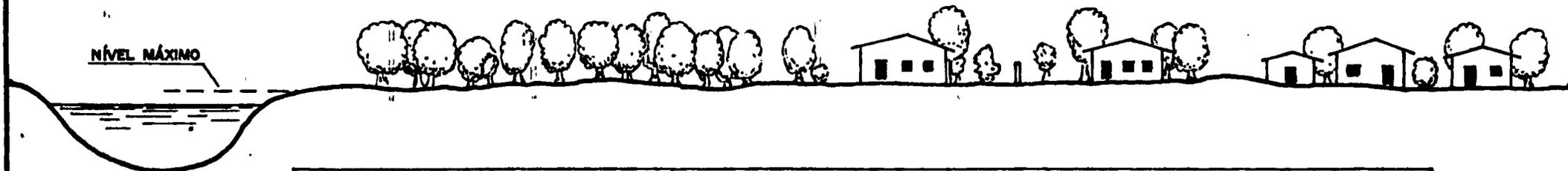
5.3.3.2 - Controle de fontes localizadas

As principais fontes localizadas de poluição da água superficial são os lançamentos de esgotos domésticos e industriais.

O planejamento do uso do solo pode contribuir para atenuar este problema disciplinando os locais para lançamento das águas residuárias provenientes da rede de esgotos domésticos ou das indústrias. A localização dos pontos de lançamento de efluentes de estações de tratamento, quando adequadamente escolhida, pode minimizar os efeitos da poluição sobre as atividades humanas nas cidades.

A definição de locais para lançamento de efluentes de estações de tratamento de esgoto depende de vários fatores:

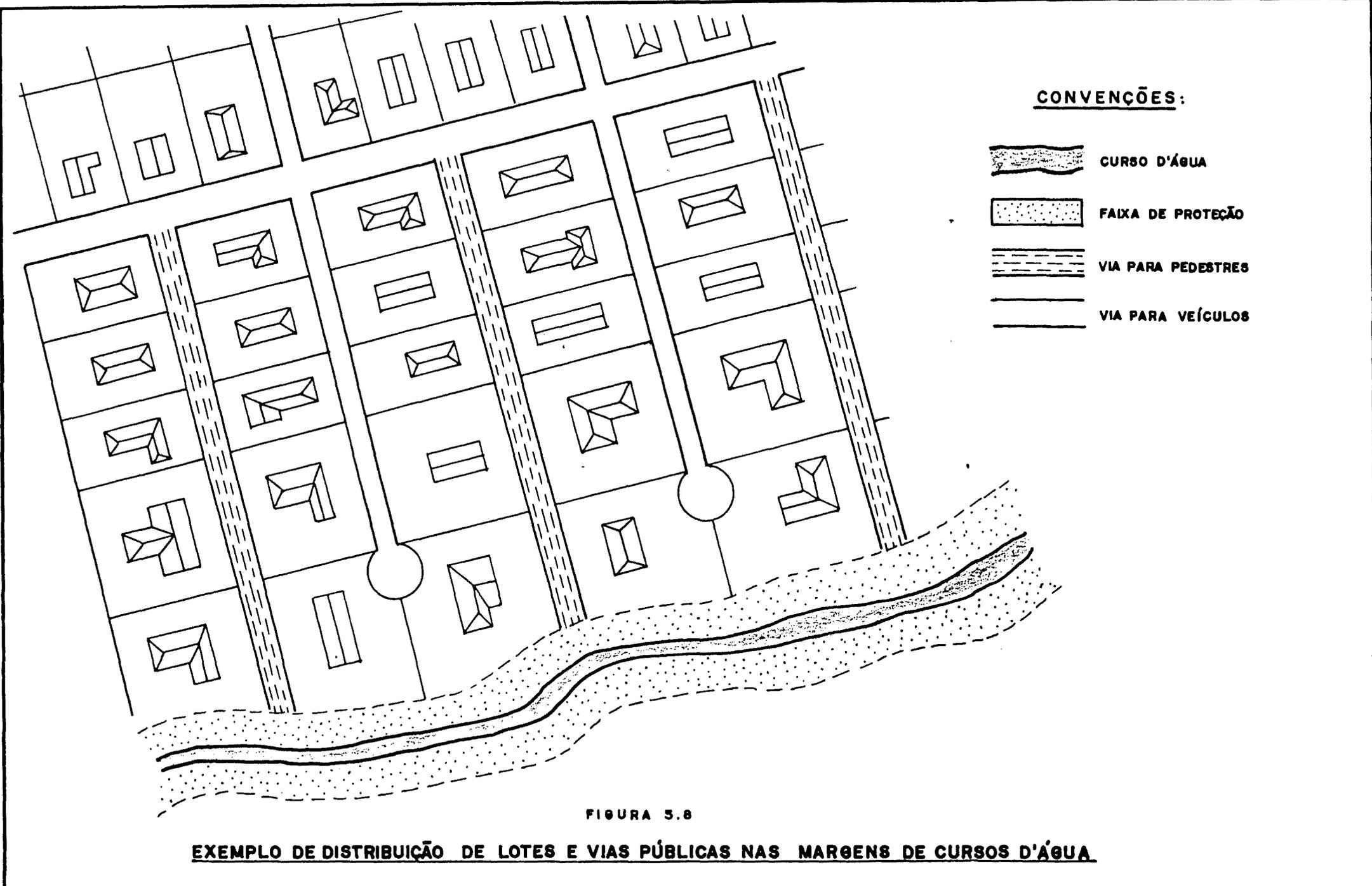
- (1) Situação atual e desejada para os recursos hídricos da bacia hidrográfica. Usos previstos para os mesmos.
- (2) Volume e características dos despejos (estimativa da carga poluidora)
- (3) Conhecimento dos parâmetros que influem no proces



1ª FAIXA	2ª FAIXA	3ª FAIXA
<p><u>LARGURA MÍNIMA :</u></p> <p>(A) ÁGUA E ESGOTOS EXISTENTES :</p> <ul style="list-style-type: none"> - RECOMENDADA PELO CÓDIGO FLORESTAL OU NECESSÁRIA À DRENAGEM. <p>(B) ESGOTO NÃO EXISTENTE :</p> <ul style="list-style-type: none"> - CURSOS D'ÁGUA COM LARGURA ATÉ 60m : 30m - CURSOS COM LARGURA SUPERIOR A 60m : 30m A 100m, DE ACORDO COM O CÓDIGO FLORESTAL. <p><u>USOS :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - ATIVIDADES RECREACIONAIS E CONSERVACIONISTAS, SEM GRANDES ALTERAÇÕES NO ESTADO NATURAL. 	<p><u>LARGURA MÍNIMA :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - 100 metros <p><u>USOS :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - QUALQUER TIPO, DESDE QUE NÃO CAUSE POLUIÇÃO. - ÁREAS DOS LOTES : $\geq 1000 \text{ m}^2$ - TAXA DE OCUPAÇÃO : ≤ 0.30 	<p><u>LARGURA MÍNIMA :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - 200 metros <p><u>USOS :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - QUALQUER TIPO, SEM CAUSAR POLUIÇÃO. - ÁREAS DOS LOTES : $\geq 500 \text{ m}^2$ - TAXA DE OCUPAÇÃO : ≤ 0.50

FIGURA 5.7

ESQUEMA DE FAIXAS VISANDO A PRESERVAÇÃO DE CURSOS D'ÁGUA



CONVENÇÕES:

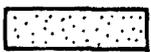
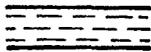
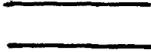
-  **CURSO D'ÁGUA**
-  **FAIXA DE PROTEÇÃO**
-  **VIA PARA PEDESTRES**
-  **VIA PARA VEÍCULOS**

FIGURA 3.8

EXEMPLO DE DISTRIBUIÇÃO DE LOTES E VIAS PÚBLICAS NAS MARGENS DE CURSOS D'ÁGUA.

so de auto-depuração da água: volume do corpo receptor; condições de escoamento; oxigênio dissolvido; poluentes existentes.

- (4) Posicionamento em relação à área urbanizada, ao local de captação da água para abastecimento e às outras comunidades.

Os recursos hídricos de uma bacia hidrográfica devem ser classificados em função dos usos a que se destinam. Devido à multiplicidade de aproveitamento da água e a existência de usos conflitantes para um mesmo manancial, é importante que seja feita, antes de tudo, uma classificação dos recursos, definindo usos preponderantes para as águas.

Através da Portaria nº 0013, de 15 de agosto de 1976, o Ministério do Interior estabeleceu a seguinte classificação das águas interiores do Território Nacional:

Classe 1 - águas destinadas a:

ao abastecimento doméstico, sem prévia ou com simples desinfecção

Classe 2 - águas destinadas a:

- a) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional
- b) à irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas
- c) à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho)

Classe 3 - águas destinadas a:

- a) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional
- b) à preservação de peixes em geral e de outros elementos da fauna e da flora
- c) à dessedentação de animais

Classe 4 - águas destinadas a:

- a) ao abastecimento doméstico, após tratamento avançado
- b) à navegação

- c) à harmonia paisagística
- d) ao abastecimento industrial, irrigação e a u sos menos exigentes,

Nas águas de Classe 1, não são tolerados lançamentos de efluentes, mesmo tratados. Nas águas das demais classes, é permitido o lançamento de efluentes, desde que obedçam às condições definidas na Portaria, como também garantam os limites e condições fixados para as águas de cada classe.

Para cada classe são definidas condições e teores máximos de substâncias prejudiciais, tais como: materiais flutuantes; óleos e graxas; sabor e odor; número de coliformes; DBO; oxigênio dissolvido; compostos químicos. (35)

Assim, o lançamento de esgotos domésticos e industriais, mesmo tratados, só poderá ser feito em determinado manancial de água se não provocar alterações de modo a contrariar as condições e limites estabelecidos para a Classe definida para o mesmo.

Entendemos que no meio urbano os recursos hídricos somente deverão ser classificados como de Classe 1 ou de Classe 2.

A carga poluidora de esgotos domésticos pode ser avaliada com base no número de contribuintes. A composição destes resíduos é mais ou menos conhecida, podendo se estimar o potencial de poluição a partir da contribuição "per capita".

Em termos de carga de DBO, a contribuição "per capita" é da ordem de 54g de DBO por habitante por dia.

Para os despejos industriais, existem métodos de avaliação da carga poluidora, a partir de informações sobre o processo industrial. (31)

Muitos resíduos líquidos industriais já foram analisados, conhecendo-se as características dos principais. No QUADRO 5.9, relacionamos as características dos principais resíduos líquidos industriais, servindo como indicação das indústrias que merecerão maiores cuidados quando da sua localização.

Uma forma de estimar a carga poluidora de uma indústria, em termos de Demanda Bioquímica de Oxigênio, é calcular a população que produziria um volume de esgoto com DBO equivalente ao do esgoto industrial.

Este é o chamado "equivalente populacional", cujos va

lores para algumas indústrias estão indicados no QUADRO 5.10.

Exemplificando, podemos dizer que uma fábrica de papel produzindo 1 tonelada por dia, teria uma carga poluidora, em termos de DBO, equivalente à de uma comunidade com 100 a 300 pessoas.

Os QUADROS 5.9 e 5.10 são úteis ao planejamento urbano, como indicadores das indústrias mais poluidoras, as quais deverão ser cuidadosamente localizadas na área urbana. É claro que para outras definições, tais como sobre o tipo e eficiência do tratamento a ser aplicado, os resíduos líquidos de cada indústria deverão ser detalhadamente estudados.

A escolha do corpo receptor de efluentes, e, portanto, a localização das estações depuradoras de esgotos domésticos da cidade, assim como o posicionamento de indústrias poluidoras e suas respectivas instalações de tratamento de resíduos líquidos, devem considerar, também, a capacidade de auto-depuração do manancial. Vários fatores influem neste processo, e devem ser devidamente analisados: volume de água; condições de re-oxigenação; situação em termos de poluentes já existentes.

É importante considerar o posicionamento dos locais de lançamento de efluentes tratado, em relação à cidade, procurando-se preservar os mananciais de captação de água para abastecimento público, de usos recreacionais ou outros.

Considerando, por exemplo, que a água de um mesmo rio que atravessa uma cidade é usada para abastecer a população e para receber os seus resíduos líquidos, é claro que os locais de lançamento de esgotos devem situar-se a jusante do ponto de captação da água.

Num planejamento regional, devem ser analisados os efeitos de lançamento de esgotos de uma cidade sobre a qualidade da água a ser utilizada por cidades situadas a jusante.

Pelo que foi exposto até aqui, podemos ver como é importante considerar-se a bacia hidrográfica com um todo, classificando-se os recursos hídricos constituintes em função dos usos preponderantes para, a partir daí, serem definidos a localização das estações de tratamento e dos respectivos lançamentos finais de esgotos domésticos e/ou industriais. Esta análise permitirá a escolha de áreas para a localização de zonas industriais, em função do potencial poluidor de seus resíduos líquidos.

QUADRO 5.9

Características dos principais resíduos líquidos industriais

PROCESSO INDUSTRIAL	CARACTERÍSTICAS DOS RESÍDUOS
ENGENHOS DE AÇUCAR	<p>a) Águas das colunas barométricas:- qualidade depende das condições técnicas dos evaporadores e intalizador<u>es</u>. Podem apresentar DBO da ordem de 1.000mg/l ou mais.</p> <p>b) Melaço: - grande quantidade de proteínas - fibras e outras células vegetais - cor pardacenta</p> <p>c) Resíduos da filtração:- sólidos</p>
DESTILARIAS DE AGUARDENTE E ALCOOL	<ul style="list-style-type: none"> - cor castanha esverdeada - grande turbidez - pH baixo (cerca de 4) - poucos sólidos sedimentáveis - DBO superior a 7.000 mg/l - grande quantidade de substâncias orgânicas, sujeitas a fermentação - teor de enxôfre elevado - facilmente putrecível, com odor de gás sulfídrico - ácido sulfúrico
FÁBRICAS DE CELULOSE	<ul style="list-style-type: none"> - aspecto desagradável - cheiro forte - pH elevado, podendo ultrapassar 11 unidades - grande quantidade de sólidos sedimentáveis - sabões, breu, mercáptans, terebentina
FECULARIAS DE MANDIOCA	<ul style="list-style-type: none"> - ácido cianídrico - quantidade considerável de sólidos sedimentáveis - aspecto esbranquiçado, às vezes marron - elevada turbidez, até 3.000mg/l de SiO₂ - cheiro, às vezes, ácido
CERVEJARIA	<p>a) Despejos das maltarias</p> <ul style="list-style-type: none"> - turbidez e cor não muito elevadas - grãos de cevada em suspensão - sólidos sedimentáveis - DBO varia de 400 a 1500mg/l

QUADRO 5.9 (continuação)

PROCESSO INDUSTRIAL	CARACTERÍSTICAS DOS RESÍDUOS
CERVEJARIAS	b) Despejos da cervejaria propriamente dita: <ul style="list-style-type: none"> - restos de rótulos das garrafas - amido - restos de lúpulo cozido - fermento - DBO entre 1.000 a 2.000 mg/l
FÁBRICAS DE PAPEL	<ul style="list-style-type: none"> - fibras finas (sólidos em suspensão) - amido - caulim - sabão de breu - corantes - DBO baixa, com exceção do papel feito com material catado do lixo
INDÚSTRIAS TÊXTEIS (Fiação, tecelagem, tinturarias, estamparias)	a) Águas de lavagem de lãs: <ul style="list-style-type: none"> - lanolina - sólidos em suspensão - alcalinidade b) Beneficiamento inicial do algodão: <ul style="list-style-type: none"> - ácidos orgânicos - ceras, resinas - amido - glúten - ácidos e álcalis c) Alvejamento: <ul style="list-style-type: none"> - águas residuárias alcalinas: cor castanha escura, com cheiro de lixívia - águas de cloração: brancas leitosas, com grande quantidade de sólidos em suspensão - águas de lavagem ácida: são turvas e esbranquiçadas e têm pH baixo d) Tingimento: <ul style="list-style-type: none"> - fibras - corantes - mordentes - sais metálicos - tanino - sabões
EXTRAÇÃO DE ÓLEOS VEGETAIS	<ul style="list-style-type: none"> - águas fortemente alcalinas - sabões e óleos - restos de células vegetais - matéria proteica - corantes vegetais fosforados - resinas

QUADRO 5.9 (continuação)

PROCESSO INDUSTRIAL	CARACTERÍSTICAS DOS RESÍDUOS
CURTUMES	<ul style="list-style-type: none"> - presença de sulfureto de sódio e cal - sólidos sedimentáveis - presença de cromo (tóxico) - presença de tanino (coloração negra) - em suspensão: tecido muscular, soro de sangue, restos de pele, sebo e pelos - DBO de 1000 a 1.500mg/l
MATADOUROS E FRIGORÍFICOS	<ul style="list-style-type: none"> - teor elevado de sólidos em suspensão e sedimentáveis - nitrogênio orgânico - DBO de 800 a 32.000mg/l - altamente putrescíveis (mau cheiro) - contêm sangue, gorduras, fragmentos de ossos - aspecto avermelhado - micro organismos patogênicos (quando são abatidos animais doentes)
LATICÍNIOS	<ul style="list-style-type: none"> - DBO: de 500 a 2.000mg/l, quando há recuperação do soro até 3.000mg/l, quando não há recuperação do soro - entram rapidamente em decomposição - soro (nas indústrias de preparação de manteiga e queijo): contém grande quantidade de matéria nitrogenada, gordura, lactose e sais minerais
ELETRODEPOSIÇÕES DE METAIS (GALVANOPLASTIA) E DECAPAGEM DE SUPERFÍCIES METÁLICAS	<ul style="list-style-type: none"> - presença de metais tóxicos: cromo hexavalente, cádmio e outros - presença de ânions tóxicos: cianetos, sulfuretos, fluoretos, cromatos - acidez e/ou alcalinidade pronunciadas
REFINARIAS DE PETRÓLEO	<ul style="list-style-type: none"> - óleo livre ou emulsionado - águas de lavagem: salinas contêm fenóis, cianetos, mercaptãs - condensados de destilação: ácidos orgânicos gás sulfídrico mercaptãs

QUADRO 5.9 (continuação)

PROCESSO INDUSTRIAL	CARACTERÍSTICAS DOS RESÍDUOS
COQUEIFICAÇÃO DA HULHA E USINAS DE GÁS	<ul style="list-style-type: none"> - refinação da gasolina: fenóis e ácidos aromáticos ácido sulfúrico ou soda cáustica - refinação dos óleos lubrificantes: furfurol acetona hidrocarbonetos clorados óleos emulsionados resinas - outros produtos químicos podem ser encontrados, resultantes de tratamentos especiais
	<ul style="list-style-type: none"> - fenóis - cianetos - amônia - tiocianatos - DBO de 60 a 1.000mg/l

OBS: INFORMAÇÕES COMPILADAS DE AZEVEDO NETO & LOTHAR HESS. (6)

QUADRO 5.10

Tabela de equivalentes populacionais para diferentes tipos de indústrias

TIPO DE INDÚSTRIA	QUANTIDADE DIÁRIA	EQUIVALENTES POPULACIONAIS
Laticínios sem queijaria	por 1.000l leite	30 - 80
Laticínios com queijaria	por 1.000l leite	100 - 250
Matadouro	por 1 rez	70 - 200
	por 2,5 porcos	70 - 200
	por 1 t de peso em pé	150 - 450
Granja de galinhas	por 1 ave	0,13 - 0,25
Silo para rações	por 1 t de ração diária	4 - 12
Usina de açúcar	por 1 t de beterraba	0,3 - 250
Cervejaria	por 1.000 l de cerveja	300 - 2000
Destilaria	por 1.000 l de cereais	1500 - 2000
Amidonaria	por 1 t milho ou trigo	800 - 1000
Curtume	por 1 t de peles	1000 - 4000
Lanifício	por 1 t de lã	2000 - 5000
Alvejamento de tecidos	por 1 t de tecidos	250 - 350
Tinturaria com corantes sulfurados	por 1 t tecidos	2000 - 3500
Celulose ao sulfito	por 1 t celulose	4000 - 6000
Pasta mecânica p/papel	por 1 t madeira	50 - 80
Fábrica de papel	por 1 t papel	100 - 300
Viscose(seda artificial)	por 1 t produto	300 - 500
Lavanderias	por 1 t roupas	370 - 1000
Açúcar de cana, com destilaria de álcool	por 1 t cana	300 - 450
Fecularia de mandioca	por 1 t mandioca	150 - 250
Amidonaria(de mandioca)	por 1 t mandioca	200 - 300

FONTE: IMHOFF, KARL. 1966 (26)

Na FIGURA 5.9 enumeramos os diversos aspectos que de vem ser considerados no posicionamento de lançamentos de efluentes de estações de esgoto domésticos e industriais.

Esta análise serve como roteiro na escolha de áreas para localização de zonas industriais, em função dos impactos am bientais que possam resultar das mesmas, com relação aos recur sos hídricos.

CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS

- **DOMÉSTICAS:** - POPULAÇÃO CONTRIBUINTE, ATUAL E FUTURA
 - ESTIMATIVA DA CARGA POLUIDORA
- **INDUSTRIAIS:** - TIPOS DE PROCESSAMENTOS
 - CARACTERÍSTICAS DOS RESÍDUOS
 - AVALIAÇÃO DA CARGA POLUIDORA

CARACTERÍSTICAS DOS CORPOS RECEPTORES

- SITUAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA
- CLASSE, USOS PREPONDERANTES
- CONDIÇÕES DE QUALIDADE ATUAIS
- CAPACIDADE DE AUTO-DEPURAÇÃO
- CONDIÇÕES DE QUALIDADE DESEJADAS
- POSIÇÃO EM RELAÇÃO AOS OUTROS MANANCIAIS DA BACIA

OUTROS ASPECTOS A CONSIDERAR

- POSIÇÃO EM RELAÇÃO AOS LOCAIS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO HUMANO E OUTROS FINS
- ASPECTOS ESTÉTICOS E DE ODORES
- EFEITOS SOBRE USOS RESIDENCIAIS, RECREACIONAIS E OUTROS USOS SENSÍVEIS
- CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS DOS LOCAIS PARA ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO, EM FUNÇÃO DA SOLUÇÃO ADOTADA.
- ASPECTOS ECONÔMICOS. ALTERNATIVAS DE CUSTOS.
- RELACIONAMENTO COM OUTROS PROBLEMAS AMBIENTAIS.

EXEMPLOS: (1) POLUIÇÃO DO AR E DESTINO DE RESÍDUOS SÓLIDOS, NOS CASOS DE INDÚSTRIAS.

(2) DISPOSIÇÃO DOS LODOS RESULTANTES DOS TRATAMENTOS.

FIGURA 3.9

ASPECTOS A CONSIDERAR NA ESCOLHA DE LOCAIS PARA LANÇAMENTOS DE ESGOTOS NAS ÁREAS URBANAS

5.4 - Uso do solo e controle da poluição do ar

Conforme comentamos no ítem 4.3.3, o importante a se considerar com relação à poluição do ar é a concentração de poluentes nas áreas receptoras a preservar. Esta concentração de poluentes depende dos seguintes fatores:

- (1) Tipos e quantidades de poluentes emitidos
- (2) Transporte e dispersão dos poluentes, pela atmosfera
- (3) Posicionamento das fontes poluidoras em relação às áreas receptoras

Já dissemos, também, que as fontes de poluição do ar podem ser fixas ou móveis, sendo as medidas de controle variáveis para cada caso.

O disciplinamento do uso do solo tem papel muito importante no controle preventivo da poluição do ar, pois a distribuição adequada das fontes de poluição atmosférica em uma área urbana pode contribuir bastante para evitar os efeitos indesejáveis sobre áreas receptoras sensíveis.

Assim, o uso do solo deve ser feito considerando as características das fontes poluidoras, bem como a capacidade do ambiente de dispersar os poluentes.

Para isto, é preciso que sejam bem detalhados os três fatores citados acima, visando alcançar concentrações aceitáveis de poluentes, nas áreas a preservar.

5.4.1 - Controle de fontes estacionárias

5.4.1.1 - Potencial de poluição

Conforme já vimos, as principais fontes emissoras de poluentes atmosféricos são os veículos automotores, a queima de combustíveis em fontes estacionárias e os processos industriais.

Os processos industriais e de queima de combustível - em fontes estacionárias, podem contribuir com grande quantidade e variedade de poluentes do ar.

Para uma avaliação preliminar do potencial de poluição por fontes estacionárias, é importante conhecer-se os tipos de atividades das indústrias.

Dependendo dos processos desenvolvidos em cada indústria, a produção de poluentes pode ser grande ou não, existindo fábricas completamente não poluidoras do ar.

O QUADRO 5.11 reúne diversas informações sobre a emissão de poluentes, para vários tipos de fontes estacionárias de poluição do ar. Através do mesmo, podemos ter uma idéia dos poluentes emitidos em diversos processos industriais e outras fontes fixas.

É importante para o planejador que ele disponha de uma classificação geral das indústrias, em função do potencial de poluição do ar, a qual lhe orientará na fase de planejamento do uso do solo. As indústrias consideradas mais poluidoras merecerão maiores cuidados quanto à localização em relação às áreas receptoras sensíveis, zonas residenciais, escolas, hospitais, áreas de lazer, entre outras.

No QUADRO 5.12 apresentamos uma classificação de indústrias por emissão de poluentes, preparada para a Agência de Proteção do Meio Ambiente dos Estados Unidos. (18)

O QUADRO 5.13, extraído do mesmo trabalho, pode ser utilizado como meio de estimar a emissão resultante de várias indústrias em conjunto, baseando-se na classificação apresentada no Quadro anterior. Os valores são apresentados em grama de poluentes emitidos por empregado e por hora de funcionamento da indústria. Multiplicando-se os valores do QUADRO 5.13 pelo número de empregados-hora/ano, pode-se estimar a emissão total anual de cada tipo de poluente, para as diversas indústrias.

