

**ESTUDO SOBRE O METABOLISMO SOCIOECOSSISTÊMICO URBANO DA
REGIÃO DE TAGUATINGA-DF E AS ALTERAÇÕES AMBIENTAIS GLOBAIS**

Genebaldo Freire Dias

1999

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA

ESTUDO SOBRE O METABOLISMO SOCIOECOSSISTÊMICO URBANO DA
REGIÃO DE TAGUATINGA - DF E AS ALTERAÇÕES AMBIENTAIS GLOBAIS


Genebaldo Freire Dias

Tese apresentada e defendida como requerimento parcial
à obtenção do Título de Doutor, junto ao Programa de
Pós-Graduação em Ecologia, do Departamento de
Ecologia da Universidade de Brasília, sob a orientação
do Prof. Dr. Antônio José Andrade Rocha.

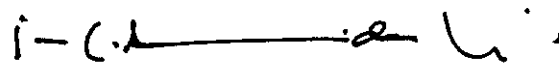
Brasília
Março - 1999

Trabalho realizado junto ao Departamento de Ecologia do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília, sob a orientação do Prof. Dr. Antônio José Andrade Rocha, com o suporte financeiro do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, e da Pós-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Católica de Brasília – UCB.

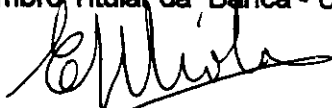
Aprovado, com louvor, por:



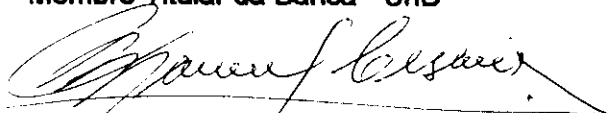
Prof. Dr. Antônio José Andrade Rocha
Prof. Orientador e Presidente da Banca – UnB / UCB



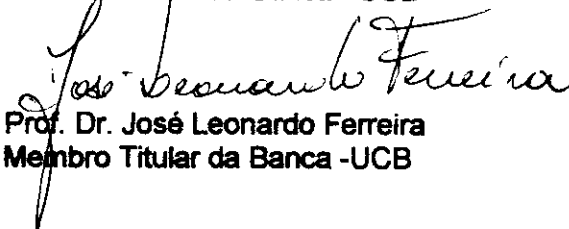
Prof. Dr. José Maria G. de Almeida Jr.
Membro Titular da Banca - UnB



Prof. Dr. Eduardo Viola
Membro Titular da Banca - UnB



Prof. Dr. Manuel Cesario de Mello Paiva Ferreira
Membro Titular da Banca - UCB



Prof. Dr. José Leonardo Ferreira
Membro Titular da Banca - UCB

Membros Suplentes da Banca:

Prof. Dr. Mário Diniz, UnB
Prof. Dr. John DuVall Hay, UnB
Profa. Dra. Dóris Santos de Faria, UnB
Prof. Dr. Lúcio Grinover, USP
Profa. Dr. Antônio Carlos Miranda, UnB

Agradecimentos

Ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, Brasília, pelo apoio concedido, e em especial ao seu Presidente, Eduardo Martins; ao Diretor da DIRPED, Celso Martins Pinto; ao Centro de Sensoriamento Remoto – CSR, ao seu Chefe Célio Paiva dos Santos, aos técnicos Eduardo Honório de Lacerda, Denise Arantes de Carvalho e Celeno Lopes Carneiro; ao Centro de Informação Ambiental – CNIA; ao Departamento de Recursos Humanos – DEREH; ao Chefe do Parque Nacional de Brasília, Elmo Monteiro da Silva Jr; aos colegas do Parque Nacional de Brasília;

À Universidade Católica de Brasília, em especial ao seu Magnífico Reitor Pe. Décio Batista Teixeira; ao Pró-Reitor de Pós-Graduação e Pesquisa, Prof. Dr. Guy Capdeville; ao Pró-Reitor de Ensino de Graduação, Pe. Romualdo Dagasperi; ao Pró-Reitor de Assuntos Administrativos, Prof. Eli Valter Gil Filho; ao Diretor da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Prof. Paulo Henrique Guimarães; ao Chefe do Departamento de Biologia, Prof. Raul Luís de Melo Dusi; aos colegas professores; aos auxiliares de pesquisa;

Ao corpo docente do Departamento de Ecologia da Universidade de Brasília e ao corpo auxiliar;

À Representação da UNESCO no Brasil, em especial ao Coordenador de Meio Ambiente e Desenvolvimento, Celso Salatino Schenkel, e Jane Sawaya, do corpo administrativo;

Às Representação da UNDP- United Nations Development Programme, e UNEP-United Nations Environmental Programm, no Brasil;

Ao CDIAC-Carbon Dioxide Information Analysis Center, ao ORNL-Oak Ridge National Laboratory, e à NASA - National Aeronautic Spatial Administration;

A diversos órgãos do Governo Federal como EMBRAPA, IBGE, DER, Ministério da Indústria e Comércio, Ministério da Saúde, Petrobrás; do Governo do Distrito Federal, dentre eles, SEMATEC, SLU, DETRAN, CODEPLAN, CEB, CAESB, TERRACAP, NOVACAP, FHDF, FEDF, EMATER, PMDF e outros ;

Aos diversos Sindicatos e Empresas (indústrias, frigoríficos, postos de gasolina, postos de venda de alimentos, madeireiras e outras);

A todos os profissionais de diversas áreas que integraram o incessante exercício interdisciplinar

A todos os autores e autoras cujas obras proporcionaram suporte a este trabalho;

Ao Prof. Antônio José Andrade Rocha, orientador;

Aos membros da banca examinadora;

Aos antepassados, esposa e filhos, familiares, amigos e à Lady

ÍNDICE DOS ASSUNTOS

1. Introdução

1.1.	Histórico / breve cronologia.....	001
1.2.	O modelo gerador de problemas	003
1.3.	Conhecendo o problema.....	004
1.4.	A indução de alterações ambientais globais – o problema-objeto de estudo.....	007
1.5.	O foco do estudo.....	009

2. Marcos conceituais, contexto e natureza ecossistêmica do estudo

2.1.	O sócioecossistema urbano, seus problemas e abordagens.....	013
2.1.1.	Elementos, conceitos e pesquisas em ecossistemas urbanos.....	014
2.1.2.	Os modelos ecossistêmicos.....	023
2.1.3.	Estruturas e funções: serviços prestados pelos ecossistemas.....	027
2.1.4.	Rede de informações e estabilidade ecossistêmica..	030
2.2.	Ecologia humana e padrões de interações ecossistêmicas.....	032
2.3.	As dimensões humanas e as alterações ambientais globais	034
2.3.1.	Fontes globais de gases-estufa.....	037