A Agência de Proteção do Meio Ambiente dos Estados Unidos elaborou, também, um trabalho de compilação de "fatores de emissão" de poluentes atmosféricos, para diversas fontes poluidoras. (58)

O "fator de emissão" relaciona a quantidade de poluentes emitidos a algum indicador tal como a capacidade de produção de uma indústria, a quantidade de combustível queimado ou uma unidade de comprimento percorrida por um veículo. São exemplos de "fator de emissão": Kg de material particulado por tonelada de lixo queimado, Kg de SO_2 por tonelada de determinado material

QUADRO 5.11

Emissão de poluentes em fontes estacionárias de poluição do ar

PROCESSO	POLUENTES EMITIDOS
QUEIMA DE COMBUSTÍVEIS EM FONTES ESTACIONÁRIAS	<ul style="list-style-type: none"> - Cinza - Gases: Óxidos de enxofre Óxidos de nitrogênio Óxidos de carbono hidrocarbonetos e aldeídos - Fumaça
INDÚSTRIAS DE MINERAIS NÃO METÁLICOS	<ul style="list-style-type: none"> a) Unidades de cimento asfáltico Cerca de 2,5Kg de material particulado, para cada tonelada de produto b) Fabricação de cimento Cerca de 14Kg de poeira para cada barril (cerca de 170Kg) de cimento, em processo úmido Cerca de 17Kg de poeira para cada barril de cimento, em processo seco c) Preparação de concreto Cerca de 0,09Kg de poeira por metro de concreto manipulado d) Fabricação de vidro Cerca de 0,9Kg de material particulado por tonelada de vidro processado
INDÚSTRIAS METALÚRGICAS: FUNDIÇÕES	<ul style="list-style-type: none"> a) Redução do minério de alumínio Cerca de 35 a 39Kg de fluoretos, expressos em flúor, por tonelada de alumínio processado b) Fundição de ferro Emissão de material particulado em Kg por tonelada de metal carregado, em função do tipo de forno: <ul style="list-style-type: none"> Cubilot..... 7,8 Revérbero..... 0,9 Elétrico de indução.. 0,9 c) Processamento secundário de aço Emissão de material particulado, em Kg por tonelada de aço carregado, em função do tipo de forno: <ul style="list-style-type: none"> Elétrico à arco..... 6,8 Elétrico de indução.. 0,045 Siemens-Martin..... 4,8

QUADRO 5.11 (continuação)

PROCESSO	POLUENTES EMITIDOS								
<p>d) Fundição de bronze e latão Emissão de material particulado, em Kg por tonelada de material - carregado, em função do tipo de forno:</p> <table data-bbox="809 583 1282 714"> <tr> <td>Cadinho</td> <td>1,75</td> </tr> <tr> <td>Elétrico</td> <td>1,35</td> </tr> <tr> <td>Revérbero</td> <td>11,85</td> </tr> <tr> <td>Rotatório</td> <td>9,40</td> </tr> </table>	Cadinho	1,75	Elétrico	1,35	Revérbero	11,85	Rotatório	9,40	
Cadinho	1,75								
Elétrico	1,35								
Revérbero	11,85								
Rotatório	9,40								
<p>INDÚSTRIAS METALÚRGICAS: Produção de peças forjadas, laminadas, trefiladas e extrudadas</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Fumos metálicos - Poeiras (das fundições) - névoa e vapores de solventes (aplicação do revestimento de proteção) 								
<p>INDÚSTRIAS MECÂNICAS Fabricação de máquinas, aparelhos e equipamentos diversos</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Poeiras e névoas (dos departamentos de acabamento) - Fumaça e fumos (do tratamento térmico de peças) 								
<p>INDÚSTRIAS DE MATERIAL ELÉTRICO E DE COMUNICAÇÃO Fábricas de material, aparelhos, utensílios e máquinas elétricas; fábricas de lâmpada; fábrica de material de comunicação</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Poeiras e névoas (dos departamentos de acabamento) - Fumaça e fumos (do tratamento térmico de peças) 								
<p>INDÚSTRIA DE MATERIAL DE TRANSPORTE Construção de embarcações; fabricação de automóveis, caminhões, ônibus, bicicletas, tratores, aviões, etc.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Ao lado das linhas de montagem, as quais não são por si só fontes significativas de poluição do ar, operações subsidiárias, como fundição, tratamento térmico, trabalho em madeira, galvanização e pintura, podem produzir todos os tipos de poluentes, incluindo emissões de vapores orgânicos 								
<p>INDÚSTRIAS DE MADEIRA E MOBILIÁRIO Desdobramento, compensação e produção de chapas de madeira prensada; fabricação de peças e estruturas de madeira aparelhada; fabricação de artigos de cortiça; fabricação de móveis e colchoaria</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Poeiras - Gotículas de tinta - Solventes - Fumaça da queima de resíduos 								

QUADRO 5.11 (continuação)

PROCESSO	POLUENTES EMITIDOS
INDÚSTRIAS DE PAPEL E PAPELÃO (Processo Kraft)	- Sulfeto de hidrogênio - Mercaptanas - Material particulado
INDÚSTRIAS TÊXTEIS Beneficiamento de matérias têxteis de origem vegetal e animal; fiações, tecelagens, malharias	- Material particulado (fibras e finos), dos resíduos de produção - Vapores e névoas (da tintura, descoloramento e lavagem) - Fumaça (dos equipamentos de combustão)
INDÚSTRIAS DE PRODUTOS DE BORRACHA Fabricação de pneumáticos, câmaras de ar e outros artigos de borracha, a partir de borracha natural ou sintética	- Poeiras locais - Carvão preto (das operações de mistura) - Vapores de solventes orgânicos - Odores (na fabricação de borracha regenerada)
INDÚSTRIAS QUÍMICAS E FARMACÊUTICAS Fabricação de ilimitada variedade de produtos	a) Fabricação de ácido nítrico Cerca de 26Kg de óxidos de nitrogênio por tonelada de ácido produzido (base 100%) b) Fabricação de ácido sulfúrico Cerca de 9 a 32Kg de SO ₂ e de 0,14 a 3,4Kg de névoas ácidas, por tonelada de ácido produzido c) Fabricação de anidrido Ftálico Cerca de 14,4Kg de substâncias orgânicas (hexano), por tonelada de anidrido produzido d) Fabricação de ácido fosfórico Cerca de 9 a 27Kg de compostos gasosos de flúor por tonelada de P ₂ O ₅ produzido
INDÚSTRIAS DE PRODUTOS ALIMENTARES E BEBIDAS	- Odores os mais variados - Poeiras (das operações de depilação e moagem) - Torrefação de café Do torrador a fogo direto - 3,5Kg de partículas por tonelada de café processado Do resfriador - 0,65Kg de partículas, por tonelada de café processado

QUADRO 5.11 (continuação)

PROCESSO	POLUENTES EMITIDOS
	- Processamento de peixes: Odores de sulfeto de hidrogênio e trimetilamina
INCINERAÇÃO DO LIXO	Emissão de partículas, em Kg por tonelada de lixo queimado: Incinerador municipal (com câmara de sedimentação - 7,65 Incinerador comercial - 4,50 Incinerador predial - 12,60

OBS: INFORMAÇÕES COMPILADAS DE NELSON NEFUSSI E FERNANDO DE A. GUIMARÃES. (39)

QUADRO 5.12

Classificação geral de indústrias por emissão de determinados poluentes

TIPO DE INDÚSTRIA	TIPO DE POLUENTE				
	SO ₂	MATERIAL PARTICULADO	CO	HC	NO _x
Produtos alimentícios	B-	B	A	A	B-
Têxtil	B+	A	A	B	B
Confecções (roupas)	A	A	A	B	B+
Madeira	A	A	A	A	A
Móveis	A	A	A	A	A
Produção de papel	C	B-	A	B	C
Impressões e publicações	A	A	A	C	A
Química	B-	B	B	B	B-
Petróleo	C	C	C	C	C
Borracha e plásticos	B+	A	A	B+	B+
Produtos de couro	B	A	A	B-	A
Pedras, argila, vidro	B	B	A	A	B
Metais primários	B	B	B-	A	B
Máquinas e instrumentos	B+	B+	A	B+	B+
Instrumentos elétricos	B+	A	A	A	A
Equipam. de transporte	A	A	A	B+	A
Instrumentos de precisão científica	A	A	A	A	B

FONTE: AGENCIA DE PROTEÇÃO DO MEIO AMBIENTE DOS ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. (18)

OBS: CLASSE A: Indústria leve, com pouco ou nenhum problema de poluição, para o poluente considerado

CLASSE B: Indústria pesada. Cuidados devem ser adotados - na localização de indústrias deste tipo.

B+ : mais próximo da CLASSE A

B- : mais próximo da CLASSE C

CLASSE C: Indústria crítica. Cada indústria deverá ser individualmente estudada, por especialista em poluição do ar, visando definir sua localização.

QUADRO 5.13

Taxas de emissão de determinados poluentes atmosféricos, por classe de indústria
(em grama de poluente por empregado-hora)

CLASSE DA INDÚSTRIA	SO ₂	MATERIAL PARTICULADO	CO	HC	NO _x
A	6	5	2	6	6
B+	24	15	22	20	18
B	75	86	75	53	46
B-	176	220	220	198	132
C	530	660	1320	595	350

FONTE: AGÊNCIA DE PROTEÇÃO DO MEIO AMBIENTE DOS ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. (18)

OBS. As classes de indústrias estão definidas no QUADRO 5.12

processado; Kg de monóxido de carbono por quilômetro percorrido por determinado veículo.

Estes fatores são de grande importância para a estimativa da carga poluidora existente em determinada área ou prevista como consequência de novos processos a se implantarem.

Podem ser usadas, também, listas que classificam as indústrias em função do potencial de poluição do ar.

Nos QUADROS 5.14 a 5.17, relacionamos as indústrias tendo em vista o potencial poluidor da atmosfera: GRANDE, MÉDIO, PEQUENO E LEVE (NÃO POLUIDORA).

Conforme já ressaltamos, as indicações destes Quadros, bem como as dos Quadros 5.11 a 5.13, são muito úteis na fase de planejamento. No entanto, para cada classe de indústria existe uma grande variedade de processos, mais ou menos poluidores.

Assim, estas classificações gerais devem ser usadas com cautela, apenas como indicações gerais, úteis na fase de planejamento.

Na fase de implantação, principalmente das indústrias classificadas como grandes poluidoras, deve ser feito um estudo detalhado do processo, por especialistas, avaliando-se minuciosamente todos os aspectos.

5.4.1.2 - Dispersão de poluentes

Um fator importante a considerar na localização de fontes de poluição atmosférica é a capacidade de dispersão dos mesmos, a qual, conforme já vimos, é função de parâmetros meteorológicos, dentre os quais têm mais influência: a velocidade e direção do vento; e a estabilidade atmosférica (inversões térmicas).

O planejador deve conhecer informações sobre estes parâmetros, de modo que a meteorologia da poluição do ar seja considerada durante o processo de planejamento.

QUADRO 5.14

Indústrias potencialmente grande poluidoras do ar

MINERAIS NÃO METÁLICOS

- Fabricação de cal
 - Fabricação de cimento
-

METALÚRGICA

- Siderurgia e elaboração de produtos siderúrgicos
 - Metalurgia dos metais não ferrosos
 - Forjaria e fundição de produtos siderúrgicos e metalúrgicos
-

PAPEL E PAPELÃO

- Fabricação de celulose de pasta mecânica
 - Fabricação de papel e papelão
-

BORRACHA

- Beneficiamento de borracha
-

PRODUTOS ALIMENTARES

- Abate de animais e preparação de conservas de carne e banha de porco
-

QUÍMICA

- Produção de elementos químicos e fabricação de produtos químicos inorgânicos e orgânicos
 - Fabricação de matérias plásticas básicas e de fios artificiais
 - Fabricação de pólvoras e explosivos (inclusive fósforos de segurança e fogos de artifício)
 - Produção de óleos brutos de essências vegetais e de matérias graxas animais (exclusive refinação de produtos alimentares)
 - Fabricação de tintas, esmaltes, lacas, vernizes, impermeabilizantes e solventes
 - Fabricação de produtos derivados de destilação do petróleo
 - Fabricação de produtos derivados de destilação do carvão de pedra (inclusive gás) e da destilação da madeira
 - Fabricação de produtos químicos diversos; fabricação de adubos e fertilizantes
-

FONTE: PLANO URBANÍSTICO BÁSICO DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. 1969

QUADRO 5.15

Indústrias potencialmente médio poluidoras do ar

MINERAIS NÃO METÁLICOS

- Fabricação de material cerâmico (exclusive de barro cozido)
- Fabricação e elaboração do vidro

METALÚRGICA

- Elaboração de produtos siderúrgicos e metalúrgicos, sem altos fornos (laminação, relaminação)

PRODUTOS ALIMENTARES

- Preparação de conservas de pescado
- Preparação e fabricação de produtos alimentares diversos; preparação e refinação de óleos e gorduras vegetais destinados à alimentação; fabricação de rações balanceadas de animais

FONTE: PLANO URBANÍSTICO BÁSICO DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. 1969
(43)

QUADRO 5.16

Indústrias potencialmente pequena poluidoras do ar

MINERAIS NÃO METÁLICOS

- Britamento e aparelhamento de pedras para construção e execução de trabalhos em mármore e granito
- Fabricação de telhas, tijolos e vasilhames de barro cozido (exclusive material cerâmico)
- Fabricação de peças, ornatos e beneficiamento de minerais não metálicos

METALÚRGICA

- Fabricação de estruturas metálicas
- Estamparia, funilaria e latoaria
- Serralheria, caldeiraria e fabricação de recipientes de aço

MECÂNICA

- Fabricação de máquinas motrizes não elétricas e de equipamentos para transmissão
- Fabricação de máquinas, aparelhos e equipamentos não elétricos para instalações hidráulicas, térmicas, de ventilação e de refrigeração
- Fabricação de máquinas - ferramentas, máquinas operatrizes e aparelhos industriais, inclusive peças e acessórios
- Fabricação de máquinas e aparelhos para agricultura e indústrias rurais, inclusive peças e acessórios
- Fabricação de máquinas, aparelhos e equipamentos diversos
- Reparação de máquinas e aparelhos

MATERIAL ELÉTRICO E MATERIAL DE COMUNICAÇÕES

- Fabricação de material elétrico
- Fabricação de aparelhos elétricos
- Fabricação de aparelhos e utensílios elétricos para fins comerciais e industriais
- Reparação de máquinas e aparelhos elétricos industriais

MATERIAL DE TRANSPORTE

- Fabricação de peças e acessórios para veículos de auto-propulsão
- Fabricação de carroçarias para veículos a motor
- Fabricação de bicicletas, triciclos e motocicletas, inclusive fabricação de peças e acessórios
- Fabricação, montagem e reparação de tratores não agrícolas e máquinas de terraplenagem, inclusive fabricação de peças
- Fabricação de veículos a tração animal e de outros veículos

QUADRO 5.16 (continuação)

BORRACHA

- Fabricação de artefatos diversos de borracha

PRODUTOS FARMACEUTICOS E MEDICINAIS

- Fabricação de produtos farmaceuticos e medicinais para uso humano
- Fabricação de produtos veterinários

PRODUTOS DE PERFUMARIA, SABÕES E VELAS

- Fabricação de sabões e sabonetes
- Fabricação de velas

QUÍMICA

- Produção de elementos químicos e fabricação de produtos químicos inorgânicos e orgânicos; produção de glicerina; produção de reagentes químicos, exceto cloretos; unidades relacionadas na fabricação de sal pelo método de evaporação e moagem
- Fabricação de matérias plásticas básicas e de fios artificiais: produção de galalite e outros plásticos de proteínas; fabricação de fibras sintéticas pelos processos de amônia e acetato.
- Fabricação de preparados para limpeza e polimento, desinfetantes, inseticidas, germicidas e fungicidas
- Fabricação de produtos derivados da destilação de petróleo, fabricação de gás nafta de 1.000 a 5.000m³/hora
- Fabricação de produtos derivados da destilação de carvão de pedra: produção de gás até 10.000m³/hora
- Fabricação de produtos químicos diversos: produção de fertilizantes líquidos; produção de misturas fertilizantes
- Fabricação de pólvoras e explosivos; fabricação de fósforos de segurança

TÊXTIL

- Fiação com operações de acabamento
- Fiação e tecelagem com operações de acabamento
- Tecelagens com operação de acabamento
- Acabamento de fios e tecidos não processados em fiação e tecelagem

PRODUTOS ALIMENTARES

- Beneficiamento, torrefação e moagem de produtos alimentares
- Preparação de conservas de frutas, legumes, especiarias e condimentos vegetais

QUADRO 5.16 (continuação)

- Pasteurização de leite e fabricação de laticínio
- Fabricação de açúcar
- Preparação e fabricação de produtos alimentares diversos; preparação de café e malte solúveis; preparação de sal de cozinha

FUMO

- Preparação do fumo
- Fabricação de cigarros e fumos desfiados
- Fabricação de charutos e cigarrilhas

BEBIDAS

- Destilação do álcool

MADEIRA

- Desdobramento, compensação e produção de chapas de madeira prensada
- Fabricação de peças e estruturas de madeira aparelhada

DIVERSAS

- Fabricação de instrumentos e utensílios para usos técnicos e profissionais e de aparelhos de medida e precisão que contenham mercúrio

FONTE: PLANO URBANÍSTICO BÁSICO DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO.1969

(43)

QUADRO 5.17

Indústrias potencialmente leve poluidoras do ar ou não po
luidoras do ar

VESTUÁRIO, CALÇADO E ARTEFATOS DE TECIDOS

- Confeção de roupas e agasalhos.
- Fabricação de chapéus
- Fabricação de calçado (exclusive de borracha)
- Fabricação de acessórios de vestuário
- Confeção de artefatos diversos de tecidos (exclusive fá
bricação nas fiações e tecelagem)

EDITORIAL E GRÁFICA

- Edição e impressão de jornais
- Edição e impressão de outras publicações periódicas
- Edição e impressão de obras de texto
- Impressão de material comercial e escolar
- Execução de serviços gráficos diversos

BEBIDAS

- Fabricação de vinhos
- Fabricação de aguardante
- Fabricação de outras bebidas espirituosas
- Fabricação de cervejas e semelhantes
- Fabricação de bebidas não alcoólicas

PRODUTOS ALIMENTARES

- Refinação de açúcar
- Fabricação de produtos de padaria, confeitaria e pastela
ria e de sorvetes
- Fabricação de massas alimentícias e biscoitos
- Fabricação de balas, caramelos, gomas de mascar, bombons,
chocolates e doces de leite
- Preparação e fabricação de produtos alimentares; fabrica
ção de vinagre; fabricação de fermentos e leveduras; fá
bricação de gelo; fabricação e preparação de produtos -
alimentares diversos

TÉXTIL

- Fiação (sem operações de acabamento)
- Fiação e tecelagem (sem operações de acabamento)
- Tecelagem (sem operações de acabamento)
- Malharia e fabricação de tecidos elásticos
- Fabricação de artigos passamanaria, filós, rendas e bor
dados
- Fabricação de feltros, tecidos de crinas, tecidos felpu
dos, impermeáveis e de acabamento especial
- Fabricação de artefatos têxteis nas fiações e tecelagens
(sem operações de acabamento)

QUADRO 5.17 (continuação)

PRODUTOS DE MATERIAS PLÁSTICAS

- Fabricação de artigos de baquelite
- Fabricação de artigos de ebonite
- Fabricação de artigos de galalite
- Fabricação de artigos de outras matérias plásticas

PRODUTOS DE PERFUMARIA, SABÕES E VELAS

- Fabricação de perfumes

QUÍMICA

- Produção de elementos químicos e fabricação de produtos químicos inorgânicos; produção de alcalóides; manufatura de dióxido de carbono líquido; produção de hidrogênio e oxigênio comprimidos; produção de fertilizantes - carbonatos; extração de taninos

COUROS E PELES E PRODUTOS SIMILARES

- Fabricação de artigos de selaria e correaria
- Fabricação de malas, valises e de outros artigos para viagens, de couros, peles e de outros materiais
- Fabricação de artefatos diversos de couro e peles

PAPEL E PAPELÃO

- Fabricação de artefatos de papel não associados à fabricação de papel
- Fabricação de artefatos de papelão, cartolina, pasta de madeira ou fibra prensada, não associada à fabricação de papelão

MOBILIÁRIO

- Fabricação de móveis de madeira, vime, junco e similares para residências
- Fabricação de móveis de metal para residências, escritórios, escolas e para casas de espetáculos e auditórios
- Fabricação de artigos de colchoaria (exclusive de espuma de borracha)
- Fabricação de artigos diversos de mobiliário

MADEIRA

- Fabricação de artigos de tanoaria
- Fabricação de artigos de cortiça
- Fabricação de artigos diversos de madeira e produtos afins

MATERIAL ELÉTRICO E MATERIAL DE COMUNICAÇÃO

- Fabricação de lâmpadas
- Fabricação de material de comunicações

QUADRO 5.17 (continuação)

DIVERSAS

- Fabricação de instrumentos de música e gravação de discos musicais
 - Fabricação de escovas, brochas, pincéis, vassouras, enxugadores e espanadores
 - Fabricação de instrumentos e utensílios para usos técnicos e profissionais e de aparelhos de medida e precisão - que não contenham mercúrio
 - Fabricação de aparelhos e material fotográfico e de ótica
 - Lapidação de pedras preciosas e fabricação de artigos de ourivesaria e joalheria
 - Fabricação de brinquedos e artigos para esportes e jogos recreativos
 - Fabricação de material de escritório e escolar e de artigos para fins industriais e comerciais
-

FONTE: PLANO URBANÍSTICO BÁSICO DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. 1969
(43)

As informações colhidas em estações meteorológicas sobre a velocidade e direção dos ventos, permite a elaboração da "rosa dos ventos", a qual mostra as frequências possíveis de ocorrência de velocidade e direção do vento em determinada região, durante 1 ano.

Na FIGURA 5.10, mostramos um exemplo de uma "rosa dos ventos". Estas informações são muito importantes, pois indicam, pelo menos, dois fatores a considerar com relação ao transporte e dispersão de poluentes atmosféricos: direção predominante do vento e direção crítica, onde o vento tem menor velocidade.

Por exemplo, observando a FIGURA 5.10, podemos verificar que o sentido mais favorável ao transporte e a dispersão de poluentes é o Sudeste-Noroeste, enquanto que a situação mais desfavorável corresponde ao sentido Nordeste-Sudoeste.

Deste modo, conforme já foi observado anteriormente, é importante que se considerem não somente a direção predominante do vento, mas também as mudanças que ocorrem durante o ano, - criando condições de baixa velocidade e, portanto, menor dispersão. Lugares sujeitos a maiores ventilações devem ser preferidos para a localização de fontes poluidoras, pois permitem maior dispersão.

As condições de estabilidade atmosférica também devem ser analisadas. Os dados meteorológicos podem indicar as áreas mais sujeitas a inversões térmicas, as quais devem ser evitadas.

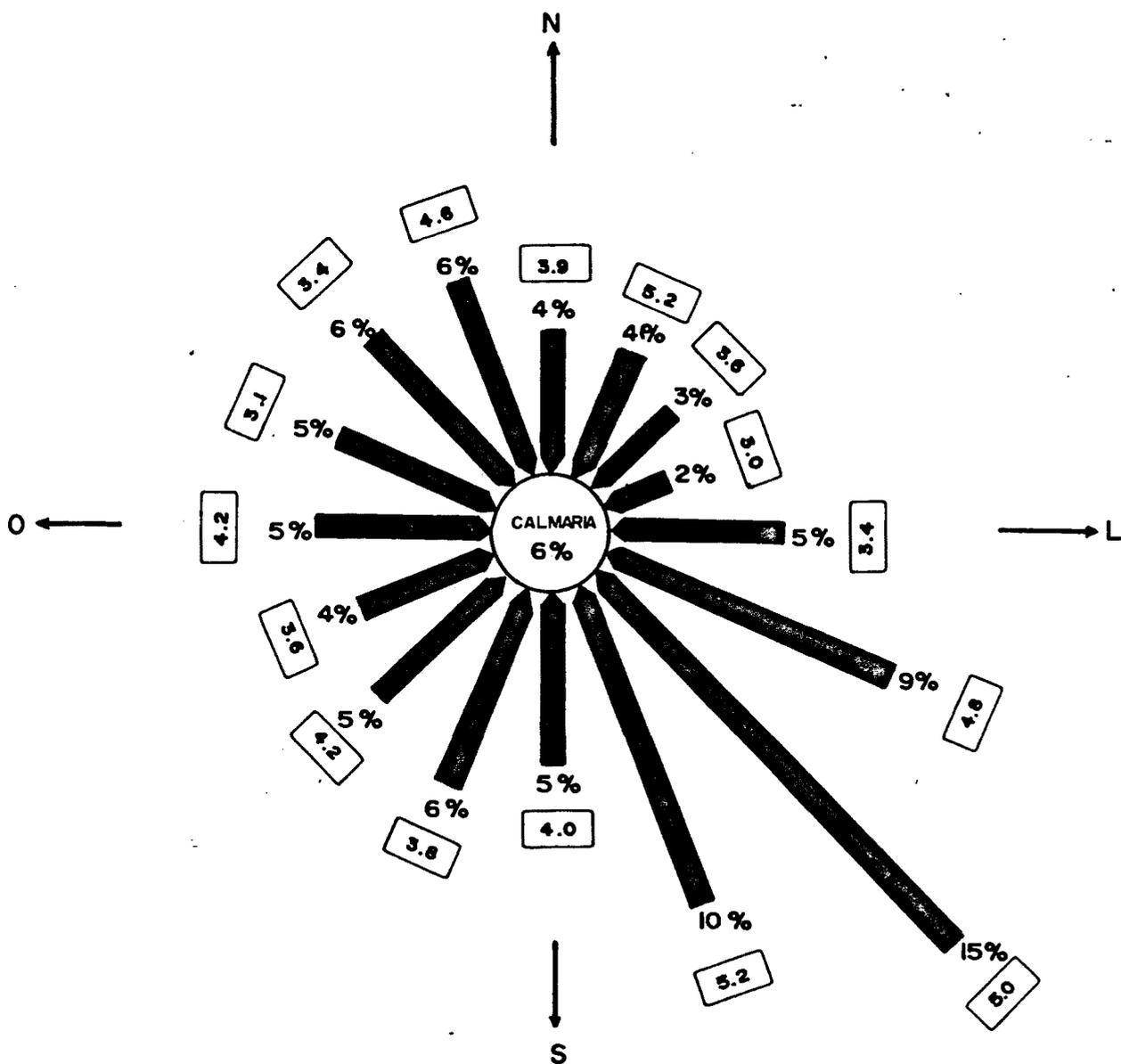
Conforme mostramos no ítem 4.3.3.2, aspectos topográficos devem, também, ser considerados. Algumas áreas, tais como os vales ou zonas próximas a elevações naturais devem ser evitadas para a localização de fontes poluidoras, devido ser dificultada, nestes casos, a dispersão vertical ou horizontal dos poluentes.

Por outro lado, pode-se facilitar a circulação do ar, através da distribuição adequada das edificações, aproveitando-se condições naturais existentes, conforme mostraremos adiante.

Vários são os métodos existentes para se estudar a dispersão de poluentes emitidos por determinada fonte ou conjunto de fontes.

De um modo geral, três modelos de dispersão podem ser identificados:

- modelo da caixa ("box model")



CONVENÇÃO :

5% - PORCENTAGEM DO ANO QUE O VENTO SOPRA A PARTIR DA DIREÇÃO INDICADA

4.6 - VELOCIDADE MÉDIA DO VENTO, EM m/s

FIGURA 3.10

EXEMPLO DE "ROSA DOS VENTOS"

- modelo da pluma gaussiana
- Modelos de simulação numérica

O "modelo da caixa" é o mais simples e é útil em um estudo preliminar, podendo orientar ao planejador na escolha de áreas para instalação de fontes estacionárias, bem como na definição da intensidade de poluição das mesmas.

Este modelo é aplicado considerando uma concentração uniformizada de poluentes em determinada área, avaliando-se os efeitos da emissão adicional de poluentes nesta área. Assim, não se consideram as variações espaciais que normalmente ocorrem, mas admite-se que em toda área há uma taxa de emissão uniformizada média.

O modelo é utilizado através das seguintes etapas:

- Conhecimento da situação da área a preservar, em termos de concentração de poluentes existentes
- Definição dos teores máximos de poluentes anuais médios recomendados para a área (padrões)
- Comparando-se as concentrações de poluentes com os padrões recomendados, tem-se as quantidades de poluentes que podem ser acrescidas (emitidas), sem maiores problemas para a área em planejamento, até atingir os teores máximos.

Para a utilização deste método é necessária a elaboração de um gráfico base, relacionando a concentração normalizada de poluentes (relação entre a concentração de poluentes sobre a área em estudo e a taxa de emissão na área) com o comprimento (máxima linha reta sobre a área em planejamento). (18)

O modelo gaussiano admite a dispersão de poluentes na atmosfera, a partir de uma fonte contínua, segundo uma pluma, para a qual é definida uma expressão matemática que permite calcular a concentração de um poluente em determinado local.

Assim, a concentração (C) de um poluente, em determinado ponto de coordenadas (X, Y, Z) (FIGURA 5.11), a partir de uma fonte contínua de altura efetiva H, é dada pela expressão

$$C(X, Y, Z, H) = \frac{Q}{2\pi \sigma_y \sigma_z v} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{Y}{\sigma_y} \right)^2 \right] \cdot \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{Z-H}{\sigma_z} \right)^2 \right] + \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{Z+H}{\sigma_z} \right)^2 \right]$$

Onde:

C = concentração do poluente (g/m^3)

Q = taxa de emissão do poluente (g/seg)

σ_z = coeficiente de dispersão vertical (m)

σ_y = coeficiente de dispersão horizontal (m)

v = velocidade do vento (m/seg)

H = altura efetiva da chaminê (m)

X, Y, Z em metros

Alterações na topografia podem modificar a dispersão de poluentes. Por exemplo, obstáculos criados na trajetória da pluma, tais como edificações, podem alterar sensivelmente o modelo de dispersão dos poluentes emitidos.

Os poluentes de simulação numérica são métodos mais sofisticados de avaliação da dispersão. Eles proporcionam informações detalhadas sobre o comportamento dos poluentes no espaço, em escalas físicas relativamente pequenas. Estes modelos são mais aplicados na determinação de impactos sobre a qualidade do ar a partir de fontes individuais de grande efeito. Estes modelos encontram-se ainda em estágio de elaboração, prevendo-se ampla utilização futura.

Os modelos de dispersão aqui comentados conduzem à elaboração de mapas de concentração de poluentes em uma área determinada, a partir de uma fonte (ou conjunto de fontes) poluidora. Estes mapas constam de curvas indicando as diversas concentrações de poluentes numa área, mostrando, portanto, as regiões com teores mais e menos elevados. São, assim, úteis na orientação do disciplinamento do uso do solo. Na FIGURA 5.12 mostramos um exemplo da distribuição de concentrações de poluentes em uma área, a partir da emissão em determinada fonte.

Outro aspecto a considerar com relação à dispersão de

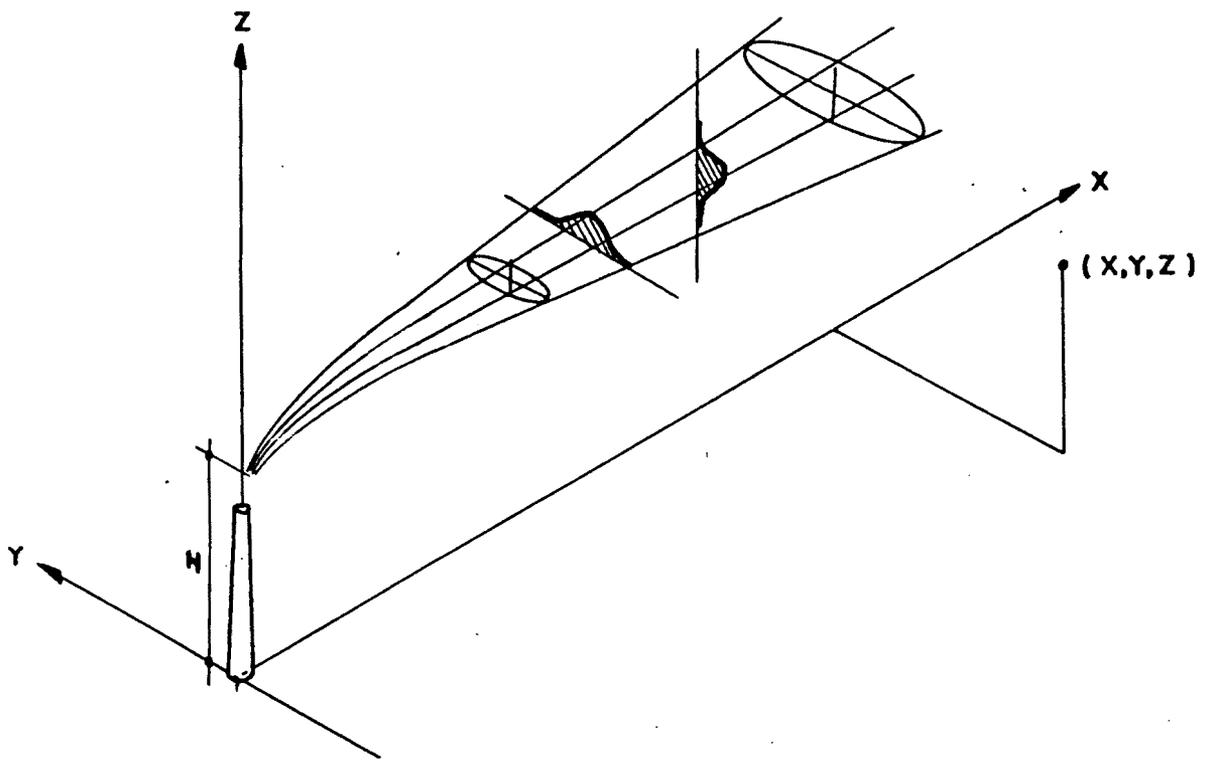


FIGURA 5.11

ESQUEMA DE UMA DISTRIBUIÇÃO GAUSSIANA

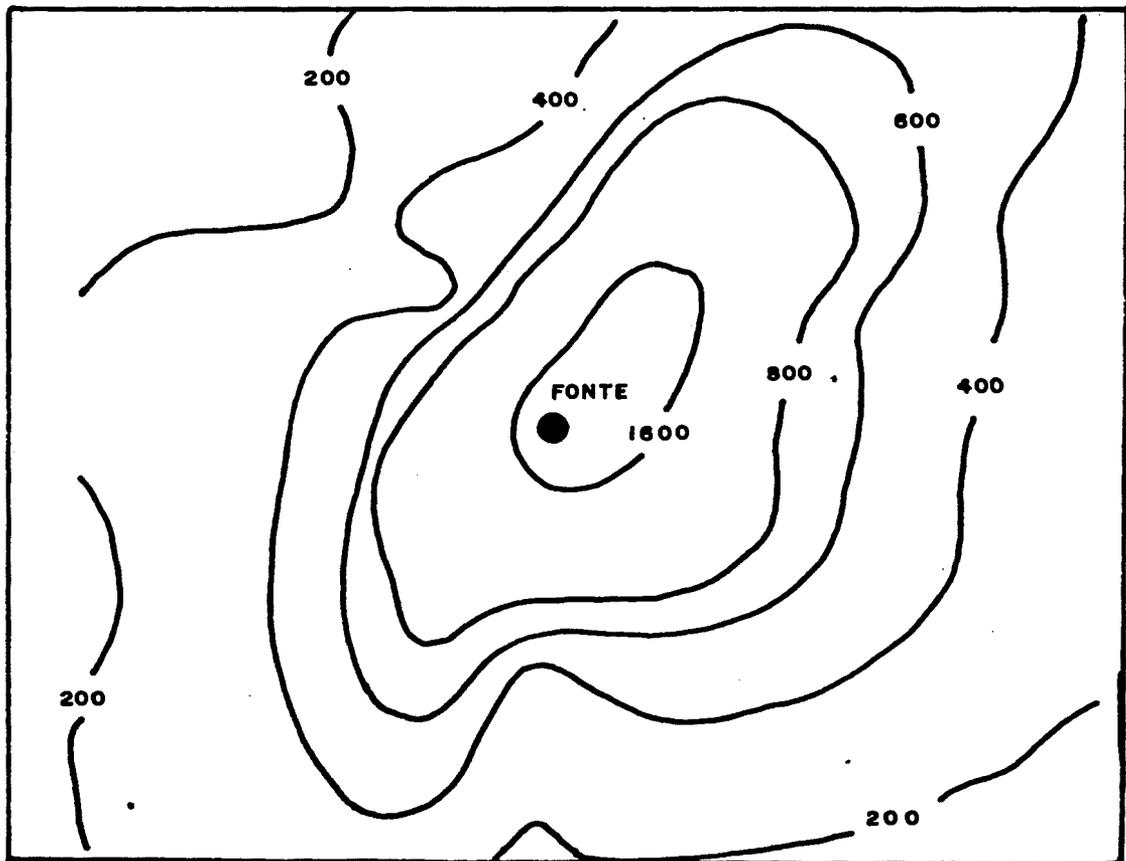


FIGURA 5.12

**EXEMPLO DE CURVAS DE CONCENTRAÇÃO DE POLUENTES A PARTIR DE
 UMA FONTE (CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ANUAIS DE POLUENTES EM $\mu\text{g}/\text{m}^3$ A
 PARTIR DE UMA FONTE COM EMISSÃO DE 4000 gramas/segundo)**

poluentes, são os efeitos resultantes da forma em que as fontes são distribuídas. Em (18) são apresentados estudos comparativos de diversas distribuições, como por exemplo: as fontes de poluição concentradas em uma só área ou distribuídas em diversas áreas espalhadas; uma grande fonte única ou várias fontes pontuais espalhadas na área. Este trabalho enumerou as seguintes conclusões:

- Quando as fontes dispersas em várias outras menores, mas com a mesma emissão total, a concentração mínima de poluentes observada aumenta notavelmente. Por outro lado, a concentração máxima de poluentes na área diminui sensivelmente.
- A dispersão pode ser benéfica, para garantir que determinados padrões de qualidade do ar não sejam ultrapassados, já que os valores máximos de concentrações são mais baixos.
- Usos receptores sensíveis (habitação, saúde, recreação, educação, entre outros) devem situar-se muito distantes dos locais de fontes concentradas, onde as concentrações mínimas são menores. O espalhamento das fontes, por outro lado, pode dificultar a disponibilidade de áreas para receptores sensíveis, pois os mínimos de concentrações observadas, sendo mais elevados, podem ser superiores ao permitido para estes usos.

5.4.1.3 - Critérios para a localização das fontes

Embora considerando a grande validade dos modelos de dispersão apresentados, devemos observar que os mesmos exigem informações e experiências de campo muito detalhadas, as quais poucos municípios no Brasil têm condições de desenvolver.

Assim, fica difícil a determinação, de forma matemática, dos efeitos de determinada fonte (ou fontes) emissora(s) de poluentes, sobre as áreas vizinhas.

Acreditamos que o conhecimento, pelo planejador, das

condições climáticas e topográficas influentes no processo de poluição atmosférica, bem como do potencial de poluição das indústrias (ou outras fontes estacionárias), pode ajudá-lo no disciplinamento do uso do solo visando a qualidade do ar. A ferramenta principal que ele dispõe, após identificar as áreas mais favoráveis, do ponto de vista climático ou topográfico, é o afastamento entre as fontes poluidoras e as áreas receptoras.

Através de afastamentos adequados podem ser minimizadas as concentrações de poluentes em áreas sensíveis, ficando as mesmas dentro dos padrões de qualidade do ar.

É claro que na fase de implantação de indústrias muito poluidoras, verificações mais detalhadas devem ser desenvolvidas pelo órgão de controle da poluição do ar, as quais ajudarão ao planejador na definição do local exato adequado para as mesmas.

Os afastamentos mínimos previamente estabelecidos para as fontes poluidoras, em função do potencial poluidor das mesmas, fornecem uma diretriz geral para a definição de zonas destinadas ao uso industrial.

Este critério é adotado na Rússia, onde são definidas zonas de proteção sanitária, com largura variável em função do potencial poluidor das indústrias. Assim, as fontes poluidoras devem situar-se a sotavento dos ventos predominantes e com os seguintes afastamentos: (20) -

(1) Indústrias definidas como de Classe I - zona de proteção sanitária de 1.000m de largura:

a) Indústrias químicas

- Produção de compostos nitrogenados (amoníaco, ácido nítrico e adubos)
- Produção de compostos intermediários da indústria de corantes de anilina nas séries de benzeno e éter (derivados de anilina, nitrobenzeno, fenol, etc.) cuja produção total seja superior a 1.000 toneladas anuais.
- Produção de compostos intermediários nas séries do naftaleno e do antraceno (1-naftalenol, antraquinona, anidrido ftálico, etc.) em quantidades superiores a 2.000 toneladas anuais.

- Produção de brometo de ferro (III)
 - Produção de soda cáustica e cloro por eletrólise
 - Produção de adubos minerais concentrados
 - Produção de solventes orgânicos e óleos
 - Refinarias de petróleo
 - Produção de ácidos, de um modo geral
 - Produção de negro de fumo
 - Produção de líquidos etílicos
 - Produção de catalisadores
- b) Outras indústrias
- Fundição de ferro, quando o volume total dos alto-fornos é superior a 1.500m^3 .
 - Coquificação
 - Fundição de materiais não ferrosos
 - Instalação para a extração de petróleo e gás natural
 - Extração de minérios de chumbo, mercúrio, arsênico e manganês.
 - Tratamento químico da madeira
 - Produção de carvão vegetal
 - Produção de colas e gelatina industrial a partir de restos animais (peles, ossos, cartilagens)
- (2) Indústrias definidas como de classe II - zona de proteção sanitária de 500m de largura:
- a) Indústrias química
- Produção de uréia
 - Instalações de produção de gás natural
 - Produção e tratamento de alcatrões naturais e de seus resíduos
 - Síntese do etanol pelo processo do ácido sulfúrico ou por hidratação direta
 - Produção de nitratos de amônia, potássio, sódio e cálcio
 - Produção de reagentes químicos orgânicos
 - Produção de ésteres
 - Produção de resinas sintéticas
 - Produção de nicotina

- Produção de ácido acético

b) Outras indústrias

- Instalações para a extração de fosforita, piritita, antracito, carvão vegetal, etc.
- Instalações para calcinar e moer ossos
- Instalações para derreter gordura de animais marinhos
- Instalações para a lavagem de tripas, etc.

(3) Indústrias definidas como de Classe III - zona de proteção sanitária de 300m de largura:

a) Indústrias químicas

- Obtenção de betume e outros produtos a partir dos resíduos de destilação do alcatrão da hulha, petróleo cru, etc.
- Produção de sais minerais, exceto os sais de arsênico, fósforo, cromo, chumbo e mercúrio (Classe I)
- Produção de plásticos
- Produção de misturas fertilizantes
- Produção de metionina
- Produção de antibióticos por métodos biológicos
- Produção de laca, vernizes, etc.

b) Outras indústrias

- Extração a céu aberto de compostos metalóides
- Canteiros de rochas: dolomitas, magnesitas, amianto, alcatrão e asfalto
- Instalações de impregnação de madeira para a sua conservação
- Instalações para tratar peles de gado vacum-sem curtir
- Lavagem de lã animal
- Fábrica de antibiótico para ração de animais

(4) Indústrias definidas como de Classe IV - zona de proteção sanitária de 100m de largura:

a) Indústrias químicas

- Fábrica de papel a partir da celulose já preparada e trapos
- Produção de plásticos caseínicos e proteínicos
- Produção de glicerol
- Fábrica de sabão
- Fábrica de sal (evaporação e trituração)
- Produção de fertilizantes líquidos
- Produção de plastificantes polivinílicos, plásticos vinílicos, etc.
- Produção de alcalóides
- Produção de perfumes

b) Outras indústrias

- Fábrica de fios elétricos descobertos
- Fabricação de caldeiras
- Produção de eletrodos metálicos
- Produção de antimônio por eletrólise
- Extração de sal-gema
- Produção de pedra artificial (argila expandida) e artigos de concreto
- Fabricação de vidro
- Fabricação de fios de seda
- Fiação de tecelagem de lã, algodão e linho, com seção de tinturaria e alvejamento
- Fabricação de feltro
- Torradores de café

(5) Indústrias definidas como de Classe V - zona de proteção sanitária de 50m de largura:

a) Indústrias químicas

- Produção de reagentes inorgânicos
- Vulcanização de borracha sem o emprego do sulfeto de carbono
- Produção de CO_2 e de neve carbônica
- Produção de pérolas artificiais
- Produção de fertilizantes com o emprego de CO_2

- Produção de tintas de imprensa
- Elaboração de preparações farmacêuticas

b) Outras indústrias

- Produção de acumuladores alcalinos
- Imprensa
- Instalações para trabalhar o granito
- Produção de artigos de gesso
- Carpintaria, marcenaria
- Fiação e tecelagem de lã, algodão e linho, - sem seção de tinturaria e alvejamento
- Fabricação de roupas em geral
- Fabricação de calçado
- Fábrica de doces, conservas, laticínios, etc.
- Padarias
- Cervejaria

UBALDO CARPIGIANI propõe a adoção de Faixas Sanitárias de Proteção, entre as fontes de poluição e outras áreas de edificações em geral (habitações, saúde, educação, sociais), e áreas de recreação. (13) A classificação das fontes de poluição adotada foi a do Plano Urbanístico Básico do Município de São Paulo, apresentada nos QUADROS 5.14 a 5.17. São as seguintes as faixas propostas:

- (1) Para indústrias potencialmente grande poluidoras - do ar:
 - Situadas a favor do vento predominante: Faixa Sanitária de, no mínimo, 1.500m
 - Situadas contra o vento predominante: Faixas Sanitárias de, no mínimo, 1.500m, acrescida de mais um afastamento, a critério da autoridade sanitária.
- (2) Para indústrias potencialmente médio poluidoras - do ar:
 - Situadas a favor do vento predominante: Faixa Sanitária de, no mínimo, 500m.
 - Situadas contra o vento predominante: Faixa Sanitária de, no mínimo, 500m, acrescida de mais um afastamento, a critério da autoridade sanitária

(3) Para indústrias potencialmente pequena poluidoras do ar:

- Situadas a favor do vento predominante: Faixa Sanitária de, no mínimo, 300m
- Situadas contra o vento predominante: Faixa Sanitária de, no mínimo, 300m, acrescida de mais um afastamento, a critério da autoridade sanitária

(4) Para indústrias potencialmente leve poluidoras - do ar:

- Situadas a favor do vento predominante: Faixa Sanitária de, no mínimo, 100m
- Situadas contra o vento predominante: Faixa Sanitária de, no mínimo, 100m, acrescida de mais um afastamento, a critério da autoridade sanitária

(5) Para indústrias não poluidoras

- Faixa Sanitária de, no mínimo, 50m

Entendemos que estes afastamentos servem como orientação muito útil na implantação de zonas industriais de médio porte, em locais onde as informações são escassas. É claro que a localização dos grandes complexos industriais deve merecer estudos mais aprofundados de especialistas em poluição do ar e planejamento.

Existem indústrias de altíssimo potencial poluidor, as quais não devem, jamais, situarem-se em áreas urbanas. Alguns exemplos podem ser citados: (5)

- Indústria de produção de celulose pelo processo "Kraft", na qual a emissão de odores pode atingir distâncias de cerca de 20 quilômetros, se não houver controle na fonte.
- Indústria de produção de cimento, onde há uma emissão de poeiras em grande quantidade.
- Indústrias siderúrgicas.
- Refinarias de petróleo.

Resumindo o que dissemos até aqui, podemos afirmar - que o mais importante é que sejam considerados aspectos ambientais na localização de fontes estacionárias de poluição do ar.

O processo de planejamento para definir a localização de atividades poluidoras do ar, visando efeitos mínimos sobre áreas receptoras sensíveis, deve constituir-se de diversas etapas, conforme indicado na FIGURA 5.13.

Observamos que o processo compreende várias determinações, relacionadas com as fontes emissoras de poluentes, com o meio dispersor e com as áreas receptoras. Estes estudos deverão ser mais ou menos detalhados, em função da maior ou menor complexidade das atividades poluidoras.

O processo deve definir, então, um disciplinamento do uso do solo de forma a distribuir as diversas atividades no ambiente, sem comprometer a qualidade do ar nas áreas receptoras consideradas mais sensíveis.

Na FIGURA 5.14 apresentamos um exemplo de uso do solo com este objetivo. É claro que não se pode definir um modelo fixo de uso e ocupação, pois as variáveis intervenientes são muitas, variando para cada município. No entanto, considerando-se critérios ambientais na localização de fontes estacionárias de poluição, podem-se definir usos e ocupações do solo compatíveis para as fontes poluidoras e as atividades consideradas mais sensíveis à poluição do ar.

5.4.2 - Controle de fontes móveis

Conforme já comentamos, os veículos automotores participam com grande parcela da carga poluidora do ar, principalmente nos grandes aglomerados urbanos, onde o número de carros é elevado e as condições precárias de circulação dos mesmos contribuem para agravar o problema.

Os veículos são responsáveis pela emissão, em maior proporção, de alguns poluentes determinados nas grandes cidades, tais como o monóxido de carbono, os óxidos de nitrogênio e os hidrocarbonetos. Estes poluentes são originários, normalmente, do cano de escape, do respiro do carter, do carburador e do tanque de gasolina. Há ainda a emissão de material particulado, como re

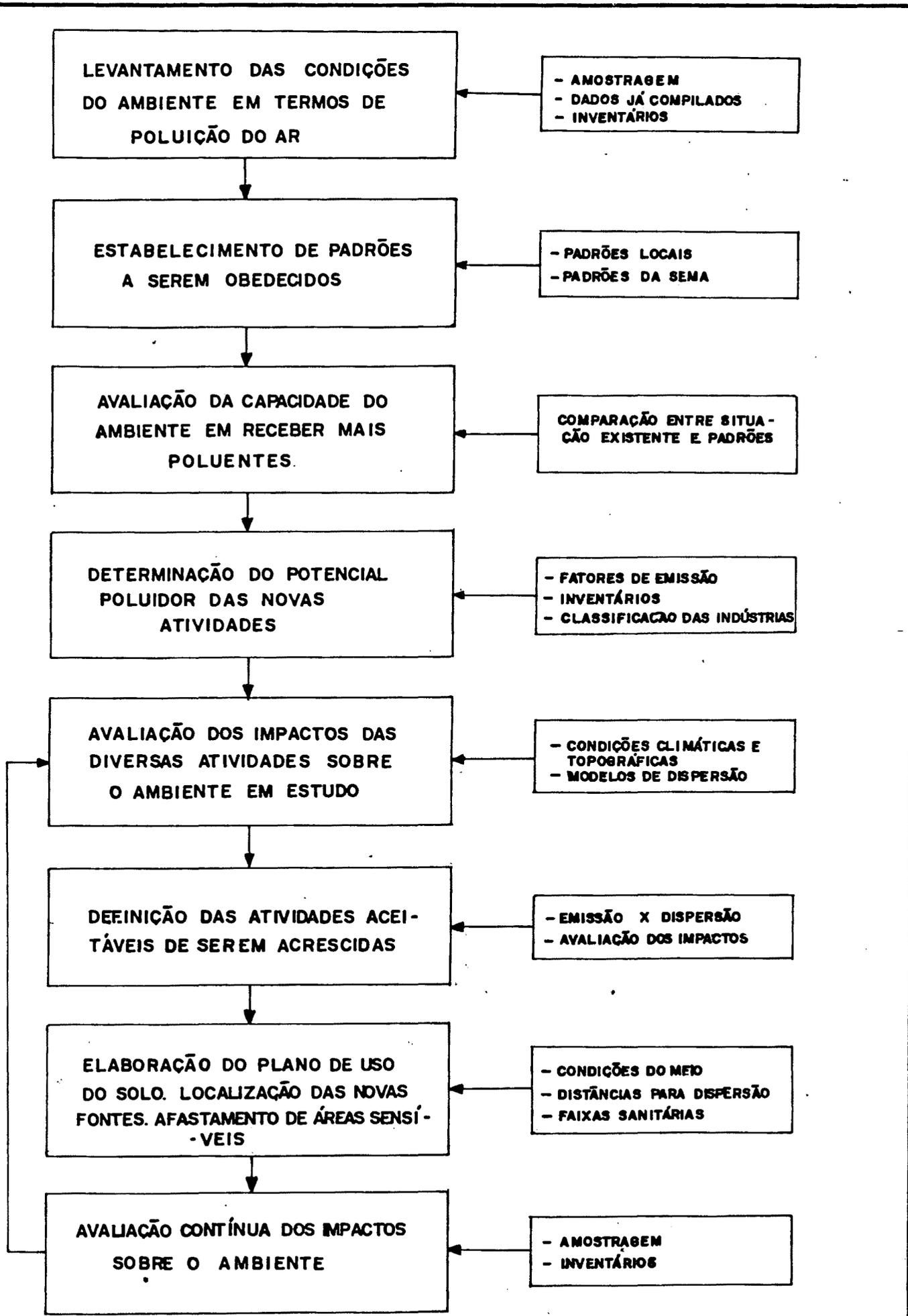
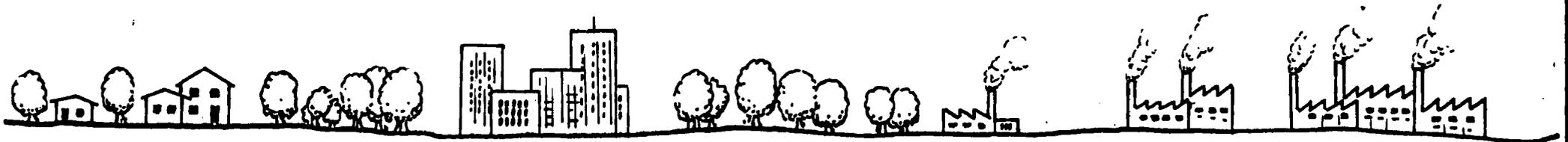


FIGURA 3.13

PROCESSO DE PLANEJAMENTO PARA DEFINIÇÃO DA LOCALIZAÇÃO DE ATIVIDADES POLUIDORAS DO AR

SENTIDO DO VENTO PREDOMINANTE,
DE PREFERÊNCIA



USO RESIDENCIAL, ESCOLAS, HOSPITAIS, ETC.	ÁREA VERDE (LAZER ATIVO)	USO COMERCIAL, INS- TITUCIONAL, DE SER- VIÇOS E INDUSTRIAL NÃO POLUIDOR	ÁREA VERDE (USO PAISAGÍSTICO, LAZER PASSIVO)	USO INDUSTRIAL LEVE POLUIDOR	USO INDUSTRIAL MÉDIO POLUIDOR	USO INDUSTRIAL GRANDE POLUIDOR
---	-----------------------------	--	--	---------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------

FIGURA 5.14

**EXEMPLO DO USO DO SOLO VISANDO PRESERVAR A QUALIDADE
DO AR EM ÁREAS SENSÍVEIS**

sultado do desgaste de pneus e de lonas de freio.

Para a elaboração de um programa de controle da poluição por fontes móveis é importante que se conheçam alguns aspectos da emissão de poluentes por veículos.

A emissão de monóxido de carbono, hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio em um veículo a gasolina (tomando como base um veículo norte americano) é distribuída da seguinte forma: (34)

- Emissão de monóxido de carbono: 100% a partir do cano de escapamento.
- Emissão de hidrocarbonetos: 60% do cano de escapamento; 20% da evaporação no tanque de combustível e carburador; 20% do respiro do carter.
- Emissão de óxidos de nitrogênio: 100% a partir do cano de escapamento.

Os veículos a diesel emitem fumaça e odor, além de produzirem hidrocarbonetos, óxidos de nitrogênio, compostos oxigenados e monóxido de carbono.

As taxas de emissão de poluentes variam de acordo com as características de funcionamento e idade do veículo, conforme mostrado no QUADRO 5.18. As observações deste Quadro são muito válidas no estabelecimento de medidas de controle da poluição por fontes móveis.

Um programa de controle de poluição por fontes móveis deve compreender, basicamente, as seguintes ações:

- (1) Controle da emissão no veículo
- (2) Mudanças no sistema de transporte
- (3) Redução do número de viagens
- (4) Melhoria no fluxo de veículos
- (5) Distribuição adequada dos usos do solo

O disciplinamento do uso do solo pode influir nas quatro últimas atividades, já que a primeira relaciona-se com o próprio sistema de funcionamento dos veículos, para os quais deverão ser definidos padrões mais rígidos de emissão de poluentes.

As mudanças no sistema de transporte deverão ser de modo a incrementar os meios de circulação menos poluidores ou sem potencial de poluição.

Emissão de poluentes em veículos a gasolina, em função das características de funcionamento e idade dos mesmos

CARACTERÍSTICAS	EMISSÃO		
	MONÓXIDO DE CARBONO	HIDROCARBONETOS	ÓXIDOS DE NITROGÊNIO
VELOCIDADE MÉDIA DO VEÍCULO	Decresce com o aumento da velocidade média	Decresce com o aumento da velocidade média	Cresce com o aumento da velocidade média
ACELERAÇÃO	Quanto mais variável a velocidade, maior a taxa de emissão. Paradas e partidas aumentam a emissão	Cresce com a aceleração ou desaceleração	Nenhum efeito substancial
FUNZIONANDO PARADO	Maximiza a emissão	Maximiza a emissão	Nenhum efeito substancial
PARTIDA COM VEÍCULO FRIO	Aumenta a emissão	Aumenta a emissão	Nenhum efeito substancial
IDADE DO VEÍCULO	Cresce com a idade	Cresce com a idade	Nenhum efeito substancial
TEMPERATURA DE OPERAÇÃO	Nenhum efeito substancial	Nenhum efeito substancial	Cresce com a temperatura de combustão

FONTE: AGÊNCIA DE PROTEÇÃO DO MEIO AMBIENTE DOS ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. (18)

A distribuição dos usos do solo de forma a reduzir as distâncias entre as zonas residenciais e as de trabalho, lazer, e outras, incrementará os percursos a pé, bem como a utilização de bicicletas e de outros meios não poluidores. Para isto, deverão ser criadas condições adequadas, tais como vias próprias para circulação de pedestres, pistas para bicicletas e motocicletas, e áreas de estacionamento próprias para estes equipamentos.

Programas de utilização de veículos particulares em cooperação devem ser incentivados, visando o maior aproveitamento dos lugares vazios dos mesmos, com a consequente redução do número de carros em circulação. Isto é conseguido, com sucesso, em empresas com grande número de empregados, através de incentivos, tais como a concessão de vagas de estacionamento preferencialmente para tais veículos.

A melhoria e expansão do transporte coletivo é uma das medidas com melhor efeito sobre a qualidade do ar. O QUADRO 5.19 é bem esclarecedor, mostrando que há uma redução sensível na emissão de poluentes, por passageiro, por percurso de viagem, quando é utilizado o transporte coletivo (ônibus). Os dados apresentados referem-se a veículos americanos.

Várias medidas podem ser adotadas visando incrementar o uso do transporte coletivo:

- melhoria do sistema existente
- ampliação da frota de ônibus
- implantação de outros sistemas de transporte: trem, metrô, bonde, etc.
- restrições à circulação de veículos particulares em determinadas áreas
- criação de vias específicas para circulação de veículos de uso coletivo
- facilidades de estacionamento para veículos coletivos e dificuldades para os carros particulares.

Estas e outras medidas estão sendo implantadas nas grandes cidades brasileiras com o objetivo de reduzir o consumo de combustíveis por veículos e, por certo, muito contribuirão para melhorar a qualidade do ar nestes centros urbanos.

Um disciplinamento adequado do uso do solo favorecerá, também, a diminuição do número de viagens. Assim, uma mistura ordenada de usos residencial, comercial, de trabalho e lazer,

QUADRO 5.19

Emissão de poluentes por automóveis e ônibus, por passageiro transportado, por milha. Estados Unidos da América. 1960 a 1973.
(Emissões em grama)

POLUENTE	TIPO DE VEÍCULO		
	AUTOMÓVEL	ÔNIBUS A GASOLINA	ÔNIBUS A DIESEL
Monóxido de Carbono	56,6	4,3	0,7
Hidrocarbonetos	6,3	0,6	0,1
Óxidos de nitrogênio	4,1	0,3	1,1
Dióxido de enxofre	0,12	0,03	0,08
Material particulado	0,20	0,01	0,04
Nº passageiro/veículo	1,5	30	30

FONTE: AGÊNCIA DE PROTEÇÃO DO MEIO AMBIENTE DOS E.U.A. (18)

OBS: 1 milha = 1,609Km

facilitará a realização de várias atividades com um número menor de viagens. É claro que a ordenação destes usos deve levar em consideração outros aspectos, de forma que os mesmos sejam compatíveis.

A melhoria do fluxo de veículos contribui para uma menor emissão de poluentes. No QUADRO 5.18, mostramos que uma menor quantidade de impurezas é lançada na atmosfera, quando os veículos circulam com maior velocidade, em deslocamentos uniformes, sem acelerações e desacelerações sucessivas. Deste modo, devem ser favorecidas as condições de tráfego, para que isto ocorra. Técnicas de Engenharia de Tráfego devem ser adotadas visando obter-se maior fluidez de tráfego, evitando os congestionamentos, responsáveis pelo agravamento da poluição atmosférica nas grandes cidades.

O disciplinamento do uso do solo nas proximidades de vias com intenso movimento de veículos pode contribuir para que áreas de uso sensíveis sejam menos afetadas, desde que dispostas devidamente afastadas das vias.

Em (18) é apresentado um estudo no qual é feita a estimativa das concentrações de poluentes nas proximidades de auto-estradas, na direção do vento, observando-se variações de teores com a distância da via, para várias velocidades do vento, condições diversas de estabilidade atmosférica e variações na emissão. Como conclusão principal do referido estudo, temos: "Geralmente, as concentrações de todos os poluentes, ao nível do solo, são maiores nas áreas imediatamente adjacentes às auto-estradas, caindo rapidamente, dentro de cerca de 80 metros, para aproximadamente 30% do valor máximo, e então decrescendo gradativamente com a distância, na direção do vento".

Com base neste estudo, pode ser proposta a utilização das áreas mais próximas às vias de grande movimento por atividades menos sensíveis à poluição, ficando os usos mais afetados (residencial, hospitais, escolas, recreação, etc.) a distância maiores. Este afastamento é também recomendado visando proteger os usos sensíveis contra o barulho produzido nas vias, conforme veremos no ítem seguinte.

Áreas livres, com vegetação, podem ser usadas como atenuantes da poluição. A ação das árvores sobre as concentrações de poluentes atmosféricos é discutível, havendo, no entanto, um

consenso de que elas produzem efeitos benéficos.

Por exemplo, em (62) encontramos a seguinte afirmativa: "A concentração média de poluentes decresce com a proporção de áreas livres urbanas com vegetação. Uma área verde com 30 metros de largura proporciona uma quase completa intercepção de poeiras e reduções significativas nas concentrações de gases. Mesmo uma fila de árvores pode reduzir significativamente a poluição do ar, se plantadas às margens das fontes poluidoras".

Já em (11) é dito que: "Embora as árvores, arbustos e outras características paisagísticas não afetem significatemente a redução de poluentes, seja pelo efeito de barreira ou por ação bioquímica, elas interferem na velocidade do vento e na mistura do ar. Árvores e outros elementos paisagísticos tendem a induzir a turbulência no fluxo de ar, a qual proporciona a redução da intensidade da poluição do ar, ao nível do solo, por causa do aumento da mistura. A existência de massas de vegetação próximas a edificações pode, também, reduzir as pressões do vento contra as paredes externas, na direção dos ventos. Por outro lado, na direção contrária aos ventos, as árvores tendem a atenuar o "efeito de vácuo". Então, em geral, as árvores contribuem para reduzir as pressões e vácuos contra paredes de edificações e, desta forma, a infiltração de poluentes para o interior. Por causa destas considerações, além dos aspectos estéticos e ecológicos, os projetistas devem aumentar o interesse em conservar árvores adultas e áreas de vegetação, procurando dispor os prédios em ótima posição em relação a estas características naturais".

De qualquer forma, podemos considerar benéficas as áreas verdes, recomendando-se a adoção de faixas verdes às mãrgens de vias de grande movimento de veículos, visando atenuar a poluição atmosférica, bem como a poluição acústica. Estas áreas, além do aspecto de afastamento, terão também efeitos paisagísticos, não sendo recomendado o seu uso como zonas de lazer. Um exemplo desta recomendação está mostrado na FIGURA 5.15.

5.4.3 - Arranjo das edificações e áreas livres

A distribuição adequada das edificações e áreas lii

vres, pode contribuir para uma melhor circulação do ar e, portanto, maior dispersão e menor concentração dos poluentes atmosféricos em uma cidade.

Assim, o arranjo dos prédios e áreas livres deve ser feito de forma a permitir a circulação natural do vento, como indicado na FIGURA 5.16 (b), evitando-se a criação de barreiras artificiais ou condições para o confinamento do ar, conforme mostra a FIGURA 5.16(a).

Uma adequada distribuição das áreas verdes nas cidades pode contribuir bastante para a melhor circulação do ar. Conforme já vimos, há um movimento natural do ar das áreas marginais (normalmente, com vegetação), para as zonas centrais das cidades. O conhecimento das direções predominantes do vento pode induzir a que se arranjem as áreas verdes radialmente em relação ao centro da cidade, favorecendo a criação de uma corrente de ar limpo e frio, dos arredores para as partes mais quentes e poluídas da cidade, bem como contribuindo para uma melhor dispersão e afastamento dos poluentes produzidos nas áreas mais densamente ocupadas. (FIGURA 5.17)

Estas e outras técnicas podem ser usadas pelos planejadores, para garantir uma melhor qualidade do ar nos centros urbanos. Constituem a adaptação dos processos naturais à urbanização.

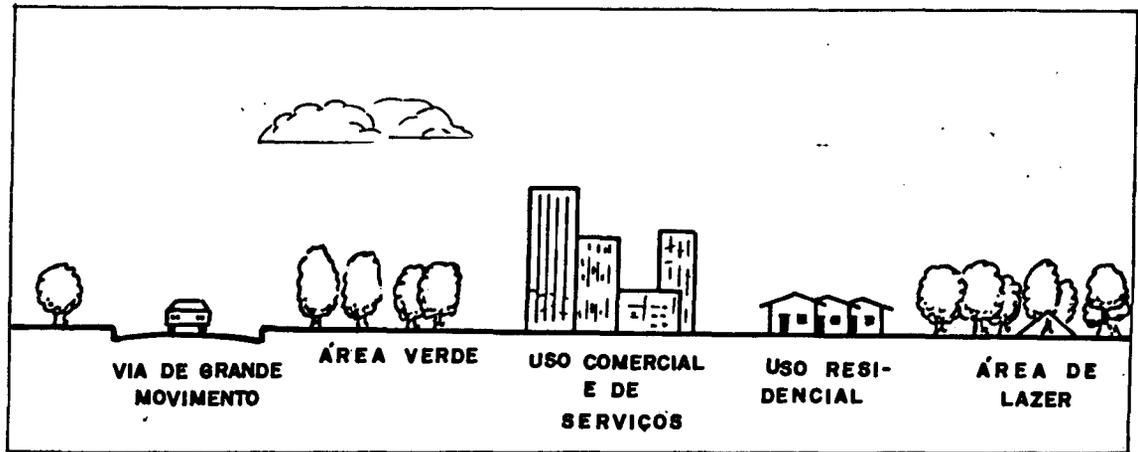


FIGURA 5.15

EXEMPLO DE USO DO SOLO VIZINHO A UMA VIA DE GRANDE MOVIMENTO DE VEÍCULOS

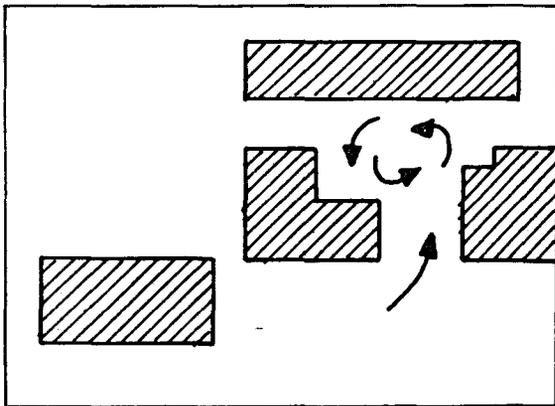


FIGURA 5.16 (a)

DISTRIBUIÇÃO INADEQUADA DE EDIFICAÇÕES

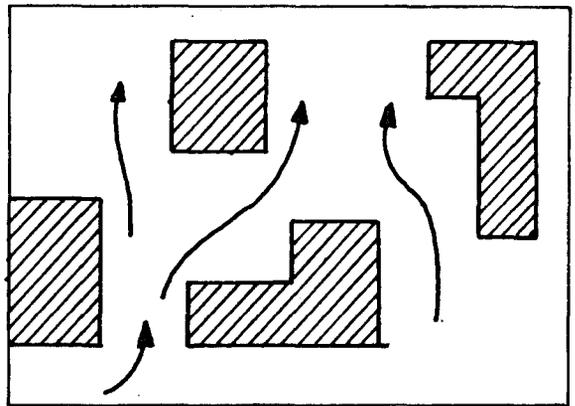


FIGURA 5.16 (b)

DISTRIBUIÇÃO ADEQUADA DE EDIFICAÇÕES

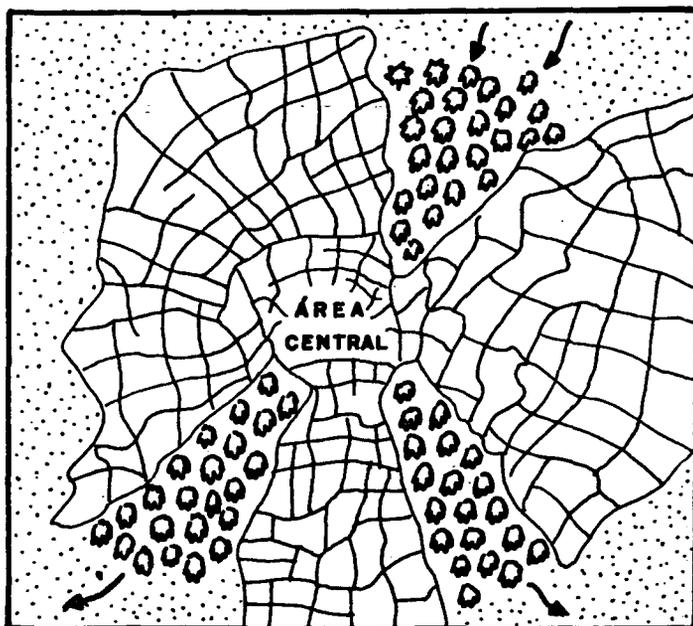


FIGURA 5.17

ARRANJO DAS ÁREAS VERDES FAVORECENDO À CIRCULAÇÃO DO AR

CONVENÇÃO

- ÁREA URBANIZADA
- ÁREA NÃO URBANIZADA
- ÁREA VERDE

5.5 - Uso do solo e controle da poluição acústica

A poluição acústica envolve três componentes: a existência de uma fonte geradora de ruídos; um meio propício à transmissão; e um receptor.

Portanto, o controle desta modalidade de poluição deve intervir, direta ou indiretamente, em um destes componentes, seja disciplinando a emissão de ruídos, seja criando dificuldades à transmissão dos mesmos ou afastando os receptores sensíveis das fontes.

Assim, o controle da poluição acústica envolve uma ou mais das seguintes providências:

- Controle da emissão: limitação dos níveis de emissão de ruídos; adaptação de processos industriais; isolamento de fontes de barulho; controle da emissão nos veículos; disciplinamento dos horários de funcionamento de equipamentos ruidosos, etc.
- Isolamentos acústicos: isolamento dos receptores, através de dispositivos próprios introduzidos nas edificações de usos sensíveis ao barulho.
- Estabelecimento de padrões, especificando os diversos níveis de ruídos máximos para as diversas zonas da cidade, em função do uso.
- Adoção de medidas preventivas visando minimizar a propagação dos sons e/ ou sua incidência sobre áreas de usos sensíveis ao barulho.

O disciplinamento do uso do solo está mais relacionado com os dois últimos tipos de providências - estabelecimento de padrões e adoção de medidas preventivas - podendo contribuir sensivelmente para atenuar os efeitos da poluição acústica em áreas onde os níveis de ruídos não devem ser altos.

Conforme veremos, o planejamento do uso de áreas adjacentes a locais barulhentos, tais como algumas zonas industriais, aeroportos ou vias com grande movimento de veículos, pode ser feito de modo a dificultar a propagação dos ruídos ou a minimizar a incidência dos mesmos em áreas a preservar - zonas residenciais, hospitais, igrejas, escolas, áreas de lazer, bibliote

cas, etc.

5.5.1 - Níveis aceitáveis de ruídos

A fixação de níveis de ruídos, definidos para as diversas zonas de uma cidade em função do uso do solo, é uma medida utilizada para controlar a poluição acústica.

Assim, são recomendados diversos níveis máximos de ruídos para os vários usos, os quais dependem, também, do período do dia em que os mesmos são emitidos.

O QUADRO 5.20 é um exemplo do estabelecimento de níveis médios de ruídos recomendados para diversas áreas, em função do uso.

QUADRO 5.20

Níveis de ruídos recomendados para ambientes externos, em função do uso do solo - Suíça

USO DO SOLO	NÍVEL MÉDIO RECOMENDADO - dB(A)	
	NOITE	DIA
Casa de repouso (saúde)	35	45
Residencial calmo	45	55
Misto	45	60
Comercial	50	60
Industrial	55	65
Vias de tráfego	60	70

FONTE: GATLEY, W.S. & FRYE, E.E. (21)

Os valores recomendados para cada zona variam de país para país, como também dentro de um mesmo país. Por exemplo, numa comparação feita entre as legislações de 23 cidades americanas, os níveis estabelecidos para o ruído em zonas residenciais variaram de 60 dB(A) a 40 dB(A), com predominância de 55 dB(A) ou 50 dB(A). (8)

Algumas legislações, principalmente as que visam a segurança de trabalhadores, fixam valores em função do período de exposição das pessoas ao barulho. Como exemplo, mostramos no QUADRO 5.21 os níveis recomendados para locais de trabalho no Estado da Pennsylvania, nos Estados Unidos da América, bem como os limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente exigidos no Brasil, através da Portaria nº 3.214, de 8 de junho de 1978, do Ministério do Trabalho.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas, através da NB-95, estabelece vários níveis de ruídos aceitáveis em ambientes internos, onde se realizem atividades de comércio, indústria, arte, esporte e outras. (QUADRO 5.22). A Norma considera como nível de ruído aceitável o valor máximo do nível de som, dado em decibéis, que permite o mínimo conforto à maioria dos ocupantes de um determinado ambiente.

Não é fácil o estabelecimento de limites máximos de ruídos para os diversos ambientes. Devemos reconhecer que as pessoas reagem diferentemente ao barulho e que outros fatores, além da intensidade do som, influem no processo, tais como a frequência de ocorrência ou tempo de exposição ao mesmo.

O controle de níveis de ruídos é facilitado quando se consideram ambientes isolados, internos às edificações, tais como os locais de trabalho, bibliotecas, escolas, etc. Nestes casos, é mais fácil a fiscalização e o cumprimento de medidas visando manter um determinado nível em um ambiente, garantindo, assim, as condições recomendadas para os seus usuários.

No entanto, além dos sons emitidos no interior das edificações, existem os ruídos provenientes do meio exterior. Por exemplo, áreas situadas nas proximidades de aeroportos ou de vias com grande movimento de veículos, estão sujeitas a ruídos em níveis superiores, muitas vezes, aos recomendados para alguns usos.

QUADRO 5.21

Limites de ruídos em locais de trabalho, em função do período de exposição diária. Estado da Pennsylvania (E.U.A.) e Brasil

NÍVEL DE RUÍDO dB(A)	MÁXIMA EXPOSIÇÃO PENNSYLVANIA(1)	DIÁRIA PERMISSÍVEL BRASIL(2)
85	-	8 horas
86	-	7 horas
87	-	6 horas
88	-	5 horas
89	-	4 horas e 30 min.
90	8 horas	4 horas
91	-	3 horas e 30 min.
92	6 horas	3 horas
93	-	2 horas e 40 min.
94	-	2 horas e 15 min.
95	4 horas	2 horas
96	-	1 hora e 45 min.
97	3 horas	-
98	-	1 hora e 15 min.
100	2 horas	1 hora
102	1 hora e 30 min.	45 minutos
104	-	35 minutos
105	1 hora	30 minutos
106	-	25 minutos
107	45 minutos	-
108	-	20 minutos
110	30 minutos	15 minutos
112	-	10 minutos
114	-	8 minutos
115	15 minutos	7 minutos

FONTES: (1) LEGISLAÇÃO DE CONTROLE AMBIENTAL DO ESTADO DA PENNSYLVANIA (E.U.A.)

(2) PORTARIA Nº 3.214, DE 08 DE JUNHO DE 1978, DO MINISTÉRIO DO TRABALHO.

QUADRO 5.22

Níveis de ruídos aceitáveis para ambientes internos, de acordo com a NB-95, da Associação Brasileira de Normas Técnicas.

A M B I E N T E	NÍVEL DE RUÍDO ACEITÁVEL
Bancos	60 dB(B)
Escritórios	
Datilografia, taquigrafia e escrituração	60 dB(B)
Diretoria, cálculos, projetos, leituras de plantas, salas de reuniões, contabilidade	57 dB(B)
Saguão principal e sala de espera	60 dB(B)
Mercados	75 dB(B)
Restaurantes e Confeitarias	
Refeitórios	60 dB(B)
Copas e cozinhas	65 dB(B)
Lojas	60 dB(B)
Auditórios e anfiteatros	
Salas de espetáculos (não funcionando)	38 dB(A)
Sala de espera	60 dB(B)
Gabinetes dentários	
Sala de espera	60 dB(B)
Sala de tratamento	40 dB(A)
Hospitais e Consultórios Médicos	
Enfermarias e quartos	40 dB(A)
Recepção, sala de espera	60 dB(B)
Sala de operações	35 dB(A)
Lavanderia	65 dB(B)
Hotéis	
Sala de estar	47 dB(A)
Sala de leitura	42 dB(A)
Restaurante	60 dB(B)
Copa, cozinha	65 dB(B)
Dormitório	40 dB(A)
Portaria e recepção	60 dB(B)
Igrejas e Templos (não em funcionamento)	42 dB(A)
Bibliotecas	42 dB(A)
Cinemas	
Sala de projeção (não em funcionamento)	45 dB(A)
Sala de espera	60 dB(B)
Teatros	
Sala de espetáculos (não em funcionamento)	38 dB(A)
Sala de espera	60 dB(B)
Ginásios e interiores para jogos e esportes	75 dB(B)

QUADRO 5,22 (continuação)

A M B I E N T E	NÍVEL DE RÚDO ACEITÁVEL
Museus	42 dB(A)
Escolas (não em funcionamento)	42 dB(A)
Tribunais (não em funcionamento)	42 dB(A)
Salas de música (não em funcionamento)	38 dB(A)
"Stúdios" de gravação (não em funcionamento)	24 dB(A)
"Stúdios" de rádio e TV (não em funcionamento)	28 dB(A)
Fábricas	75 dB(B)
Residências	40 dB(A)

OBS.: dB(A) - nível de pressão sonora medido na Curva A do sonômetro

dB(B) - nível de pressão sonora medido na curva B do sonômetro

Nestes casos, fica difícil o controle da emissão, sendo, algumas vezes, impossível haver a redução desejada, na fonte. Em situações como esta, recomendamos a adoção de medidas preventivas, através do disciplinamento do uso do solo no entorno de fontes de barulho.

5.5.2 - Medidas preventivas de controle

Além da redução do barulho na fonte, o controle da poluição acústica em áreas de usos sensíveis é eficientemente conseguido através de medidas preventivas, as quais devem considerar, principalmente, o efeito do afastamento entre estas zonas e as produtoras de ruídos em excesso. Algumas medidas preventivas serão comentadas a seguir.

5.5.2.1 - Afastamento entre fonte e receptor

O afastamento entre fontes estacionárias de barulho e as áreas receptoras é a medida mais eficiente para garantir um nível adequado de ruído em locais sensíveis à poluição acústica.

No ítem 4.3.4, dissemos que a intensidade do som varia com o afastamento, decrescendo inversamente com o quadrado da distância a partir da fonte de ruído, significando que ocorre um decréscimo de 6 decibéis para cada vez que a distância em relação à uma fonte emissora de som é dobrada.

Em (5) é feita a seguinte afirmativa: "A distância necessária para que um nível de ruído alto, da ordem de 110 decibéis seja atenuado para um valor satisfatório para o período diurno, que podemos considerar de 55 decibéis, é de aproximadamente 1125 metros, considerando uma fonte pontual sem obstáculos. Para uma fonte de 90 decibéis, essa distância, nas mesmas condições, cairia para 112 metros. Se considerarmos que sempre existem outras obstruções, como por exemplo, edificações, na trajetória de propagação do som, essas distâncias seriam reduzidas sensivelmente".

A vegetação tem sido indicada como um meio que pode absorver o barulho, não havendo, no entanto, uma opinião formada definitiva sobre isto. Alguns, consideram o efeito de absorção das árvores, enquanto outros acham que as áreas verdes têm a função apenas de afastamento e de criação de uma barreira visual entre a fonte de barulho e os receptores.

A Organização Mundial da Saúde, no Relatório Técnico nº 297, de 1965, considerou os cinturões verdes entre áreas industriais e residenciais como um meio de proteção contra a indesejável propagação de ruídos. (63)

De acordo com BRANCH, densas filas de árvores ou arbustos grandes plantados nas margens de uma auto-estrada podem reduzir o barulho em cerca de 1 dB(A), para cada 1,20m de espessura, além de evitarem a visão direta, indesejável, do tráfego. (9)

WOOD considera que a vegetação tem efeito, principalmente, em termos de afastamento. Para ele, o gramado produz alguma absorção de sons, enquanto superfícies pavimentadas tendem a refletir o ruído. Uma densa barreira de vegetação necessitaria ter 50m de largura para proporcionar uma redução de 10 dB(A). (62)

BERANEK, comentando pesquisas realizadas por diversos autores, diz que valores de atenuação de propagação do som em áreas verdes, a uma frequência de 1.000Hz, variaram de 23 dB por 100 metros, nos casos de densa vegetação, para 3 dB por 100 metros, ou menos, quando da existência de árvores desfolhadas sobre o terreno. (7)

O Plano de Proteção Ambiental do Condado de Erie, - Pennsylvania, nos Estados Unidos, prevê uma redução significativa dos ruídos emitidos em fábricas e auto-estradas, na base de seis a oito decibéis para cada 30 metros de densa vegetação situada nas adjacências. (52)

Como vemos, são ainda bastante diversas as informações com relação ao efeito da vegetação sobre a propagação de ruídos. No entanto, devemos considerar como válido o efeito de afastamento proporcionado pelas áreas verdes, admitindo-se que as árvores tenham alguma influência sobre o ruído. Deve-se levar em conta, também, a barreira de percepção proporcionada pela vegetação. O efeito psicológico é muito importante pois, não se ven

do a fonte de ruídos, tem-se a sensação de que os mesmos são emitidos em menor intensidade. Podemos dizer, com base nas citações feitas, que uma faixa com largura de 50 a 100m, com vegetação densa, produzirá efeitos favoráveis na atenuação de ruídos próprios do meio urbano.

Ainda baseando-se nas considerações feitas até aqui, pode-se tomar como medida principal de preservação de áreas sensíveis ao barulho, o afastamento das mesmas em relação às fontes emissoras de ruídos em excesso.

Assim, os diversos usos do solo devem ser devidamente distribuídos nas cidades, de forma a manter-se uma distância adequada entre as fontes de barulho e as áreas receptoras mais sensíveis ao ruído. Este afastamento variará em função dos níveis de som emitidos e dos valores recomendados para as zonas receptoras.

Entre o emissor e o receptor podem ser distribuídos outros usos menos sensíveis, de modo a interceptar a propagação do ruído. Por exemplo, entre indústrias com alto potencial de poluição acústica e uma zona residencial, podem ser colocadas outras indústrias não barulhentas, uma zona de uso comercial e de serviços, e uma área verde. Desta forma, poderão ser mantidos os níveis de ruídos recomendados para a zona residencial. Além da área verde, os prédios, dispostos adequadamente, constituirão importantes barreiras à propagação do som.

Assim, no zoneamento das cidades, os níveis de ruídos aceitáveis devem ser um parâmetro a ser considerado na definição dos diversos usos do solo. A cidade deve ser, então, zoneada com vários níveis recomendados para as diversas áreas, em função das atividades a serem desenvolvidas nas mesmas.

5.5.2.2 - Controle de ruídos do tráfego

O tráfego de veículos constitui uma das maiores fontes de barulho em uma área urbana. A intensidade dos sons resultantes do tráfego depende de vários fatores, tais como: tipo, quantidade e velocidade dos veículos; qualidade da pavimentação; fluxo do tráfego, com acelerações e desacelerações; característi

cas dos pneus dos carros.

Os veículos pesados, caminhões e ônibus, são os mais barulhentos, seguidos de motocicletas, carros esporte e outros veículos de passageiros.

O nível de ruídos produzidos em vias com tráfego pesado atinge, normalmente, de 70 a 90 dB(A).

Uma pesquisa realizada em Nova York, em 1970, medindo os níveis de som no exterior de janelas situadas no décimo sexto e décimo sétimo andares de três hotéis, revelou níveis de ruídos superiores a 100 decibéis, nas frequências de 4.800 a 10.000 Hz. (47)

É necessário, portanto, que este aspecto de emissão de ruídos seja considerado no projeto de vias de grande movimento de veículos. Assim, o planejador deve levar em conta a poluição acústica em áreas adjacentes a estas vias, procurando minimizar os seus efeitos sobre áreas residenciais e outras, através do adequado disciplinamento do uso do solo.

Várias medidas podem ser adotadas visando atenuar os efeitos do excesso de ruídos produzidos pelo tráfego de veículos, entre as quais destacamos:

- (1) Melhoria dos equipamentos dos veículos, visando reduzir a emissão de ruídos.
- (2) Restrições ao tráfego de veículos pesados em determinadas áreas da cidade, através de proibição total ou definição de horários permitidos à circulação dos mesmos.
- (3) Incentivo ao transporte coletivo, visando reduzir o número de veículos por passageiro.
- (4) Melhoria do fluxo de veículos, com o objetivo de evitar as acelerações e desacelerações, provocadoras de barulho.
- (5) Execução de barreiras à propagação do som, em vias com tráfego intenso. Estas barreiras podem ser executadas através de elevações do terreno (FIGURA 5.18) ou construídas em alvenaria, concreto ou madeira. Sob o aspecto visual, a primeira solução é a mais indicada, pois um tratamento paisagístico

co pode ser adotado, disfarçando a barreira. Porém, nem sempre se dispõe de espaço para este tipo de isolamento, nas vias já existentes, tendo-se mesmo que adotar os paredões.

- (6) Disciplinamento do uso do solo às margens de vias de grande circulação de veículos, considerando os aspectos de propagação do som. Assim, ao longo destas vias devem ser dispostas áreas de vegetação densa ou zonas de uso industrial e comercial. A disposição de prédios, de modo a constituírem barreiras à transmissão do ruído, é uma medida efetiva. Mesmo em vias locais de grande movimento, é recomendável destinar-se os prédios das quadras adjacentes às mesmas para usos industrial leve, comercial, de serviços, ou outros não sensíveis ao barulho, ficando as quadras seguintes para uso residencial e de lazer. O esquema apresentado na FIGURA 5.15, visando atenuar a poluição do ar, resultante de veículos, pode ser utilizado, também, como medida preventiva da poluição acústica.
- (7) Utilização de técnicas de isolamento na construção dos prédios, através da adoção de materiais adequados a não penetração dos sons. A orientação adequada da edificação em relação à fonte de ruídos pode ser muito válida. Afastando-se os compartimentos mais sensíveis ao barulho, vertical ou horizontalmente, pode-se conseguir níveis adequados de ruídos nestes locais.
- (8) Adoção de técnicas adequadas visando reduzir a propagação do som para áreas adjacentes a vias de tráfego intenso. O projeto adequado destas vias, utilizando cortes ou aterros espessos, nos trechos onde as mesmas atravessam áreas sensíveis à poluição acústica, contribui bastante para atenuar os efeitos indesejáveis do excesso de ruído. Na FIGURA 5,19, transcrita de (47), mostramos diversos tipos de projetos de vias de tráfego pesado, indicando as atenuações nos ruídos emitidos, para os diversos casos.

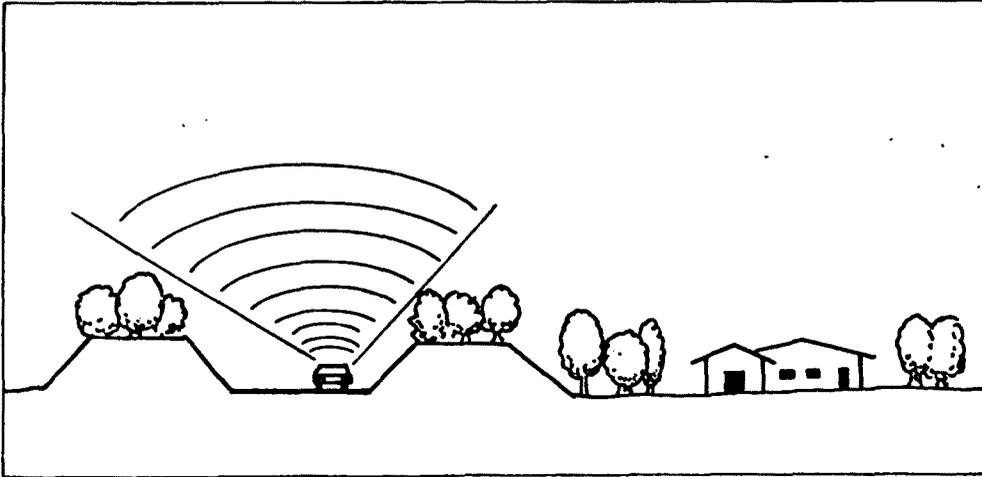


FIGURA 5.18

**EXEMPLO DE BARREIRA CONTRA A PROPAGAÇÃO DO SOM
RESULTANTE DE TRÁFEGO
INTENSO**

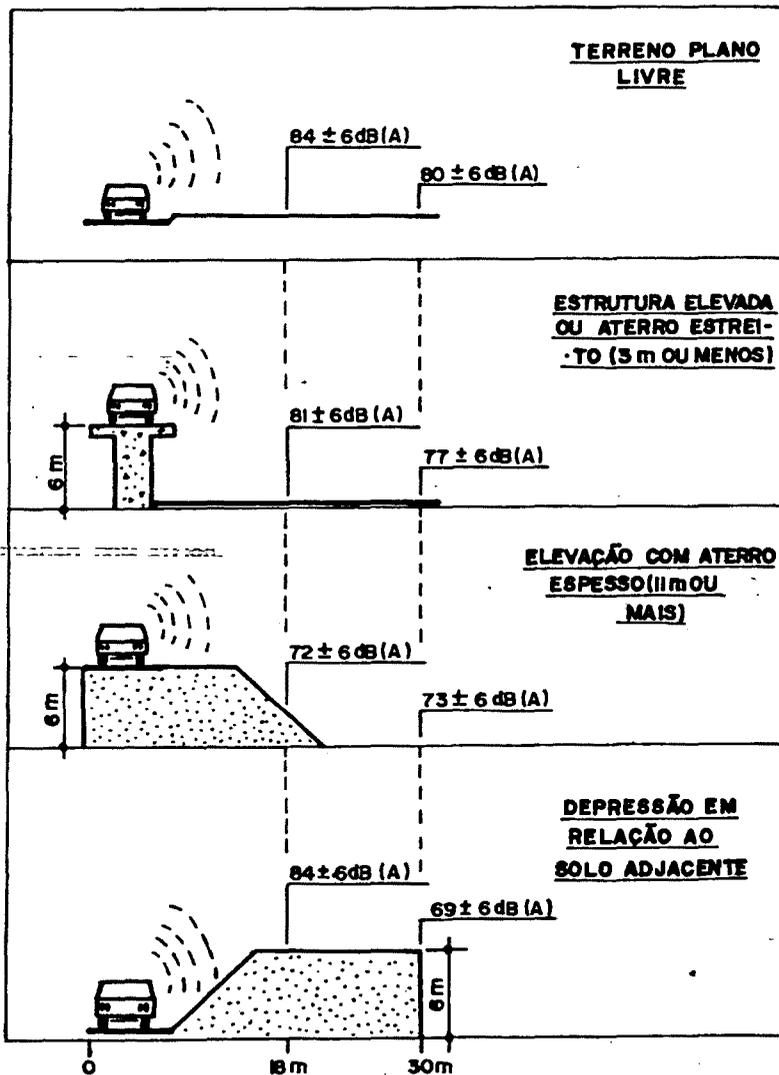


FIGURA 5.19

PROPAGAÇÃO DO SOM EM DIVERSAS SEÇÕES DE VIAS

5.5.2.3 - Controle de ruídos de aeroportos

A poluição acústica resultante do tráfego aéreo é um problema que tende a se agravar devido ao incremento desta forma de transporte, bem como por causa do crescimento rápido das áreas urbanas, com a conseqüente ocupação dos terrenos adjacentes - aos aeroportos. Aeroportos construídos distantes dos centros urbanos são, em pouco tempo, envolvidos por edificações que ficam sujeitas a níveis elevados de ruídos, os quais tendem a aumentar com o crescimento do movimento de aviões, para atender às necessidades da população.

Há ainda a considerar o problema dos heliportos, os quais, devido às facilidades de operação, aumentam nas grandes cidades, gerando inúmeros pontos emissores de barulho.

Faz-se necessária a adoção de medidas visando controlar esta modalidade de poluição. Como nos outros casos, os ruídos podem ser combatidos através de medidas de controle nas fontes de emissão ou por técnicas preventivas que garantam os níveis de ruído adequados nas áreas sensíveis.

Algumas destas medidas são enumeradas a seguir:

- (1) Redução do barulho na fonte (próprio aparelho) através de exigências a serem cumpridas pelos fabricantes e operadores de aviões.
- (2) Orientação das pistas e trajetórias de aterragem e decolagem de modo a evitar a maior incidência de ruídos nas áreas mais sensíveis.
- (3) Disciplinamento do horário de funcionamento do aeroporto, de forma a garantir o repouso da população no período noturno.
- (4) Disciplinamento da localização de heliportos, - proibindo-os nas proximidades de hospitais, escolas, casas de repouso, bibliotecas e outras atividades.
- (5) Construção de barreiras físicas contra a propagação do som. Nestes casos, podem-se aproveitar condições topográficas ou outras características naturais para a criação destas zonas de isolamento.

- (6) Isolamento das edificações já existentes nas áreas próximas a aeroportos e afetadas pelo barulho. Exigências, através do Código de Obras, para que as novas edificações próximas a aeroportos sejam construídas com dispositivos de isolamento contra ruídos.
- (7) Disciplinamento do uso do solo da área em torno do aeroporto, de modo que os usos sensíveis à poluição acústica não fiquem nas zonas de ruídos mais intensos.

Esta última medida é de grande importância pois, através do planejamento adequado da localização do aeroporto e do uso das áreas adjacentes ao mesmo, pode-se controlar a poluição acústica, evitando-se níveis elevados de ruídos em algumas áreas.

É possível determinar-se o impacto de um aeroporto existente sobre as áreas adjacentes, em termos de ruídos. Da mesma forma, pode-se estimar este impacto no futuro, com a sua expansão, bem como prever-se os efeitos de um aeroporto a ser construído em determinado local.

A Administração Federal da Aviação, dos Estados Unidos da América, utiliza um indicador do impacto de aeroportos sobre áreas adjacentes, em termos de ruídos, denominado de "Previsão de Exposição ao Ruído" (Noise Exposure Forecast - N.E.F.)

O N.E.F. é um fator composto que combina numerosos aspectos de operação de um aeroporto e de seu impacto sobre áreas adjacentes, tais como: tipo de aviões, trajetórias de vôos, número de operações por tipo, frequência e modelo de operação durante as vinte e quatro horas do dia.

O N.E.F. é expresso por um número e tem sido estabelecido nos Estados Unidos o seguinte critério com relação aos limites dos mesmos em função do uso do solo: N.E.F. igual ou superior a 40, não aceitável para uso residencial; N.E.F. igual ou inferior a 30, aceitável para uso residencial; N.E.F. entre 30 e 40, é aceitável o uso residencial, com restrições. (54)

Os pontos de mesmo N.E.F. em uma área adjacente e um aeroporto podem ser unidos em um gráfico, resultando num contorno que indica a zona sujeita a aquele impacto. Os valores mais al

tos de ruídos ocorrem nas proximidades das trajetórias de aterra
gem e decolagem. Deste modo, a forma deste contorno é, geralmen
te, uma elipse estreita e alongada.

Na FIGURA 5.20 apresentamos um exemplo de "Previsão de Exposição ao Ruído" em um aeroporto, indicando dois contor
nos, sendo o interno para N.E.F. igual a 40 e o externo para N.E.F. igual a 30.

Assim, em um planejamento do uso das áreas adjacentes a este aeroporto, seria recomendado o uso residencial (e outros sensíveis) somente no exterior da linha de N.E.F. igual a 30. En
tre o aeroporto e este contorno (para N.E.F. superior a 30) pode
riam ser definidos outros usos compatíveis com o ruído mais in
tenso, tais como: cinturões verdes; uso agrícola, uso industrial e comercial, armazéns e depósitos, vias de acesso ao aeroporto, etc.

A determinação do N.E.F. é feita através de técnica sofisticada geralmente não disponível na maioria dos aeroportos.

Mesmo não sendo possível determinações deste tipo, de
ve-se planejar o uso do solo nas áreas adjacentes aos aeropor
tos, principalmente nas zonas mais próximas das rotas de aterra
gem e decolagem, estimando-se os impactos em termos de ruídos.

Assim, na definição de um local para construção de um aeroporto, devem ser considerados:

- Afastamento adequado das áreas residenciais e de ou
tros usos sensíveis: superior a 2.000 metros, depen
dendo do porte do aeroporto.
- Controle rigoroso do uso do solo nas proximidades, através de mecanismos legais que impeçam a ocupa
ção, por residências, das áreas afetadas.
- Definição de usos compatíveis, através da elabora
ção de um Plano de Uso do Solo nas vizinhanças do aeroporto.
- Previsão de áreas para futuras ampliações do aero
porto, sem comprometer as zonas de proteção.
- Aproveitamento, se possível, das condições topogrâ
ficas e outras características naturais que dificul
tem a propagação do som.

- Estabelecimento, sempre que possível, de rotas de decolagem e aterragem, de modo a preservar as áreas mais sensíveis.

A FIGURA 5.21 é um exemplo de disciplinamento do uso do solo visando preservar o impacto dos ruídos emitidos em um aeroporto, sobre áreas sensíveis. É claro que as soluções podem variar, dependendo das características locais. No entanto, o princípio é um só: afastar do aeroporto, o máximo possível, as áreas sensíveis ao ruído intenso, através de um disciplinamento adequado do uso do solo. Este controle deve ser mais rigoroso às margens das rotas de aterragem e decolagem.

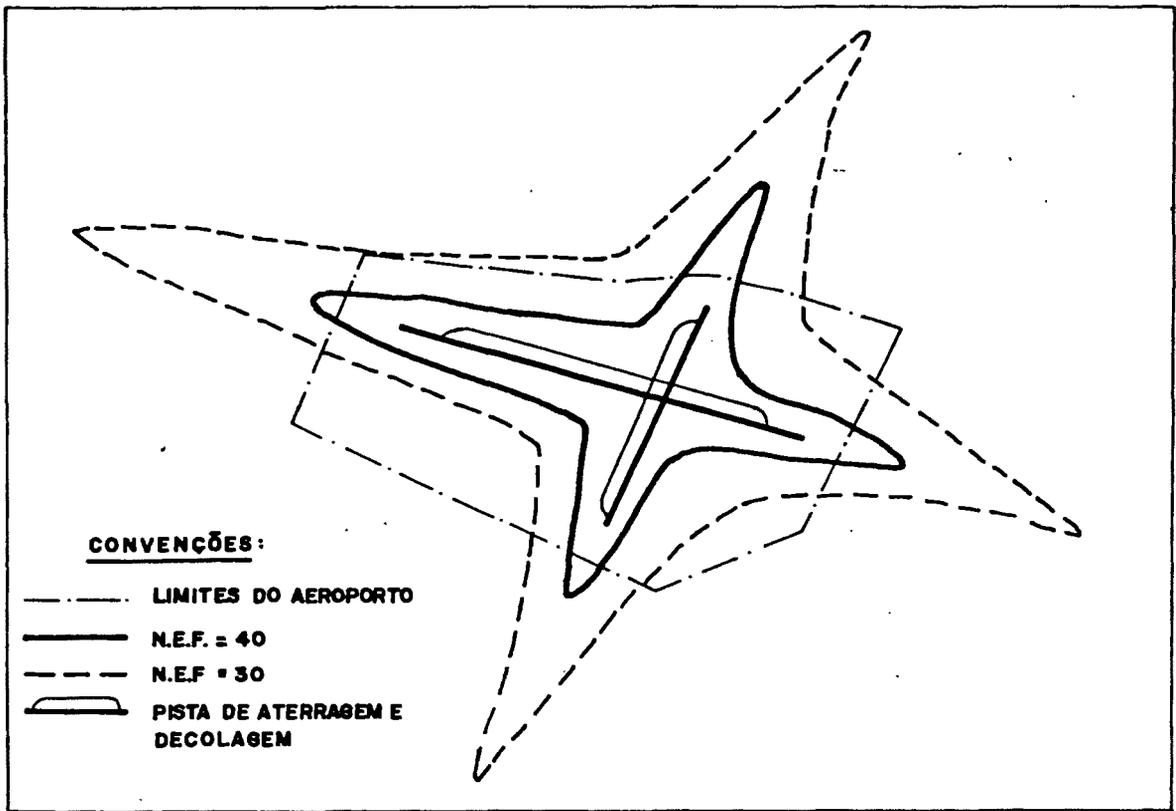
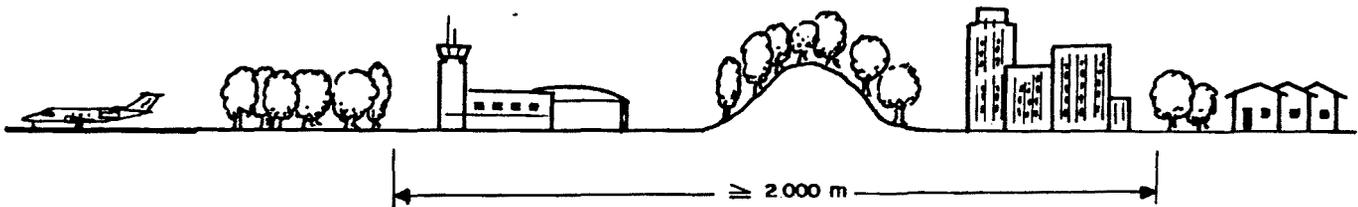


FIGURA 5.20

CURVAS DE "PREVISÃO DE EXPOSIÇÃO AO RUÍDO (N.E.F. - " NOISE EXPOSURE FORECAST")



AEROPORTO ATUAL	ÁREA DE EXPANSÃO FUTURA	SERVIÇOS DE APOIO AO AEROPORTO (DAS COMPANHIAS AÉREAS)	CINTURÃO VERDE - VEGETAÇÃO NATURAL. - USO AGRÍCOLA - VIAS DE ACESSO	USO COMERCIAL, DE SERVIÇOS, INDUSTRIAL LEVE, ARMAZÉNS, VIAS PÚBLICAS.	USO RESIDENCIAL E OUTROS SENSÍVEIS
-----------------	-------------------------	--	--	---	------------------------------------

FIGURA 5.21

EXEMPLO DE DISCIPLINAMENTO DO USO DO SOLO NAS VIZINHANÇAS DE UM AEROPORTO, VISANDO MINIMIZAR O IMPACTO DO RUÍDO EM ÁREAS SENSÍVEIS

5.6 - Uso do solo e controle dos recursos de valor paisagístico, ambiental e cultural

A ocupação do solo urbano feita se integrando ao ambiente natural, é a maneira indicada para preservação da paisagem e, portanto, para o controle da poluição visual resultante da desfiguração do meio urbano.

Embora de caráter bastante subjetivo, é possível identificar-se áreas de grande valor paisagístico, as quais deverão ser ocupadas de forma planejada, aproveitando-se as características naturais do meio.

Sendo impossível a desapropriação de todas estas áreas, a sua preservação é conseguida através do controle de sua ocupação, fazendo-se com que isto ocorra de forma a causar o mínimo possível de desfiguração da paisagem.

É claro que as medidas de controle dependem, basicamente, das características próprias de cada área a planejar. No entanto, algumas medidas, de um modo geral, são aplicáveis em várias situações, entre as quais citamos:

- (1) A disposição natural do solo deve ser mantida ao máximo, pois os movimentos de terra - escavações e aterros - são, normalmente, acompanhados de desmatamentos, muitas vezes despojando o local de sua vegetação natural própria.
- (2) As condições naturais de drenagem das águas devem ser mantidas, sempre que possível, pois, além das consequências indesejáveis, tais como a ocorrência de inundações, estes cursos naturais de escoamento, quando preservados, constituir-se-ão corredores verdes de grande valor visual.
- (3) A vegetação natural deve ser mantida, ou alterada o mínimo possível. Já enumeramos as diversas funções das áreas verdes em uma cidade. Aqui, acrescentamos esta qualidade de grande valor visual proporcionado pelas mesmas. (FIGURA 5.22a)
- (4) As construções, em locais de grande valor estético, devem ser feitas de modo a integrarem-se à

paisagem, com taxas de ocupação bem baixas, garantindo-se, assim, grandes áreas livres. (FIGURA 5.22a)

Uma forma de controle é permitir um maior adensamento em zonas onde a preservação não se faz necessária, exigindo-se baixas densidades populacionais - lotes grandes, com pequena taxa de ocupação - nas áreas a serem protegidas.

(5) Em terrenos acidentados, às vias públicas devem ser construídas acompanhando o contorno natural do terreno, de modo a propiciar as vistas mais variadas.

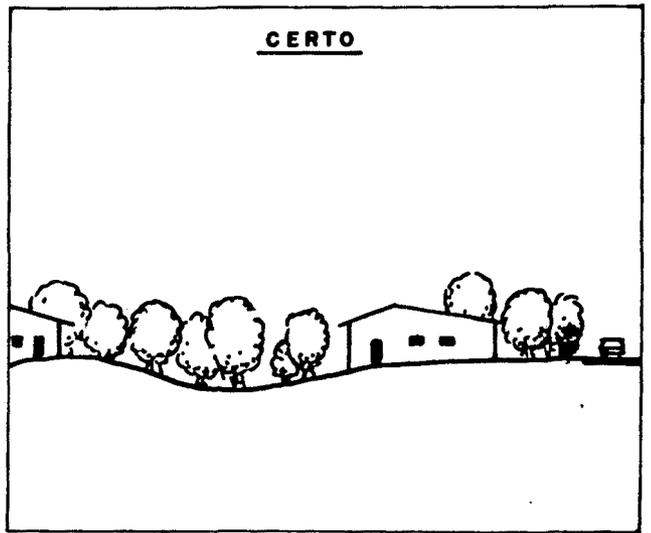
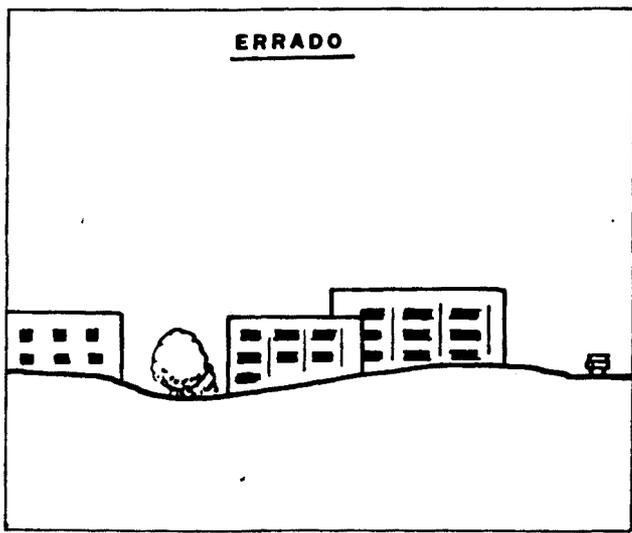
(6) As vistas públicas devem ser mantidas, não se permitindo construções elevadas, em locais onde se pode desfrutar de uma bonita paisagem. (FIGURA 5.22b)

Isto é conseguido proibindo-se construções em determinados locais ou fixando-se alturas máximas para as edificações nestas áreas.

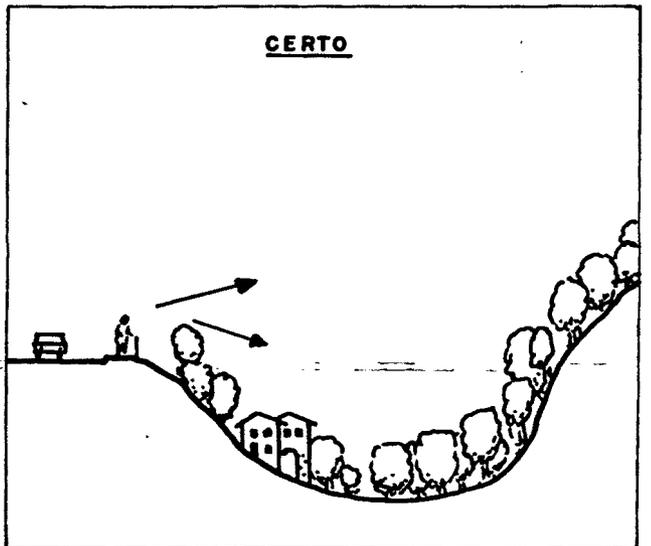
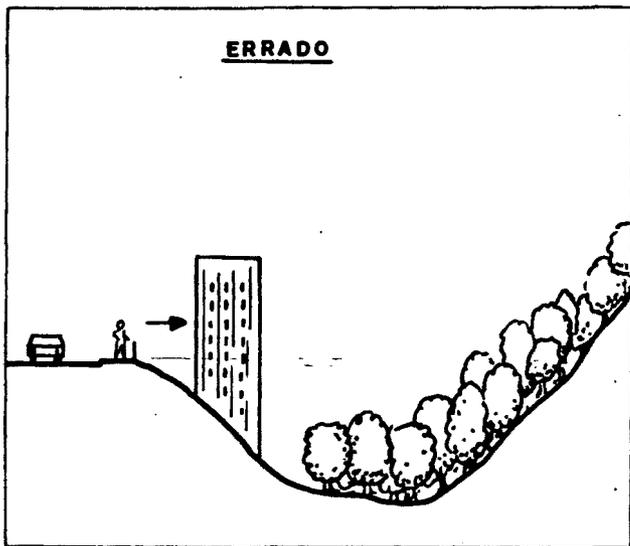
(7) Podem ser utilizadas elevações naturais do terreno e recuos dotados de tratamento paisagístico, para isolar áreas residenciais de vias de grande movimento, atenuando-se assim, inclusive de modo psicológico, os efeitos da poluição do ar e acústica. Com isto, é mantida, também, a privacidade das pessoas, isoladas pela barreira natural. (FIGURA 5.22c)

(8) Os equipamentos urbanos devem ser dispostos adequando-se às características do meio e integrando-se, o máximo possível, à paisagem natural.

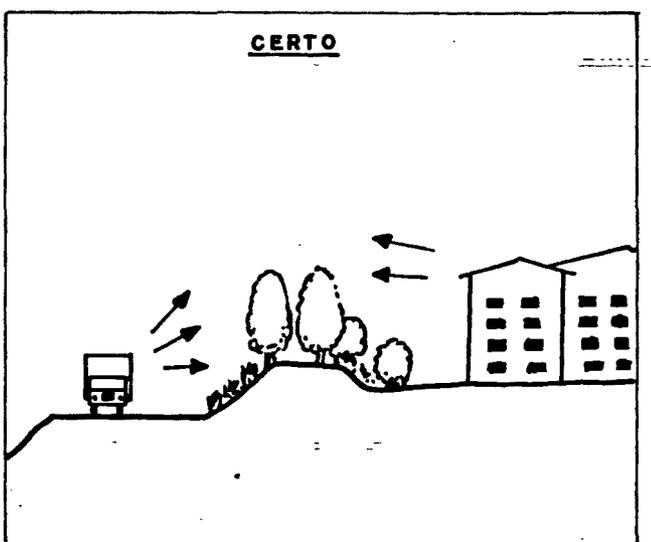
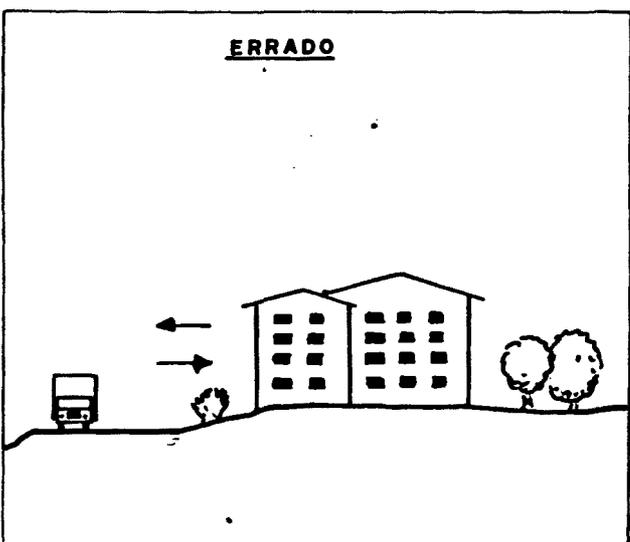
Reconhecemos ser bastante difícil o controle da poluição visual, através de regulamentação, pelas peculiaridades próprias de cada local, bem como devido o caráter bastante subjetivo da mesma. No entanto, um planejamento urbano que considere este aspecto pode, através de algumas medidas, contribuir para a preservação de áreas de valor paisagístico, evitando a sua desfiguração.



(a) PRESERVAÇÃO DA VEGETAÇÃO - INTEGRAÇÃO À PAISAGEM



(b) PRESERVAÇÃO DE VISTAS PÚBLICAS



(c) ISOLAMENTO ATRAVÉS DE RECURSOS PAISAGÍSTICOS

FIGURA 5.22

EXEMPLOS DE OCUPAÇÕES CERTAS E ERRADAS DO SOLO, EM TERMOS DE ASPECTOS VISUAIS

São exemplos destas medidas:

- aquisição de áreas para preservação.
- zoneamento, definindo estas áreas como locais de baixa densidade (baixas taxas de ocupação).
- legislação de controle da erosão, movimentos de terra, desmatamentos, e outras atividades correlatas.
- definição, quando da aprovação de loteamentos, das áreas a permanecerem livres e da distribuição dos lotes e vias públicas.
- limitações em termos de altura das edificações.
- controle, na fase de aprovação de projetos, quando deverá ser exigida a manutenção, máxima possível, das características naturais do terreno.

A preservação da qualidade visual está bastante associada à proteção de algumas áreas com características próprias, sob o ponto de vista ambiental e cultural. São recursos existentes no meio urbano, naturais ou colocados pelo homem, os quais, pela grande importância dentro do meio, devem ser preservados ou ocupados ordenadamente. Algumas destas áreas são:

- coleções superficiais de água e respectivas áreas de inundações
- áreas alagadas
- locais com vegetação intensa
- encostas
- áreas de recarga de aquíferos
- locais de valor histórico-cultural
- outros recursos naturais

Todas estas áreas devem ser identificadas e mapeadas, para fins de proteção. A FIGURA 5.23 é um exemplo de um mapa mostrando áreas de valor ambiental, sujeitas a disciplinamento rigoroso do uso do solo.

- (a) Coleções superficiais de água e respectivas áreas de inundações

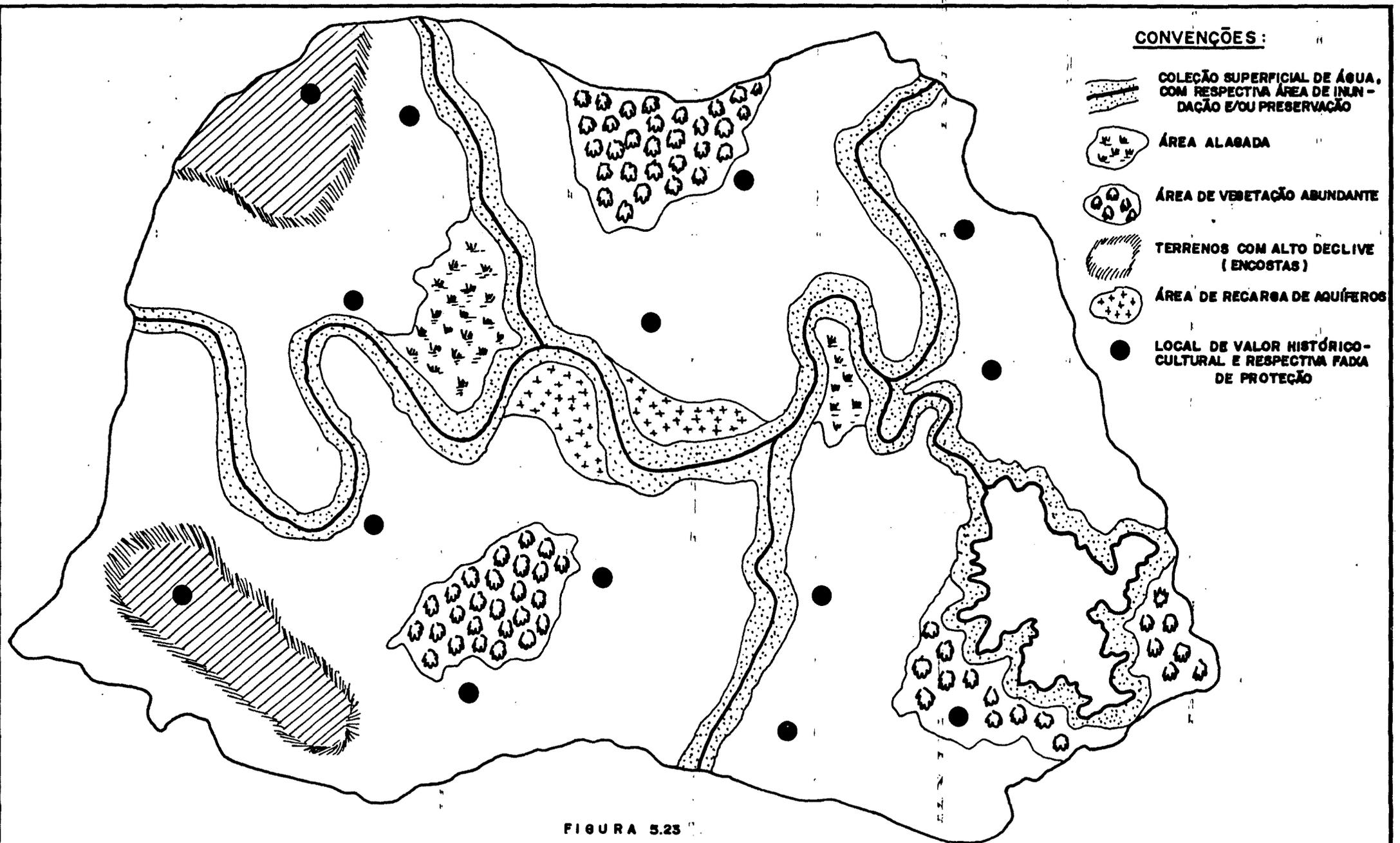


FIGURA 5.23

EXEMPLO DE MAPA INDICATIVO DE ÁREAS DE VALOR PAISAGÍSTICO, AMBIENTAL E HISTÓRICO-CULTURAL

A preservação da água superficial e áreas adjacentes foi discutida no ítem 5.3.3. Conforme vimos, isto é conseguido a través de faixas de proteção e do disciplinamento do uso do solo na bacia hidrográfica, principalmente nas proximidades das coleções de água.

(b) Áreas alagadas

Os alagados ou pântanos, são, normalmente, áreas de baixa topografia, com drenagem precária. Podem ser definidos como zonas de transição entre um terreno seco e uma coleção superficial de água.

Estas áreas podem ter grande valor natural, sendo algumas de suas funções:

- afetam a qualidade da coleção de água adjacente, - pois retêm as impurezas das águas de escoamento antes que elas alcancem as formações hídricas superficiais.
- moderam o fluxo d'água do escoamento superficial, - funcionando como controladoras de inundações.
- têm papel ecológico importante pois proporcionam - condições de vida para variadas espécies de vegetais e animais.
- funcionam como áreas de recarga ou descarga do lençol freático.

A preservação de uma área deste tipo é conseguida a través da aquisição total da mesma, o que nem sempre é possível, ou por meio do disciplinamento do uso do solo, inclusive nas suas margens. Conforme vimos anteriormente, esta área pode ser incluída dentro da faixa de preservação, de largura variável, de reursos hídricos superficiais, conforme indicado no ítem 5.3.3.1.

Os usos recomendados para estes locais são: práticas de conservação; proteção de espécies de valor ecológico; recreação; ancoragem de barcos; operação de barragens e outros dispositivos de controle da água; algumas atividades agrícolas, pastagens e jardinagem.

(c) Áreas de vegetação

Já mostramos, por diversas vezes, a importância da vegetação no meio ambiente. Além de tudo isto, ela representa importante papel do ponto de vista paisagístico.

Associando-se as áreas verdes com outras finalidades, tais como a recreação, proteção da erosão, preservação das mãrgens de recursos hídricos, barreiras contra a poluição do ar, e acústica; corredores de circulação do ar, entre outras, pode-se dotar um meio urbano de grandes áreas com vegetação, de excelente valor estético.

Quando não for possível a desapropriação destas áreas, o disciplinamento do uso do solo será a ferramenta mais eficiente para a sua preservação.

Os usos recomendados para estas áreas são: conservação; estudos e pesquisas ecológicas; recreação ativa ou passiva; composição de paisagem; uso agrícola, sem grandes desmatamentos; edificações, com baixa taxa de ocupação: no máximo igual a 0,20, devendo o restante da área permanecer na condição natural.

(c) Encostas

No ítem 5.2.2 indicamos diversas medidas de planejamento do uso do solo visando a proteção da erosão em terrenos com alta inclinação. A adoção das mesmas contribui consideravelmente para a preservação da paisagem natural.

Assim, a proteção destas áreas é conseguida através do uso adequado do solo, sendo recomendados: vegetação; áreas de recreação; ou ocupação a baixas densidades, variáveis com a inclinação do terreno. (Ver FIGURA 5.3).

(e) Áreas de recarga de aquíferos

Um aquífero é recarregado a partir de outros aquíferos adjacentes ou pela infiltração da água de superfície, oriunda de coleções superficiais, de alagados, ou da precipitação pluviométrica.

Podem ser identificadas zonas de terreno por onde é feita a infiltração da água a partir da superfície, as quais são chamadas de "áreas de recarga de aquíferos".

O processo de urbanização pode causar a impermeabilização destas áreas, devido às construções e pavimentações, reduzindo, portanto, a quantidade de água infiltrável.

Assim, no planejamento do uso do solo devem ser identificadas as áreas de recarga dos aquíferos de utilização potencial, as quais devem ser tratadas adequadamente. Muitas vezes, estas áreas coincidem com as zonas de inundações adjacentes aos recursos hídricos superficiais. Porém, nem sempre isto acontece, havendo necessidade do conhecimento geológico do local.

A melhor forma de proteger áreas de recarga de aquíferos é mantê-las livres, totalmente ou em grande parte. Para isto, as mesmas devem ser destinadas a usos leves, com baixa ocupação; áreas de recreação; trechos de composição paisagística; ou usos com baixa taxa de ocupação - no máximo igual a 0,10.

(e) Locais de valor histórico e cultural

Em um programa de promoção da qualidade visual de um centro urbano, devem ser identificados e preservados os locais - de valor histórico e cultural: monumentos históricos; edificações de valor patrimonial; áreas de ocorrências históricas; estruturas artísticas, etc.

Estes locais, associados aos demais elementos paisagísticos de uma cidade, compõem, em conjunto, os recursos visuais que constituirão a beleza do meio.

Muitas vezes, além da edificação em si, devem ser preservadas áreas em torno das mesmas, de modo a garantir sua proteção e ressaltar suas qualidades visuais. Estas faixas de proteção devem ser definidas em acordo com os órgãos responsáveis pela administração do patrimônio histórico.

(f) Outros recursos naturais

Além dos recursos naturais já citados, outros podem ser incluídos em um programa de preservação ou ocupação ordenada: dunas, estuários, mangues, etc. Cada local tem as suas características naturais próprias, cabendo ao planejador definir as medidas visando a sua preservação.

6. Metodologia de Planejamento Urbano visando a preservação do meio ambiente

6.1 - Etapas do planejamento

O planejamento urbano visando a preservação do meio ambiente deve, obviamente, seguir a mesma sistemática da planificação, desenvolvendo-se através de diversas fases, desde o diagnóstico até a implantação e avaliação.

No entanto, ênfase maior deve ser dada aos aspectos ambientais, através do levantamento das características naturais da área em estudo, da situação existente em termos de qualidade ambiental e da estimativa dos possíveis impactos sobre o ambiente, tudo dentro de uma sistemática de preservação.

O planejamento deve compreender, então, as seguintes fases:

- (1) - LEVANTAMENTO DE DADOS
- (2) - DIAGNÓSTICO
- (3) - FORMULAÇÃO DE OBJETIVOS
- (4) - ELABORAÇÃO DE PLANO DE USO DO SOLO
- (5) - EXECUÇÃO
- (6) - AVALIAÇÃO

A primeira etapa, do LEVANTAMENTO DE DADOS, compreende a coleta de informações sobre a situação existente da área de estudo, devendo constar de:

- a) Condições climáticas
 - Precipitação
 - Insolação
 - Direção e velocidade dos ventos
 - Condições das camadas atmosféricas
- b) Topografia
 - Levantamento plani-altimétrico
 - Declividade dos terrenos
 - Posição de vales e elevações

c) Geologia

- Tipos de solo
- Características dos solos: permeabilidade, porosidade
- Níveis do lençol freático
- Solos problemas

d) Hidrologia

- Recursos hídricos superficiais
- Recursos hídricos subterrâneos. áreas de recarga
- Estudos de bacias hidrográficas
- Alagados, pântanos, mangues, etc.
- Ciclo hidrológico
- Drenagem
- Áreas sujeitas a inundações

e) Outros recursos naturais

- Vegetação
- Áreas de valor ecológico
- Áreas de valor paisagístico

f) Locais de valor histórico-cultural

g) Qualidade ambiental existente

- Condições de poluição. Levantamentos de áreas críticas
- Padrões de qualidade ambiental
- Legislações em vigor

h) Infra-estrutura sanitária existente e/ou projetada

- Abastecimento de água
- Coleta e tratamento de esgotos domésticos e industriais
- Coleta, transporte, tratamento e/ou destino final dos resíduos sólidos
- Drenagem de águas pluviais

i) Uso do solo existente e/ou projetado

- Zoneamento
- Lei de loteamento. Loteamentos já aprovados
- Planos Diretores

É óbvio que muitas outras informações são necessárias

para o planejamento de uma área urbana, conforme pode ser constatado nas publicações específicas sobre o assunto. Aqui, destacamos apenas os dados que interessam ao planejamento visando a preservação ambiental. Mesmo sob este aspecto, muitas outras informações poderão ser necessárias, dependendo de cada caso específico, ajustando-se às circunstâncias físicas, econômicas, sociais e políticas do local.

A partir dos dados coletados é feito o DIAGNÓSTICO da situação existente, o qual, sob o nosso aspecto de interesse, deve avaliar as condições ambientais, identificando:

- Áreas consideradas próprias ou impróprias para ocupação urbana.
- Condições de poluição: características dos recursos hídricos, comparadas com os padrões já estabelecidos ou desejados; classificação dos corpos d'água; teores de poluentes atmosféricos; níveis de ruídos; poluição visual.
- Principais fontes de poluição do solo, ar, água, acústica e visual.
- Recursos naturais já sujeitos a degradação
- Identificação dos usos de maiores impactos ambientais.
- Necessidades básicas, em termos de infra-estrutura sanitária.
- Áreas de possível expansão da cidade. Loteamentos já aprovados.
- Barreiras ao crescimento da cidade, incluindo limitações naturais e limitações impostas pelo homem.

Depois do diagnóstico segue-se a fase de FORMULAÇÃO DE OBJETIVOS, na qual serão definidas as metas a serem alcançadas, tais como:

- Áreas a serem ocupadas por usos urbanos.
- Recursos que deverão ser preservados.
- Áreas a serem atendidas por infra-estrutura sanitária.

- Padrões de qualidade ambiental a serem alcançados.
- Usos indicados para as diferentes zonas, em função das características ambientais das mesmas.
- Intensidade de ocupação de cada zona
- Legislações de controle ambiental a serem elaboradas.

A fase seguinte é a de ELABORAÇÃO DO PLANO DE USO DO SOLO propriamente dito. Nesta etapa, serão definidos os mecanismos para que sejam alcançados os objetivos estabelecidos previamente.

De um modo geral, podemos dizer que o Plano deve definir os diferentes usos do solo urbano, em função das características dos recursos naturais e de modo a causar o menor impacto possível sobre as áreas mais sensíveis ao processo de urbanização e/ou de maior valor ambiental. Deve estabelecer as diversas técnicas e os parâmetros urbanísticos a serem aplicados para alcançar estes objetivos.

O Plano de Uso do Solo deve considerar, além dos aspectos ambientais, o relacionamento dos mesmos com os fatores econômicos, sociais e políticos, de modo a não se dissociar da realidade do local.

Passa-se, então, à fase de EXECUÇÃO do Plano, a qual deve ser permanentemente acompanhada de AVALIAÇÃO, para adoção dos ajustes que se fizerem necessários.

Nenhum plano deve ser um instrumento rígido, mas sim, flexível, de modo a adaptar-se às circunstâncias imprevistas na fase de elaboração do mesmo.

A avaliação deverá ser contínua e, a partir dela, serão processadas mudanças nas outras fases anteriores do planejamento.

A FIGURA 6.1 mostra, de forma resumida, as diversas etapas do planejamento do uso do solo urbano visando a preservação do meio ambiente.

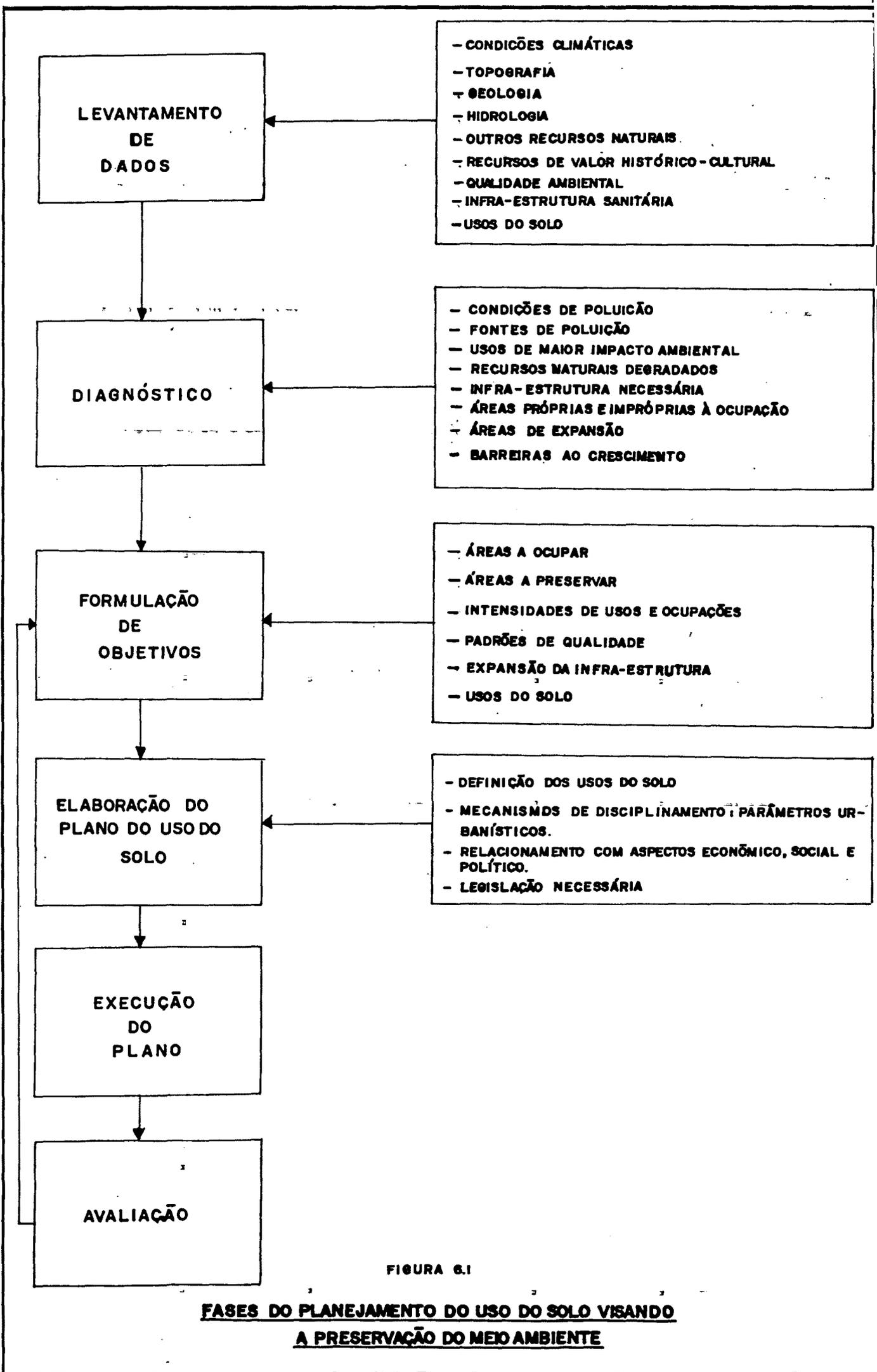


FIGURA 6.1

FASES DO PLANEJAMENTO DO USO DO SOLO VISANDO A PRESERVAÇÃO DO MEIO AMBIENTE

6.2 - Sistemática de controle

6.2.1 - Aspectos legais e institucionais

De acordo com HELY LOPES MEIRELLES, a preservação dos recursos naturais pode ser feita através de dois modos: pelas limitações administrativas de uso do solo, ou pela desapropriação.

Diz o referido autor:

"A preservação dos recursos naturais, assim entendidos todos os elementos da Natureza que mantêm o equilíbrio ecológico e a vida em nosso planeta, é dever do Estado e apoia-se no domínio eminente que ele exerce sobre todas as coisas que se encontram em seu território. Mas, como domínio eminente não é domínio-patrimonial, o Estado não tem o direito de propriedade de sobre todos os bens de seu território, podendo apenas condicionar o uso da propriedade particular para cumprimento de sua função social (Constituição da República, art. 160, III), ou retirá-la compulsoriamente de seu dono, por utilidade pública ou interesse social, através de desapropriação, com justa e prévia indenização (art. 153, § 22)".

"Assim, a preservação dos recursos naturais se faz por dois modos: pelas limitações administrativas de uso, gerais e gratuitas, sem impedir a normal utilização econômica do bem, nem retirar a propriedade do particular, ou, pela desapropriação, individual e remunerada de determinado bem, transferindo-o para o domínio público e impedindo a sua destruição ou degradação". (33)

O disciplinamento do uso-ocupação do solo é, de modo geral, de competência dos três níveis de governo: federal, estadual e municipal.

A Constituição do Brasil estabelece como de competência da União: executar planos regionais de desenvolvimento; legislar sobre a preservação ou recomposição da vegetação e da estabilidade das encostas, bem como sobre jazidas, minas e outros re

ursos naturais; proteger os locais de valor histórico ou artístico, os monumentos e paisagens naturais e as jazidas arqueológicas.

Em termos de preservação do meio ambiente, o Decreto-Lei federal nº 1413, de 14 de agosto de 1975, dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente provocada por atividades industriais, obrigando as indústrias instaladas ou a se instalarem no território nacional a promover as medidas necessárias a prevenir ou corrigir os inconvenientes e prejuízos causados pela poluição.

A Secretaria Especial do Meio Ambiente - SEMA, subordinada ao Ministério do Interior, foi criada em 1973, visando a conservação do meio ambiente e o uso racional dos recursos naturais. Este órgão já elaborou algumas legislações de preservação e controle da poluição, estabelecendo padrões de qualidade do ar e da água e, de alguma forma, influenciando no disciplinamento do uso do solo. (35)

A SEMA elaborou, também, legislação visando controlar a poluição causada pelos resíduos sólidos, através da Portaria nº 053, do Ministério do Interior, de 01 de março de 1979.

Outro controle a nível federal é o das bacias hidrográficas, as quais, muitas vezes, são constituídas por áreas de diversos Estados.

A administração integrada de bacias hidrográficas vem sendo feita, já há algum tempo, em alguns países desenvolvidos, relacionando o uso da água com o do solo.

No Brasil, este controle é recente e somente a partir de 1979 foi instituído o Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas, visando acompanhar o planejamento físico e propor medidas disciplinadoras do uso do solo e da água nessas áreas. Alguns Comitês Executivos, a nível de cada bacia hidrográfica, encontram-se implantados, tais como os das Bacias do Paraíba do Sul, Paranapanema, Guáíba e Jari.

Consideramos da maior importância este disciplinamento, de forma integrada, das bacias hidrográficas, pois sabemos que a qualidade da água de um recurso hídrico depende, basicamente, do uso do solo na área de sua bacia.

Mais recentemente, foi sancionada a Lei Federal nº. 6.766, de 19 de dezembro de 1979, dispondo sobre o parcelamento

do solo urbano. A seguir, destacamos alguns aspectos da referida legislação:

- (1) Não será permitido o parcelamento do solo:
 - a) em terrenos alagadiços e sujeitos a inundações, antes de tomadas as providências para assegurar o escoamento das águas;
 - b) em terrenos que tenham sido aterrados com material nocivo à saúde pública, sem que sejam previamente saneados;
 - c) em terrenos com declividade igual ou superior a 30%, salvo se atendidas exigências específicas das autoridades competentes;
 - d) em terrenos onde as condições geológicas não aconselham a edificação;
 - e) em áreas de preservação ecológica ou naquelas onde a poluição impeça condições sanitárias suportáveis, até a sua correção.
- (2) Ao longo das águas correntes será obrigatório a reserva de uma faixa non aedificandi de 15 (quinze) metros de cada lado, salvo maiores exigências da legislação específica.
- (3) A percentagem de áreas públicas destinadas a sistemas de circulação, de equipamento urbano e comunitário, bem como a espaços livres de uso público, será proporcional à densidade de ocupação prevista para a gleba, não podendo ser inferior a 35% da gleba, salvo nos loteamentos destinados ao uso industrial cujos lotes forem maiores de 15.000m^2 , caso em que a percentagem poderá ser reduzida.
- (4) Caberão aos Estados o exame e a anuência prévia para a aprovação, pelos Municípios, de loteamento e desmembramento nas seguintes condições:
 - a) quando localizados em áreas de interesse especial, tais como as de proteção aos mananciais ou ao patrimônio cultural, histórico, paisagís

tico e arqueológico, assim definidas por legislação estadual ou federal;

b) Quando o loteamento ou desmembramento localizar-se em área limítrofe de município ou que pertença a mais de um município, nas regiões metropolitanas ou em aglomerações urbanas, definidas em lei estadual ou federal;

c) quando o loteamento abranger área superior a um milhão de metros quadrados.

No caso de loteamento ou desmembramento localizado em área de município integrante de região metropolitana, o exame e a anuência prévia à aprovação de projeto caberá à autoridade metropolitana.

Como vemos, a Lei Federal nº 6.766 dispõe sobre o parcelamento do solo urbano, atribuindo maior competência aos Estados, principalmente nos casos de áreas especiais de proteção. É, sem dúvida, um instrumento legal eficiente que os Estados e Municípios dispõem para preservar áreas de valor ambiental, cultural, histórico, paisagístico e arqueológico.

De acordo com a referida Lei, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios poderão estabelecer normas complementares relativas ao parcelamento do solo municipal para adequar o previsto nesta legislação às peculiaridades regionais e locais.

A competência estadual de legislar sobre o uso do solo ganhou maior amplitude a partir da Lei Complementar Federal nº 14, de 08 de junho de 1973, a qual considerou como interesse metropolitano alguns serviços comuns aos municípios que integram cada região, entre os quais: o uso do solo metropolitano; o planejamento integrado do desenvolvimento econômico e social; o aproveitamento dos recursos hídricos e controle da poluição ambiental, na forma que dispuser a lei federal.

Com base nesta lei, alguns Estados brasileiros já legislaram sobre o uso do solo visando a preservação dos recursos hídricos, em áreas metropolitanas. Já foram, também, aprovadas leis sobre zoneamento industrial.

Observa-se uma tendência de aumentar a competência da União e dos Estados no controle do uso do solo, principalmente vi

sando a preservação ambiental.

No entanto, ainda é muito ampla a competência municipal de disciplinamento do uso-ocupação do solo. A definição do zoneamento, o controle específico do parcelamento do solo, bem como a fixação de parâmetros urbanísticos - tais como dimensões mínimas de lotes; recuos; índices de aproveitamento, ocupação e elevação; porcentagens de áreas livres ou destinadas a usos comunitários, entre outros - são atribuições próprias da esfera municipal.

De modo geral, as legislações de disciplinamento de uso-ocupação do solo, a nível dos municípios, podem representar importante papel na preservação do meio ambiente urbano.

Conforme já dissemos, o melhor disciplinamento do uso do solo é aquele que considera os aspectos ambientais, apoiando-se em princípios de saneamento.

Desta forma, o órgão de planejamento e controle do uso do solo urbano deve trabalhar de forma integrada com o responsável pela preservação e controle do meio ambiente, tendo, ambos, o mesmo objetivo final: a melhor qualidade de vida.

Estes dois organismos se integrarão aos outros responsáveis pelos serviços públicos da cidade. (FIGURA 6.2)

Alguns exemplos da necessidade deste interrelacionamento podem ser citados:

- Os serviços de infra-estrutura sanitária devem ser usados como limitantes ou impulsionadores do desenvolvimento de determinada área, cabendo ao órgão de planejamento, em comum acordo com o de preservação ambiental, definir os locais mais propícios à ocupação urbana.
- A localização de um aterro sanitário ou de outra instalação para tratamento e/ou destino final do lixo deve ser feita levando em conta aspectos de preservação da qualidade do meio e fatores urbanísticos, entre outros.
- O ordenamento do sistema de transportes considerando aspectos ambientais é uma medida importante no controle da poluição do ar e/ou acústica.

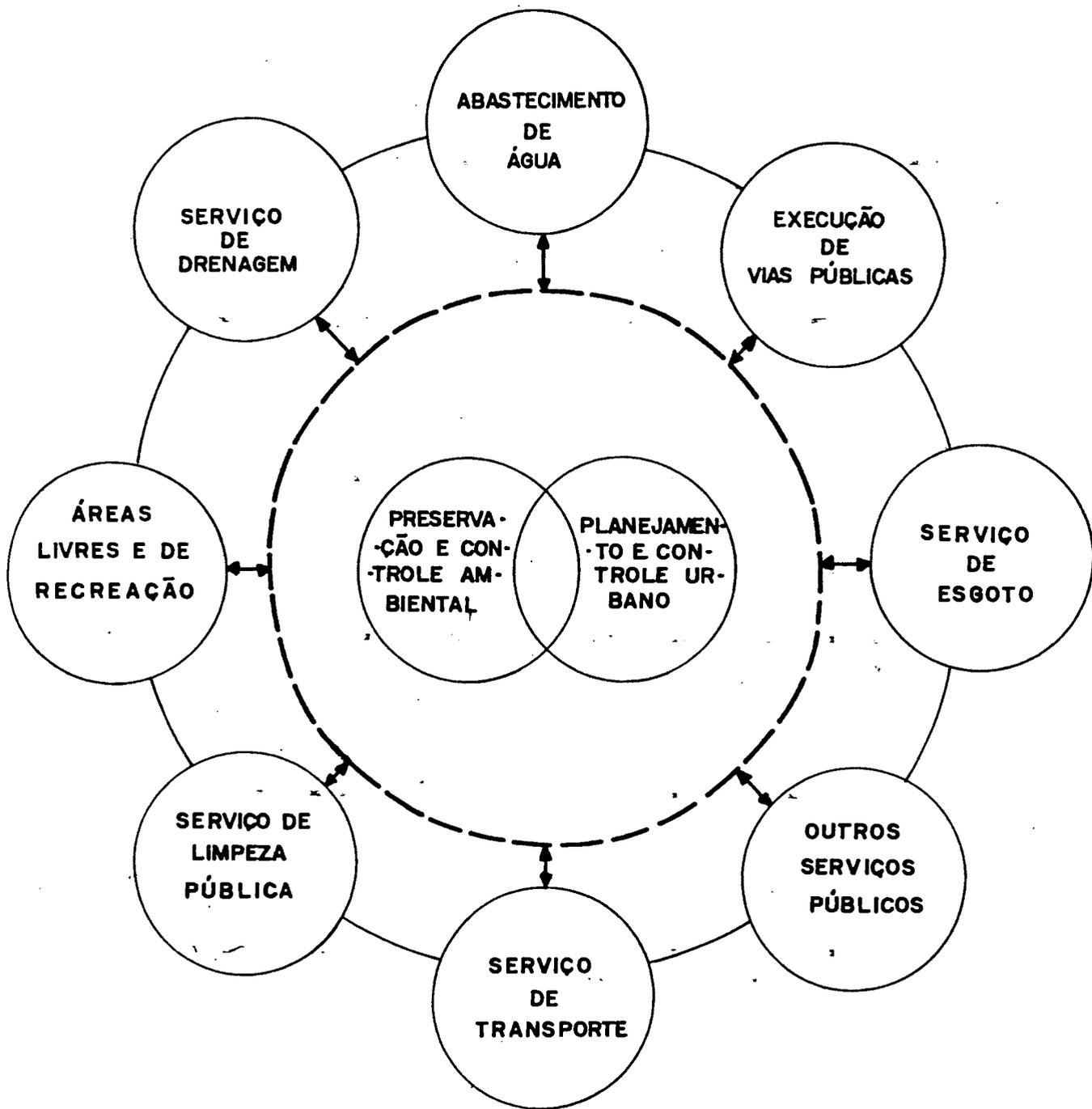


FIGURA 6.2

**INTEGRAÇÃO ENTRE ÓRGÃOS DE PLANEJAMENTO URBANO,
DE CONTROLE AMBIENTAL E DE SERVIÇOS PÚBLICOS**

- A abertura de vias, induzindo à expansão da cidade em determinada direção e contribuindo para o aumento do tráfego em uma área, só deve ser feita após analisados os impactos ambientais resultantes.
- Um sistema de áreas livres pode ser disposto em uma zona urbana associado às medidas de isolamento de áreas e/ou dispersão de poluentes.

Além destas situações, muitas outras já foram discutidas durante todo o texto deste trabalho, quando procuramos mostrar a importância deste relacionamento entre os órgãos de planejamento, controle ambiental e de serviços públicos.

Visando garantir esta perfeita integração, é recomendável a organização de um Conselho Consultivo de Preservação Ambiental, composto de representantes dos diversos órgãos, o qual seria responsável pela definição das normas e objetivos a serem alcançados no trabalho conjunto.

6.2.2 - Técnicas de controle

O planejador e/ou responsável pela preservação do meio ambiente dispõe de alguns mecanismos para disciplinar o uso ocupação do solo dentro deste enfoque de conservação ambiental.

A seguir, comentaremos algumas destas técnicas:

a) Plano de Proteção Ambiental

O plano de Proteção Ambiental constitui o elemento mais amplo, devendo conter os objetivos gerais e servir como guia para as demais medidas a serem adotadas.

No Plano, devem ser identificados os fatores limitantes à urbanização, sejam de caráter natural ou impostos pelo homem.

Os fatores limitantes naturais são as áreas com características ambientais mais sensíveis ao processo de urbanização, as quais devem ser preservadas ou ocupadas de forma mais controlada.

As dificuldades impostas pelo homem são os serviços de usos comunitários, tais como os sistemas de infra-estrutura -

urbana, os quais, quando não são disponíveis, podem ser considerados como fatores limitantes do desenvolvimento.

A identificação das áreas ambientais sensíveis ao processo de urbanização pode ser feita através do Método de Superposição de Mapas. Esta técnica consta do seguinte: (FIGURA 6.3)

- Em papel transparente, traçam-se diversos mapas, onde são identificadas, através da intensidade do sombreamento, as áreas onde o impacto da urbanização é MAIOR, MÉDIO e MENOR. Para cada tipo de característica é elaborado um mapa.
- Os mapas são superpostos um sobre os outros, resultando em um mapa composto, onde são identificadas - desde as áreas mais críticas (sombreamento mais escuro) até as áreas menos sensíveis (áreas em branco na FIGURA 6.3).

Todas as áreas consideradas sensíveis, do ponto de vista ambiental, devem ser mapeadas:

- Áreas de vegetação intensa
- Zonas de valor ecológico
- Locais de valor paisagístico (visual)
- Coleções superficiais de água e áreas de inundações correspondentes.
- Terrenos com inclinações elevadas
- Alagados, estuários, mangues e outros
- Áreas de recarga de aquíferos
- Terrenos não apropriados para uso de fossas sépticas (onde não existe sistema de esgoto)
- Solos não recomendados para construções
- Locais de valor histórico-cultural

O mapa composto, resultante da superposição dos mapas, indicará as zonas onde o desenvolvimento poderá ser mais intenso (área em branco), onde algumas restrições deverão ser feitas (área hachuriada clara) e os locais a serem preservados ou ocupados com maiores restrições (área hachuriada escura).

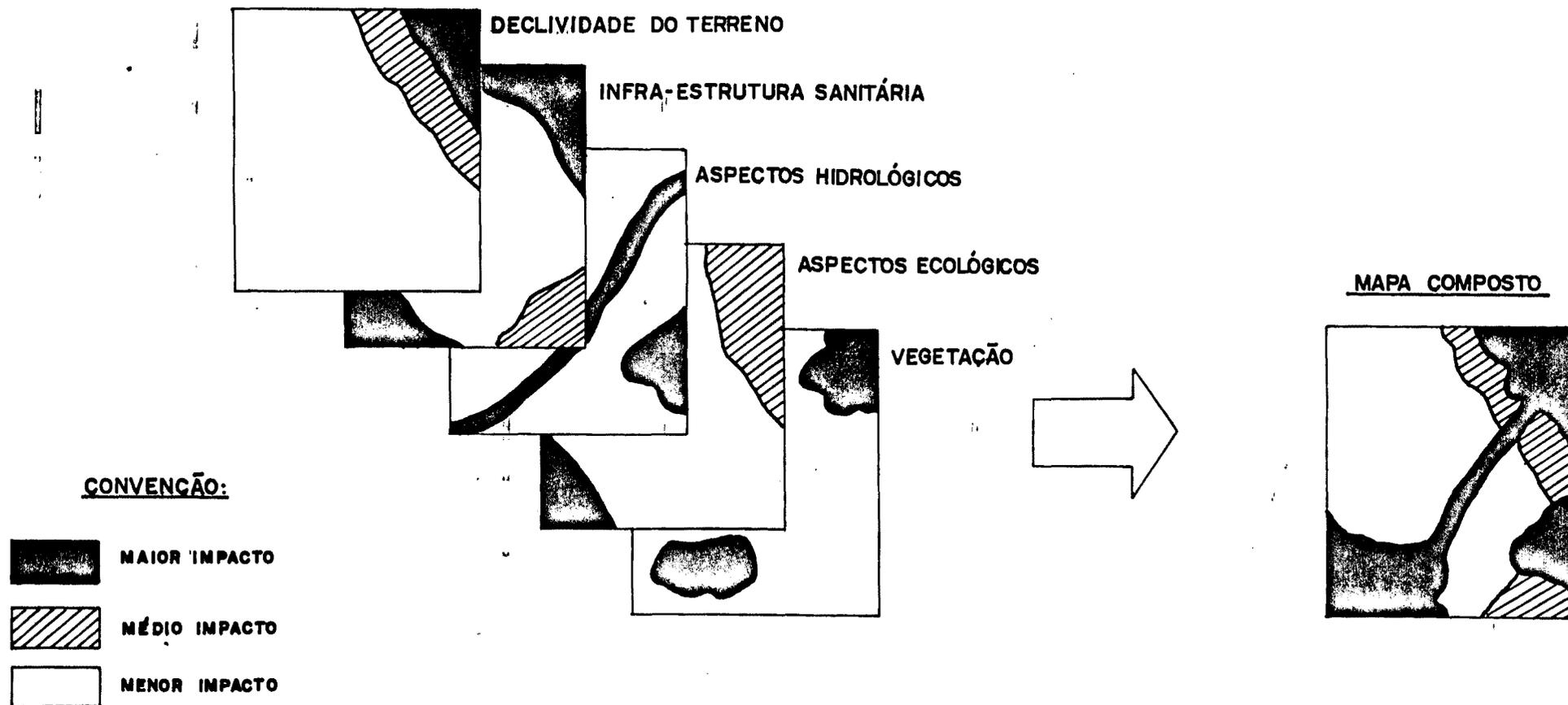


FIGURA 63

MÉTODO DE SUPERPOSIÇÃO DE MAPAS PARA IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS AMBIENTAIS SENSÍVEIS À URBANIZAÇÃO

Este mapa auxilia bastante no estabelecimento do zoneamento, o qual deve ser feito em função da capacidade do meio de acomodar determinadas intensidades de ocupação dos diversos usos do solo.

Isto é o que chamamos de "capacidade natural de utilização" de determinado meio e a mesma deve ser respeitada, para evitar degradações ambientais.

O Plano de Proteção Ambiental deverá identificar, também, os usos que mais contribuem para alterações no meio, tais como:

- Atividades poluidoras do ar: móveis e estacionárias
- Fontes de ruídos: veículos, aeroportos, equipamentos, etc.
- Grandes contribuidores de resíduos líquidos, domésticos ou industriais
- Sistemas de tratamento de esgoto e de disposição de lodos
- Sistemas de tratamento e/ou destino final dos resíduos sólidos
- Desmatamentos
- Movimentos de terra
- Lançamento de esgoto no sub-solo

Estas atividades devem ser compatíveis com os ambientes onde deverão ser exercidas, respeitando as suas características naturais. Para isto, o Plano, com base no conhecimento detalhado da situação, definirá os objetivos a serem alcançados e os mecanismos de ação necessários para que isto ocorra.

O objetivo principal é preservar ou ocupar adequadamente as áreas de significação ambiental. Alguns mecanismos para conseguir esta meta serão discutidos a seguir.

b) Zoneamento

A definição dos usos adequados, inadequados, ou adequados com restrições, para as diferentes zonas de uma área urbana, constitui uma das importantes ferramentas para o disciplinamento do uso-ocupação do solo.

Com vistas à preservação ambiental, o zoneamento deve ser feito com base nas características do meio, considerando a "capacidade natural de utilização" dos recursos disponíveis.

A partir da identificação das áreas mais apropriadas e das mais sensíveis à urbanização (FIGURA 6.3), serão definidos os vários usos para as diversas zonas e estabelecidos índices urbanísticos para ocupação das mesmas.

A distribuição dos usos e respectivos índices urbanísticos será feita considerando aspectos ambientais, tais como:

- Qualidade ambiental existente
- Capacidade do meio de dispersar e depurar poluentes
- Posição das atividades poluidoras em relação aos usos mais sensíveis
- Importância do meio, do ponto de vista ecológico, paisagístico ou histórico-cultural
- Padrões de qualidade já definidos ou propostos (qualidade ambiental a alcançar)
- Interrelacionamento das características ambientais com os aspectos econômicos, sociais e políticos.

São exemplos de índices urbanísticos visando a preservação ambiental:

- Porcentagem de impermeabilização dos terrenos. Nas áreas internas aos lotes serão definidas taxas de ocupação, de forma a serem preservadas áreas mais extensas em condição natural, nos locais de maior valor ambiental. O controle da impermeabilização de verá estender-se, também, às áreas exteriores aos lotes, e de uso comum.
- Definição de densidades populacionais, em função da capacidade de ocupação do local e da disponibilidade dos serviços de infra-estrutura. Estas densidades são conseguidas através de formas indiretas, tais como: dimensões mínimas para os lotes, em função do uso e das características do meio; número de habitações por unidade de área; número de empregados por área ocupada pela atividade dos mesmos, etc.

- Altura e volume das edificações, estabelecidos através do coeficiente de aproveitamento, taxa de ocupação e índice de elevação, os quais deverão considerar, entre outros aspectos, a circulação do ar, a iluminação, a insolação e a preservação da paisagem natural.
- Porcentagem de áreas livres ou destinadas aos equipamentos de uso público. A escolha destas áreas deverá ser orientada de modo a garantir a preservação de determinados locais, possibilitar isolamentos (barreiras) ou facilitar a circulação do ar.
- Recuos mínimos das edificações, com vistas a garantir a ventilação, a insolação, a iluminação e o isolamento de outras atividades, bem como possibilitar a adoção de soluções individuais de destinação de resíduos líquidos no solo.

Neste trabalho, já definimos alguns índices urbanísticos a serem aplicados em diversas situações, com o objetivo de preservar a qualidade ambiental. Muitos outros poderão ser estabelecidos, em função das características próprias de cada recurso.

c) Transferência de densidades

A preservação de determinadas áreas é conseguida utilizando-se a técnica da transferência de densidades, a qual consiste na permissão para o adensamento de edificações nas zonas de características mais favoráveis à ocupação urbana, em troca da não utilização, ou uso de modo menos intenso, dos locais mais sensíveis do ponto de vista ambiental.

Assim, consegue-se que determinadas áreas permaneçam livres, mantendo-se a densidade total requerida para uma zona específica.

Um exemplo desta técnica está indicado na FIGURA 6.4, onde mostramos dois modos de parcelamento do solo nas margens de um curso d'água. No primeiro caso, os lotes têm áreas aproximadas, enquanto que na segunda alternativa há uma diminuição gradativa de suas dimensões com o afastamento em relação ao corpo d'água. Observa-se uma melhor utilização do solo no segundo caso,

tendo sido projetada, inclusive, uma faixa de proteção. O número total de lotes é o mesmo nas duas situações (45 lotes).

Esta técnica pode ser utilizada para a proteção de outras áreas de valor ambiental, utilizando-se inclusive a forma de adensamento através da ocupação vertical, nos locais de características naturais favoráveis e com serviços de infra-estrutura satisfatórios.

d) Desapropriação

A aquisição de áreas pelo Poder Público é, sem dúvidas, o meio mais eficiente de proteção. Áreas de valor paisagístico e/ou ecológico têm os seus usos mais facilmente controlados quando são de propriedade pública.

No entanto, devemos reconhecer que isto nem sempre é possível devido aos custos de aquisição, muitas vezes impraticáveis aos Municípios.

Mesmo assim, é indispensável que áreas a serem destinadas à recreação, aos equipamentos comunitários, à proteção paisagística e ecológica, ou ao uso público em geral, sejam declaradas de utilidade pública para fins de desapropriação gradativa, dentro das possibilidades do Poder Público.

Muitas áreas são incorporadas ao patrimônio municipal na aprovação de loteamentos, conforme veremos a seguir:

e) Controle do parcelamento do solo

A lei de loteamentos é um dispositivo de muito valor para o controle da ocupação do solo. Através da aprovação de projetos de parcelamento do solo, o município pode exigir uma distribuição adequada dos lotes, equipamentos e vias públicas, no sentido de preservar a qualidade ambiental.

Na aprovação de loteamentos podem ser disciplinados, através de lei específica: dimensões mínimas dos lotes; taxas de ocupação; áreas a serem destinadas à recreação e aos outros usos comunitários; dimensões de vias públicas; infra-estrutura mínima exigida.

Compete ao órgão aprovador dos projetos de loteamentos orientar o parcelamento da área de modo a garantir: áreas livres, internas e externas aos lotes, visando o controle da erosão e da infiltração da água; uma melhor distribuição dos espe

ços livres de uso comum; a manutenção das condições de drenagem; a adoção de faixas de preservação de recursos naturais; a previsão de densidades compatíveis com a capacidade de utilização do local; o controle do movimento de terra, cortes e aterros; o traçado das vias públicas de acordo com a topografia do local.

Assim, além da existência de legislação adequada, é importante o controle na aprovação dos projetos, visando orientar o parcelamento do solo.

Como exemplo, podemos citar as áreas livres. Normalmente, as leis de uso-ocupação do solo exigem a destinação de uma determinada porcentagem da área total a lotear, para espaços livres. Cabe ao órgão municipal responsável pela aprovação do projeto, orientar a localização destas áreas, associando-as, por exemplo, à proteção das margens de coleções superficiais de água, à preservação dos caminhos naturais de escoamento da água, à circulação do ar na cidade ou ao isolamento contra a propagação de poluentes atmosféricos ou de ruídos.

Observa-se, quando não há este controle na aprovação, a destinação de terrenos para espaços livres sem a mínima condição de aproveitamento ou situados em locais onde terão pouca influência na preservação da qualidade ambiental da cidade como um todo.

Outro exemplo de orientação do parcelamento do solo está indicado na FIGURA 6.5. No primeiro desenho, a distribuição das vias públicas e dos lotes não considerou a topografia da área nem os aspectos de drenagem natural. No segundo, observa-se uma adequação do traçado às características naturais do local, o que, com certeza, resultará numa melhor utilização da área.

f) Dotação de infra-estrutura

Já dissemos que a infra-estrutura existente em uma cidade deve ser um elemento orientador da definição das suas densidades de ocupação. Por outro lado, pode-se encorajar o desenvolvimento de áreas propícias, através da dotação de infra-estrutura, tais como, vias de acesso, iluminação, serviços de água e esgoto, transporte, etc., assim como não incentivar a ocupação de áreas sensíveis, não executando tais serviços.

O adensamento de edificações, comentado anteriormen

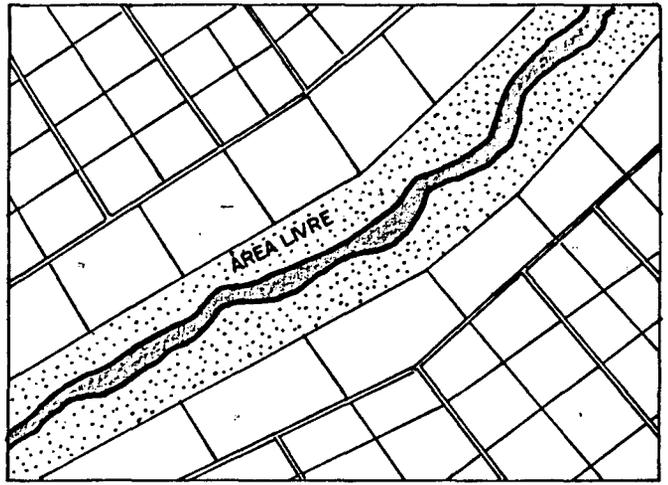
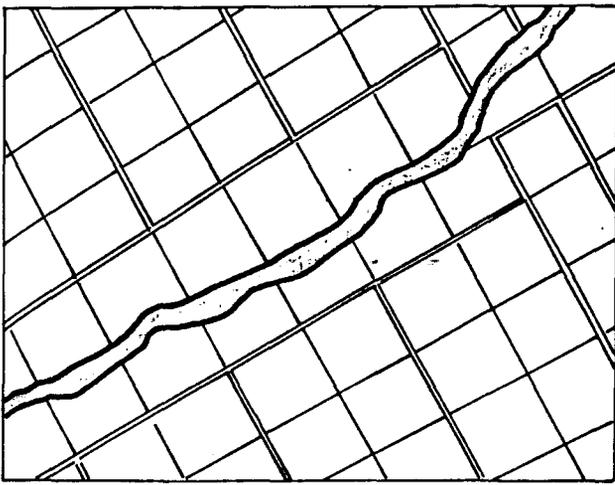
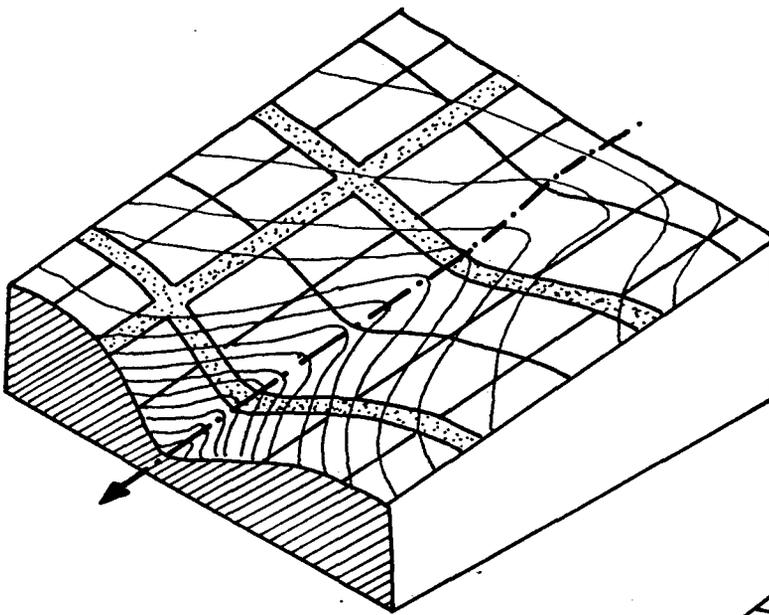


FIGURA 6.4

EXEMPLO ESQUEMÁTICO DE DOIS PARCELAMENTOS DIFERENTES DE UMA MESMA ÁREA MANTENDO-SE A MESMA DENSIDADE



SOLUÇÃO ERRADA

SOLUÇÃO CERTA

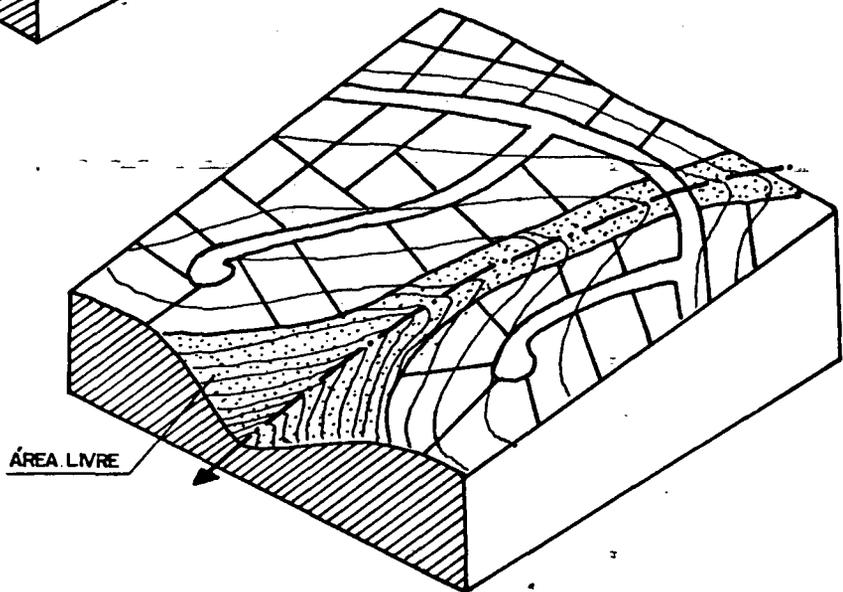


FIGURA 6.5

EXEMPLO DE PARCELAMENTO DO SOLO CONSIDERANDO ASPECTOS TOPOGRÁFICOS E CONDIÇÕES DE DRENAGEM NATURAL DO TERRENO

te, será incrementado pela existência de serviços públicos nas áreas onde a ocupação possa ser mais intensa.

Por exemplo, a existência de uma rede coletora de esgotos com capacidade de receber contribuições razoáveis, possibilitará um maior adensamento de uma área propícia à ocupação urbana, ensejando a liberação de outras áreas de maior valor preservativo.

Aqui é ressaltada, novamente, a importância da integração dos órgãos de planejamento urbano, de controle ambiental e de serviços públicos em geral.

g) Outros regulamentos

Como parte das leis de zoneamento e loteamentos, ou constituindo-se legislação separada, outros regulamentos podem ser elaborados visando a preservação ambiental, tais como:

- Legislação específica de controle da poluição, com o estabelecimento de padrões de qualidade ambiental, adaptando-se às normas federais existentes.
- Classificação das águas, de acordo com legislação da Secretaria Especial do Meio Ambiente.
- Regulamentos de controle de escoamento superficial, da erosão do solo e de movimentos de terra.
- Legislação de controle de desmatamentos e de preservação vegetal, associada ao Código Florestal.
- Regulamento dispendo sobre os níveis de ruídos e o controle da poluição acústica.
- Normas relativas ao controle da poluição visual.
- Administração integrada de bacias hidrográficas, com legislação específica para cada caso.

6.2.3 - Aspectos econômicos e sociais

Aliados ao aspecto físico-territorial, o disciplinamento do uso do solo urbano deve considerar os fatores econômicos e sociais. Mesmo quando se analisa sob o enfoque de preserva

ção ambiental, estes aspectos devem ser estudados.

Teoricamente, um exame sob o ponto de vista econômico deve ser feito através de uma análise custo-benefício, de forma a determinar um nível ótimo de controle ambiental. Este nível o correria quando a soma das despesas com o controle e com os custos dos danos resultantes da degradação ambiental atingisse o valor mínimo.

No entanto, podemos dizer que é impossível efetuar-se, com precisão, esta análise. De acordo com SEWELL, "no planejamento do ambiente, uma análise de custo-benefício só pode servir como orientação grosseira e, mesmo assim, quem toma decisões deve examinar com muito critério cada cálculo de benefícios e custos". (46)

Devido à multiplicidade de fatores a considerar, bem como por causa dos aspectos subjetivos dos mesmos, é difícil efetuar-se uma análise econômica exata no planejamento urbano.

No entanto, devemos ter em mente os benefícios resultantes para a população, quando se ordena a ocupação de determinadas áreas, principalmente quando se leva em consideração os aspectos ambientais.

Os efeitos da degradação ambiental, principalmente na forma de poluição, já foram por demais constatados, refletindo-se sobre a saúde da população, com a conseqüente diminuição da capacidade produtiva da mesma, além de repercutir sobre o desenvolvimento econômico de uma localidade.

Acreditamos que isto seja suficiente para justificar uma ação visando a preservação da qualidade ambiental. Além do mais, pode-se dirigir o trabalho no sentido de não prejudicar o desenvolvimento econômico e social da comunidade.

O planejamento deve ser feito com o objetivo de disciplinar o uso-ocupação e não de criar empecilhos ao desenvolvimento.

Pelo fato das indústrias serem fontes potenciais de poluição, não se pode querer proibir totalmente a sua implantação. O desenvolvimento industrial também pode significar qualidade de vida, pelos inúmeros benefícios resultantes. Assim, o que deve ser feito é uma distribuição adequada das fábricas em uma cidade ou região, considerando aspectos ambientais.

O planejamento deve ter um caráter de disciplinamento

do uso do solo, permitindo a ocupação de áreas em função das suas características ambientais.

Algumas técnicas de compensação podem ser adotadas visando atenuar alguns efeitos econômicos que possam ser apontados, como consequência da preservação de áreas para a proteção ambiental. Por exemplo:

- As áreas a serem preservadas às margens de cursos d'água, ou visando outro tipo de proteção, podem ser computadas dentro da porcentagem dos terrenos a permanecerem como área livre, e exigida, normalmente, na aprovação de loteamentos.
- Pode-se permitir o adensamento de determinadas zonas, onde as condições de ocupação são mais favoráveis, em troca da utilização, de forma menos intensa, de outros locais. A FIGURA 6.4 é um exemplo, onde, para uma mesma área, foi mantida a mesma densidade, mas em parcelamentos diferentes.
- A preservação de áreas verdes ou de valor paisagístico pode induzir a uma valorização natural dos terrenos vizinhos.
- Áreas preservadas podem ser utilizadas como locais de recreação, com grande benefícios sociais.
- A preservação da qualidade da água de mananciais de abastecimento humano e de fábricas significa uma redução nos custos dos tratamentos, resultando em água potável mais barata, e produtos industrializados de menor custo.
- Através de incentivos diretos ou indiretos pode-se favorecer a ocupação de determinadas áreas. Os incentivos diretos podem ser abatimentos em impostos a pagar, enquanto que os indiretos podem ser, por exemplo, a dotação de uma infra-estrutura que induza o desenvolvimento para os locais desejados.

Estes são alguns exemplos de como encarar economicamente uma política de preservação ambiental. No entanto, devemos ressaltar que o objetivo principal deve ser o bem estar físico, mental e social do homem, o qual não é facilmente computado sob

o ponto de vista econômico.

6.2.4 - Recursos humanos e educação ambiental

Os múltiplos aspectos componentes do disciplinamento do uso do solo urbano exige a participação de uma equipe multi-profissional relativamente grande.

Além dos técnicos já normalmente envolvidos com o planejamento urbano, alguns outros precisam participar da equipe, quando este trabalho é feito visando a preservação ambiental. Assim, no planejamento do setor físico-territorial deverão trabalhar arquitetos, engenheiros civis, engenheiros sanitaristas, engenheiros agrônomos, geógrafos, hidrólogos, ecólogos, urbanistas, meteorologistas, geólogos, etc. O setor econômico social deverá ser desenvolvido por demógrafos, sociólogos, estatísticos, economistas, psicólogos, assistentes sociais, bacharéis em Direito, entre outros.

O importante é que haja uma integração perfeita entre os profissionais considerados planejadores e aqueles com formação básica sanitarista.

Devemos reconhecer que poucos municípios no Brasil poderão compor uma equipe com todos os profissionais enumerados-acima. No entanto, esta deficiência poderá ser contornada através da participação dos Estados no trabalho dos Municípios. Assim, uma equipe a nível estadual elaboraria os planos de Uso-Ocupação do Solo dos Municípios que não dispusessem de pessoal para isto, cabendo ao poder local a implantação dos mesmos, através de uma equipe reduzida.

Outro aspecto a considerar na preservação do meio ambiente é a participação da comunidade no processo. É necessária a formação de uma consciência de que não só o poder público é responsável, mas também toda a população deve trabalhar pela manutenção da qualidade de nosso ambiente de vida.

O processo educativo representa, assim, papel de grande valor em qualquer atividade de preservação ambiental.

A Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA) definiu a Educação Ambiental como um "instrumento de tomada de consciência do fenômeno do desenvolvimento e suas implicações ambientais

e de transmissão de conhecimentos, habilidades e experiências que permitam ao homem atuar eficientemente no processo de manutenção ou recuperação do equilíbrio ambiental, de forma a manter a qualidade de vida condizente com suas necessidades e aspirações". (36)

Este mesmo trabalho da SEMA enfatizou também alguns aspectos que caracterizam o processo de Educação Ambiental:

"Enfoque global e integrado - a Educação Ambiental deverá considerar o ambiente ecológico em sua totalidade: o político, o econômico, o tecnológico, o social, o legislativo, o cultural e o estético; no que se refere à educação formal, não poderá ser mantida a tradicional fragmentação dos conhecimentos ministrados através de disciplinas escolares consideradas como compartimentos estanques";

"Participação - Educação Ambiental deverá estender-se à toda a comunidade proporcionando-lhe uma tomada de consciência e conseqüente participação no equacionamento dos problemas ambientais vivenciados";

"Adequação e continuidade - os diversos aspectos do ambiente variam no tempo definindo novas configurações biofísicas e novas estruturas sociais e culturais e, portanto, novas problemáticas. A Educação Ambiental deve adaptar-se permanentemente a elas, para a elas responder adequadamente".

O trabalho da SEMA caracterizou muito bem o processo de Educação Ambiental, o qual deve, além de proporcionar uma tomada de consciência, conseguir a participação efetiva de todos. A Educação deve ser, portanto, um instrumento de mudança.

Qualquer plano de preservação ambiental deve envolver toda a população, induzindo-a ao uso racional dos recursos naturais. Esta participação deve acontecer nas diversas fases do plano, desde a elaboração, até a execução e avaliação.

Acreditamos que somente assim poderão ser conseguidos a manutenção e a recuperação do equilíbrio natural, proporcionando a todos a qualidade ambiental desejada.

7. Resumo das principais recomendações

Com o objetivo de facilitar o manuseio deste trabalho pelos interessados, agrupamos nos QUADROS 7.1 a 7.5 as principais recomendações visando o controle da poluição do solo, da água, do ar e acústica, bem como objetivando a preservação dos recursos de valor paisagístico, ambiental e cultural.

Os citados Quadros indicam, também, os trechos do trabalho onde são feitas referências às recomendações, nos quais poderão ser encontradas informações mais detalhadas sobre as mesmas.

Estes Quadros estão assim distribuídos:

- QUADRO 7.1 - Resumo das recomendações visando o controle da poluição do solo.
- QUADRO 7.2 - Resumo das recomendações visando o controle da poluição da água.
- QUADRO 7.3 - Resumo das recomendações visando o controle da poluição do ar.
- QUADRO 7.4 - Resumo das recomendações visando o controle da poluição acústica.
- QUADRO 7.5 - Resumo das recomendações visando a preservação dos recursos de valor paisagístico, ambiental e cultural.

QUADRO 7.1

Resumo das recomendações visando o controle da poluição do solo

CAUSAS	RECOMENDAÇÕES	REFERÊNCIAS NO TEXTO
DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	Levantamentos	Ítem 5.2.1
	- Geológicos	FIGURA 5.1
	- Hidro-geológicos	
	- Topográficos	Ítem 5.2.1.1
	- Climáticos	
	- Ecológicos	
	- Culturais	
	- Econômicos	
	- características dos resíduos	
	Posicionamento	
a) Em relação à área urbana	Ítem 5.2.1.1	
- Sentido contrário aos ventos predominantes		
- Isolado de zonas residenciais, recreacionais e outras		
- Evitando intensa circulação de veículos em zonas residenciais		
- Considerando aspectos econômicos		
b) Em relação às coleções superficiais de água:	Ítem 5.2.1.1	
Resíduos municipais:		
Mínimo: 50m		
Recomendável: 300m		
Resíduos industriais:		
Mínimo: 1.000m		
Recomendável: estudo mais detalhado		
c) Em relação ao lençol freático:		
Mínimo: 1,50m		
Outros aspectos a considerar	Ítem 5.2.1.1	
- Poluição visual. Barreiras naturais ou artificiais		
- Produção de ruídos		
- Maus odores eventuais		
Outras medidas de controle	Ítem 5.2.1.1 QUADRO 5.2	
- Material de cobertura adequado		
- Desvio de águas de escoamento superficial		
- Drenagem e tratamento de líquidos de percolação		
- Drenagem de gases		
- Impermeabilização do fundo e paredes laterais		

QUADRO 7.1 (continuação)

CAUSAS	RECOMENDAÇÕES	REFERÊNCIAS NO TEXTO
DISPOSI- ÇÃO DE RESÍDUOS LÍQUIDOS E LODOS	Levantamentos	Ítem 5.2.1
	Ver recomendações relativas aos re- síduos sólidos	Ítem 5.2.1.1 FIGURA 5.2
	Posicionamento	
	- Em relação aos recursos hídricos- superficiais e subterrâneos: Ver recomendações relativas aos resíduos sólidos	
	- Em relação à área urbana	Ítem 5.2.1.2
	Afastamento mínimo de 1.000m de núcleos habitados	
	Afastamento mínimo de 400m de residências isoladas	
	Considerar local de lançamento do efluente	
	Direção contrária aos ventos - predominantes (para lagoas a naeróbias)	
EROSÃO DO SOLO	Levantamentos	Ítem 5.2.2
	- Topografia	
	- Drenagem das águas superficiais	
	- Características do solo	
	- Vegetação	
	Controle	
	a) Ocupação do solo	Ítem 5.2.2
	<u>Declividade</u> <u>Taxa de Ocupação</u>	FIGURA 5.3
	< 5 % < 90%	
	5 a 15% < 60%	
15 a 30% < 30%		
> 30% < 10%		
b) Faixas de preservação às margens de coleções superficiais de água	Ítem 5.2.2 Ítem 5.3.3.1 FIGURA 5.6	
c) Preservação de solos sujeitos à erosão	FIGURA 5.7 Ítem 5.2.2	
d) Preservação do escoamento natu- ral das águas	Ítem 5.2.2 FIGURA 5.4	
e) Preservação da vegetação natural	Ítem 5.2.2	
f) Outras medidas: proteção e redu- ção das áreas expostas à erosão; drenagem ou retenção de águas de escoamento superficial; constru- ção de vias acompanhando o con- torno natural do terreno.	Ítem 5.2.2	

QUADRO 7.2

Resumo das recomendações visando o controle da poluição da água

CAUSAS	RECOMENDAÇÕES	REFERÊNCIAS NO TEXTO
INFILTRAÇÃO DE ESGOTO - NO SOLO	Levantamentos	
	- Infra-estrutura sanitária existente	Ítem 5.3.1
	- Características geológicas do terreno	Ítem 5.3.2
	- Capacidade de absorção do solo	Ítem 5.3.2
	- Profundidade do lençol freático	Ítem 5.3.2
	- Direção e taxa de escoamento da água subterrânea	Ítem 5.3.2
	- Declividade do terreno	Ítem 5.3.2
	- Distância para corpos superficiais de água e poços	Ítem 5.3.2
	- Profundidade da camada de rocha impermeável	Ítem 5.3.2
	- Elaboração de Mapa indicando zoneamento de áreas para uso de fossas sépticas	Ítem 5.3.2 FIGURA 5.5
	Medidas de proteção do lençol freático e de águas superficiais	
	a) Absorção do terreno: não recomendado o uso de fossas para os solos com coeficiente de absorção superior a $140 \text{ l/m}^2/\text{dia}$ ou inferior a $25 \text{ l/m}^2/\text{dia}$	Ítem 5.3.2
	b) Profundidade do lençol freático: - distância mínima de 1,50m entre o fundo do sistema de infiltração e o nível máximo do lençol	Ítem 5.3.2
	c) Poços devem situar-se na parte mais alta do lote	Ítem 5.3.2
	d) Sistemas de fossa séptica devem ser usados com cautela em terrenos com declividade superior a 20%	Ítem 5.3.2
	e) Distância entre sistemas de absorção de esgoto no solo e poços ou coleções superficiais de água: mínimo de 30m	Ítem 5.3.2 QUADRO 5.5
	f) Uso do solo em função da infra-estrutura sanitária existente	
- Uso-ocupação do solo em função da infra-estrutura sanitária	Ítem 5.3.1	
- Densidades compatíveis com a infra-estrutura sanitária		
- Dimensões mínimas e índice de ocupação de lotes em função da infra-estrutura sanitária	Ítem 5.3.2 QUADROS 5.7 e 5.8	

QUADRO 7.2 (continuação)

CAUSAS	RECOMENDAÇÕES	REFERÊNCIAS NO TEXTO
FONTES - NÃO LOCA- LIZADAS	<p>Medidas de controle</p> <p>a) Redução da quantidade de água de escoamento e da erosão</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cobertura vegetal adequada - Preservação do escoamento natural das águas - Uso do solo em função da declividade - Dispositivos para desvios ou retenção do líquido escoado: valetas, diques, bacias de acumulação e sedimentação <p>b) Faixas de Proteção</p> <ul style="list-style-type: none"> - Faixas de largura variável, função das características locais - Faixas de largura fixa: <ul style="list-style-type: none"> <u>1ª FAIXA (DE PROTEÇÃO)</u> Largura mínima, a partir do nível máximo de água: 1) Água e esgoto existentes - recomendada pelo código Florestal ou necessária à drenagem 2) Esgoto não existente <ul style="list-style-type: none"> Cursos d'água com largura até 60m: 30m Cursos d'água com largura superior a 60m: 30 a 100m, de acordo com o Código Florestal Usos: Atividades recreacionais e conservacionistas, sem grandes alterações no estado natural. <p><u>2ª FAIXA (DE CONTROLE)</u></p> <p>Largura mínima: 100m</p> <p>Usos: qualquer tipo, desde que não cause poluição</p> <p>Áreas dos lotes: $\geq 1.000m^2$</p> <p>Taxa de ocupação: $\leq 0,30$</p> <p><u>3ª FAIXA (DE CONTROLE)</u></p> <p>Largura mínima: 200m</p> <p>Usos: qualquer tipo, sem causar poluição</p> <p>Áreas dos lotes: $\geq 500m^2$</p> <p>Taxa de ocupação: $\leq 0,50$</p>	<p>Item 5.2.2</p> <p>Item 5.3.3.1</p> <p>FIGURA 5.4</p> <p>FIGURA 5.3</p> <p>Item 5.3.3.1</p> <p>FIGURA 5.6</p> <p>FIGURA 5.6</p> <p>FIGURA 5.7</p> <p>FIGURA 5.8</p>

QUADRO 7.2 (continuação)

CAUSAS	RECOMENDAÇÕES	REFERÊNCIAS NO TEXTO
FONTES LO CALIZADAS	<p>Levantamentos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Características dos resíduos <ul style="list-style-type: none"> Exames locais Estimativa com base em dados já existentes - Características dos corpos receptores <ul style="list-style-type: none"> Posição na bacia hidrográfica Usos preponderantes: atual e propostos Capacidade de auto-depuração <p>Definições</p> <ul style="list-style-type: none"> - Posicionamento dos lançamentos de esgotos em relação à área urbanizada, aos locais de captação de água, e às outras comunidades e/ou outros consumidores - Eficiências desejadas para as estações depuradoras de esgotos - Classificação dos corpos receptores. Usos propostos - Planejamento e utilização da bacia como um todo. 	<p>Item 5.3.3.2 FIGURA 5.9</p> <p>QUADROS 5.9 e 5.10</p> <p>FIGURA 5.9</p> <p>Item 5.3.3.2</p>

QUADRO 7.3

Resumo das recomendações visando o controle da poluição do ar

CAUSAS	RECOMENDAÇÕES	REFERÊNCIAS NO TEXTO
FONTES - ESTACIONÁRIAS	<p>Levantamentos</p> <p>a) Condições existentes de poluição</p> <p>b) Potencial de poluição. Estimativa da carga poluidora</p> <p style="padding-left: 20px;">Determinações locais</p> <p style="padding-left: 20px;">Estimativa com base em dados - já existentes</p> <p style="padding-left: 20px;">Classificação das indústrias em função do potencial de poluição</p> <p>c) Condições de dispersão de poluentes</p> <p style="padding-left: 20px;">- Velocidade e direção dos ventos. Rosa dos ventos</p> <p style="padding-left: 20px;">- Estabilidade atmosférica</p> <p style="padding-left: 20px;">- Modelos de dispersão</p> <p style="padding-left: 40px;">Modelo da Caixa</p> <p style="padding-left: 40px;">Modelo da pluma gaussiana</p> <p style="padding-left: 40px;">Modelos de simulação numérica</p> <p style="padding-left: 20px;">- Curvas de concentração de poluentes</p> <p>d) Condições topográficas</p> <p>e) Outros aspectos ambientais. Circulação do ar; áreas verdes</p> <p>Medidas de controle</p> <p>a) Estabelecimento de padrões a serem alcançados</p> <p>b) Controle na fonte</p> <p>c) Localização adequada das fontes em termos de condições climáticas e topográficas</p> <p>d) Afastamento de áreas de habitação, saúde, educação, recreação e de usos sociais:</p> <p style="padding-left: 20px;">- Função das características locais</p> <p style="padding-left: 20px;">- Controle do uso do solo nas proximidades de fontes. Faixas sanitárias:</p> <p style="padding-left: 40px;">Indústrias GRANDE poluidoras: $\geq 1.500m$</p> <p style="padding-left: 40px;">Indústrias MÉDIO poluidoras: $\geq 500m$</p>	<p>Ítem 5.4.1.1</p> <p>QUADROS 5.11 a 5.13</p> <p>QUADROS 5.14 a 5.17</p> <p>Ítem 5.4.1.2</p> <p>FIGURA 5.10</p> <p>FIGURA 5.11</p> <p>FIGURA 5.12</p> <p>Ítem 5.4.1.3</p> <p>Ítem 5.4.1.3</p> <p>Ítem 5.4.1.3</p>

QUADRO 7.3 (continuação)

CAUSAS	RECOMENDAÇÕES	REFERÊNCIAS NO TEXTO
	Indústrias PEQUENO poluidoras:	
	➤ 300m	
	Indústrias LEVE poluidoras:	
	➤ 100m	
	Indústrias NÃO poluidoras:	
	➤ 50m	
	- Indústrias de características especiais - a critério de estudo de talhado	Ítem 5.4.1.3
	e) Avaliação permanente das condições de poluição atmosférica	FIGURA 5.13
FONTES	Levantamentos	Ítem 5.4.2
MÓVEIS	<ul style="list-style-type: none"> - Estimativa da carga poluidora. Emissões de poluentes por veículos - Determinação de áreas críticas - Aspectos ambientais 	
	Medidas de controle	
	<ul style="list-style-type: none"> - Controle da emissão nos veículos - Incentivo ao uso do transporte coletivo 	
	<ul style="list-style-type: none"> - Mudanças no sistema de transporte: melhoria e ampliação dos sistemas de transporte coletivo 	
	<ul style="list-style-type: none"> - Redução do número de viagens: mistura ordenada dos usos do solo, visando reduzir o número e percursos de viagens residência - trabalho e/ou outras atividades 	
	<ul style="list-style-type: none"> - Melhoria do fluxo de veículos 	
	<ul style="list-style-type: none"> - Disciplinamento do uso do solo em torno de vias de grande movimento. Afastamento de usos sensíveis (residências, escolas, recreação, hospitais, etc.) destas vias; isolamento por barreira de vegetação ou outra. 	FIGURA 5.15

QUADRO 7.4

Resumo das recomendações visando o controle da poluição acústica

CAUSAS	RECOMENDAÇÕES	REFERÊNCIAS NO TEXTO
	Levantamentos	Ítem 5.5
	<ul style="list-style-type: none"> - Principais fontes de ruídos - Níveis de ruídos existentes - Determinação de áreas críticas - Estimativa da emissão de novas fontes - Aspectos ambientais favoráveis ou não à propagação 	
FONTES - ESTACIONÁRIAS	Medidas de controle	Ítem 5.5
	<ul style="list-style-type: none"> - Estabelecimento de padrões, especificando níveis desejáveis de ruídos - Controle nas fontes: limitação dos níveis de emissão de ruídos; fixação de horários de funcionamento de equipamentos ruidosos - Isolamento das fontes de barulho - Isolamento dos receptores - Adoção de medidas preventivas: <ul style="list-style-type: none"> - Afastamento entre fonte e receptor - Barreiras contra a propagação do som. Vegetação densa. - Disciplinamento do uso do solo em torno de fontes de ruídos 	Ítem 5.5.2 Ítem 5.5.2.1
TRÁFEGO-DE VEÍCULOS	Medidas de controle	Ítem 5.5.2.2
	<ul style="list-style-type: none"> - Controle da emissão de ruídos nos veículos - Restrições ao tráfego pesado em determinadas áreas e horários - Incentivo ao transporte coletivo - Melhoria do fluxo de veículos - Construção de barreiras contra a propagação do som: elevações do terreno; paredões de alvenaria, concreto ou madeira - Disciplinamento do uso do solo às margens de vias de grande circulação de veículos - Projeto adequado de vias, de modo a atenuar a propagação do ruído 	FIGURA 5.18 a FIGURA 5.19
TRÁFEGO-AÉREO	Medidas de controle	Ítem 5.5.2.3
	<ul style="list-style-type: none"> - Redução do barulho na fonte - Orientação das pistas e trajetórias - de modo a atenuar a incidência de ruídos nas áreas sensíveis (residências, escolas, hospitais, de recreação, etc.) 	

QUADRO 7.4 (continuação)

CAUSAS	RECOMENDAÇÕES	REFERÊNCIAS NO TEXTO
	<ul style="list-style-type: none"> - Disciplinamento do horário de funcionamento de aeroportos - Disciplinamento da localização de heliportos: distantes de hospitais, escolas, bibliotecas, etc. - Construção de barreiras físicas à propagação do ruído, aproveitando condições topográficas ou outras características naturais - Disciplinamento do uso do solo em torno de aeroportos: <ul style="list-style-type: none"> - Determinação do N.E.F. (Noise Exposure Forecast) - Uso residencial em locais exteriores à linha de N.E.F. igual a 30 - Afastamento entre fontes e áreas residenciais e de outros usos sensíveis: superior a 2.000m - Elaboração do Plano de Uso do Solo na vizinhança de aeroportos. 	FIGURA 5.21

QUADRO 7.5

Resumo das recomendações visando a preservação dos recursos de valor paisagístico, ambiental e cultural

RECURSOS	MEDIDAS DE PRESERVAÇÃO	REFERÊNCIAS NO TEXTO
PAISAGEM	- Manutenção, ao máximo, da disposição natural do terreno	Ítem 5.6
	- Manutenção, sempre que possível, das condições naturais de drenagem das águas	FIGURA 5.4
	- Manutenção, ao máximo, da vegetação-natural	FIGURA 5.22a
	- Construções integrando-se à paisagem natural	FIGURA 5.22a
	- Construção de vias acompanhando o contorno natural do terreno	
	- Manutenção das vistas públicas. Fixação de altura máxima para edificações	FIGURA 5.22b
	- Disposição dos equipamentos urbanos adequando-se, ao máximo, à paisagem natural	
	- Aquisição de áreas para preservação	Ítem 6.2.2
	- Definição de densidades baixas de ocupação para áreas de valor paisagístico	Ítem 6.2.2
ALAGADOS	- Inclusão destas áreas na faixa de proteção de coleções superficiais de água	Ítem 5.6 FIGURA 5.6
	- Definição de usos: práticas de conservação; recreação; ancoragem de barcos; operação de dispositivos de controle da água; algumas atividades agrícolas, pastagem e jardinagem	
ÁREAS DE VEGETAÇÃO	- Desapropriação total ou parcial	Ítem 5.6
	- Utilização como áreas de recreação, preservação de recursos hídricos, barreiras contra a poluição do ar e acústica, corredores de circulação do ar, etc.	
	- Outros usos: conservação, estudos e pesquisas ecológicas, paisagístico, uso agrícola sem grandes desmatamentos	
	- Taxa de ocupação máxima: 0,20	

QUADRO 7.5 (continuação)

RECURSOS	MEDIDAS DE PRESERVAÇÃO	REFERÊNCIAS NO TEXTO
ENCOSTAS	<ul style="list-style-type: none"> - Disciplinamento do uso do solo. Taxa de ocupação em função da declividade (Ver recomendações relativas ao controle da erosão) - Definição de usos: preservação da vegetação, áreas de recreação, usos - baixa taxa de ocupação (em função da declividade) 	<p>Ítem 5.2.2 FIGURA 5.3</p> <p>Ítem 5.6</p>
ÁREAS DE RECARGA DE AQUÍFEROS	<ul style="list-style-type: none"> - Conservar livres, totalmente ou em grande parte - Definição de usos: recreação; composição paisagística; outros usos com - baixa taxa de ocupação: 0,10, no máximo 	Ítem 5.6
OUTROS - RECURSOS NATURAIS OU DE VALOR HISTÓRICO - CULTURAL	<ul style="list-style-type: none"> - Específicas para cada caso 	Ítem 5.6

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABOUT sound. Washington, D.C., U.S. Environmental Protection Agency, 1976, 45p.
2. AIR pollution and the San Francisco Bay Area. 11.ed. San Francisco, Area Air Pollution Control District, 1977, 51p.
3. AIRPORT noise abatement planning. Washington, D.C., U.S. Environmental Protection Agency, 1977. 11p.
4. ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL. Rio de Janeiro, IBGE, - Centro Editorial, 1976
5. ASSUNÇÃO, J.V. de - O planejamento territorial aplicado no controle da poluição no Estado de São Paulo São Paulo, CETESB, 1979
6. AZEVEDO NETO, J.M. & LOTHAR HESS, M. - Tratamento de águas residuárias. São Paulo. Separata da Revista D.A.E., 1970
7. BERANEK, L.L. - Noise and vibration control, New York, McGraw Hill Ed., 1971
8. BRAGDON, C.R. - Community noise ordinances: their evolution, purpose and impact. IN: 74th NATIONAL MEETING OF THE AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS, New Orleans, Louisiana, 1973
9. BRANCH, M.C. - Planning urban environment. Stroudsburg, Pennsylvania. Dowden, Hutchinson & Ross, Inc., - 1974
10. BRANCO, S.M. & ROCHA, A.A. - Poluição, proteção e usos múltiplos de represas. São Paulo, Ed. Edgar - Blucher, CETESB, 1977
11. BRIGGS, T.M. et al - Air pollution considerations in residential planning. Volume 1: Manual. Research Triangle Park, North Carolina, U.S. - Environmental Protection Agency, 1974

12. BRUNNER, D.R. & KELLER, D.J. - Sanitary landfill: design and operation. Washington, D.C., U.S. Environmental Protection Agency, 1972
13. CARPIGIANI, UBALDO - Preservação de recursos naturais: suporte técnico para legislação. Tese de doutoramento. Faculdade de Saúde Pública, São Paulo, 1971
14. DEUTSCH, M. - Incidents of Chromium Contamination of ground water in Michigan. In: WATER QUALITY IN A STRESSED ENVIRONMENT. Minneapolis, Minnesota Burges Publishing Company, 1978
15. DORICH, LUIS - Planejamento urbano e abastecimento de água. In: LEITURAS DE PLANEJAMENTO E URBANISMO. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro de Administração Municipal, 1965
16. ENGRÁCIA DE OLIVEIRA, WALTER - Implicações sócio-econômicas, ambientais e de saúde dos resíduos sólidos. Rev. D.A.E., 120: 57 - 63, 1979
17. ENGRÁCIA DE OLIVEIRA, WALTER - Saneamento e Planificação. Tese para provimento do cargo de Professor Catedrático. Faculdade de Saúde Pública, São Paulo, 1964
18. EPSTEIN, A.H. et al - A guide for considering air quality in urban planning. Research Triangle Park, North Carolina, U.S. Environmental Protection Agency, 1974
19. ESTEVES, S.S. et al - Níveis de Poluição Sonora na Região da Grande São Paulo. São Paulo, CETESB, - 1979
20. FERRARI, C. - Curso de Planejamento Municipal Integrado. Urbanismo. São Paulo, Livraria Pioneira - Editora, 1977
21. GATLEY, W.S. & FRYE, E.E. - Regulation of noise in urban areas. U.S. Environmental Protection Agency, - 1971

22. GEORGIA MOUNTAINS PLANNING AND DEVELOPMENT COMMISSION.
Land Development Standards. Atlanta, Georgia, -
1974
23. GIANNESCHI, A. et al - Inventário das fontes de polui-
ção no Estado de São Paulo. São Paulo, CETESB, -
1979
24. GOODMAN, WILLIAM I., ed. & FREUND, Eric C., ed.
Principles and practice of urban planning.
Washington, D.C., International City Managers'
Association, 1968. 621p.
25. HOME sewage disposal; special circular 212. Pennsylvania,
The Pennsylvania State University, S.D. 21p.
26. IMHOFF, KARL - Manual de Tratamento de águas residuâ-
rias. São Paulo, Editora Edgard Blucher Ltda.,
1966
27. KORBITZ, WILLIAM E., ed. Urban public works
administration, Washington, D.C., International
City Managers' Association, 1976. 563p.
28. LANDSBERG, H.E. - Climates and urban planning. In: URBAN
CLIMATES. Geneva, World Meteorological Organiza-
tion. 1970
29. LANDSBERG, H.E. - Physical climatology. Du Bois, Pa.,
Gray Publ. Co., 1968
30. LEOPOLD, L.B. - Hidrology for urban land planning: A
guidebook on the hydrologic effects of urban
land use.
U.S. Geological Survey Circular, 554, 1968
31. LOUREIRO, R.V. - Metodologia de efetuação de levanta-
mentos visando a avaliação da carga poluidora
dos resíduos líquidos industriais. Trabalho de
Mestrado. Faculdade de Saúde Pública, São Pau-
lo, 1974
32. MARCUS, M.G. & DETWYLER, T.R. - Urbanization and
Environment in perspective. In: URBANIZATION
AND ENVIRONMENT. Belmont, California, Duxbury Press
1972

33. MEIRELLES, H.L. - Direito Municipal Brasileiro. São Paulo, Editora Revista dos Tribunais, 3a.ed., 1977
34. MESQUITA, A.L. de S. et al - Controle de emissão de fontes móveis no Estado de São Paulo, CETESB, 1979
35. MINISTÉRIO DO INTERIOR. Legislação Básica. Secretaria Especial do Meio Ambiente. Brasília, 1976
36. MINISTÉRIO DO INTERIOR. Secretaria Especial do Meio Ambiente. Educação Ambiental. Brasília, 1977
37. MOTA, F.S.B. - Aterro sanitário e poluição da água. Trabalho de Mestrado. Faculdade de Saúde Pública, São Paulo, 1974
38. NEFUSSI, NELSON - A poluição do ar no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA, 8º. Rio de Janeiro, 1975
39. NEFUSSI, N. & GUIMARÃES, F. de A. - Curso sobre poluição: Água, Ar. (Apostila). Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro do Petróleo, S.D.
40. NEW ENGLAND CONSORTIUM ON ENVIRONMENTAL PROTECTION. Boston's transportation control plan... Washington, D.C., U.S. Environmental Protection Agency, 1975, 36p.
41. NOISE and its measurement. Washington, D.C., U.S. Environmental Protection Agency, 1977
42. PARKER, H.W. - Wasterwater systems engineering. Englewood Clift, New Jersey. Prentice-Hall, Inc., 1975
43. PLANO URBANÍSTICO BÁSICO - Prefeitura Municipal de São Paulo, Grupo Executivo do Planejamento, São Paulo, 1969
44. ROMERO, J.C. - The movement of bacteria and viruses through porous media. IN: WATER QUALITY IN A STRESSED ENVIRONMENT. Minneapolis, Minnesota, Burgess Publishing Company, 1972

45. SENGES, G.H. - Limpeza urbana: métodos e sistemas. Rio de Janeiro, Instituto Nacional de Assistência aos Municípios, 1969
46. SEWELL, G.H. - Administração e controle da qualidade ambiental. São Paulo, E.P.U.; EDUSP, CETESB. - 1978
47. STEVENSON Jr., G.M. - Noise and the urban environment. In: URBANIZATION AND ENVIRONMENT. Belmont, California. Duxbury Press. 1972
48. THURLOW, C. et al - Performance controls for sensitive lands. A practical guide for local administrators. Chicago, American Society of Planning Officials. 1977
49. U.S.A. CITY OF EL PASO, TEXAS. Subdivision Ordinance. City Council, 1974
50. U.S.A. COUNTY OF WESTCHESTER. Department of health. Rules and Regulations for the approval of plans for small sewage disposal systems, S.D.
51. U.S.A. DAVIDSON COUNTY, TENNESSEE. Metropolitan Health Department. Regulation Governing Private Sewage Disposal Systems in Metropolitan Nashville and Davidson County, Tennessee, 1974
52. U.S.A. ERIE COUNTY. Environmental Protection Plan: Erie County areas of natural significance. Erie County Metropolitan Planning Commission. 1977
53. U.S.A. MILLCREEK TOWNSHIP. Subdivision Ordinance. Millcreek Township, Erie County, Pennsylvania, 1965
54. U.S.A. NASHVILLE - DAVIDSON COUNTY. Airport Vicinity Plan: Metropolitan Nashville Airport. Metropolitan Planning Commission, 1977
55. U.S.A. NASHVILLE - DAVIDSON COUNTY. Natural Environmental Analysis. Planning Commission, Metropolitan Government Nashville, Tennessee, 1973

56. U.S.A. WESTCHESTER COUNTY. Waste Treatment management plan. Final Report. Vol. II, 1978
57. U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE - Standards and specifications for soil erosion and sediment control in developing areas. College Park, Maryland. Soil Conservation Service, 1975
58. U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Compilation of air pollutant emission factors, 2a. ed. Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, North Carolina, 1973
59. U.S. FOREST SERVICE. Hydrologic Effects from Urbanization. 1969
60. VAZ DA COSTA, R. - Crescimento demográfico e poluição do meio ambiente. Rio de Janeiro, BNH, 1973
61. VICTORETTI, B.A. - Contribuição ao emprego de lagoas de estabilização como processo para depuração de esgotos domésticos. São Paulo, CETESB, 1973
62. WOOD, CHRISTOPHER - Town planning and pollution control. Oxford Road, Manchester University Press, 1976
63. WORLD HEALTH ORGANIZATION. Environmental Health Aspects of Metropolitan Planning and Development. Technical Report Series nº 297, Geneva, 1965.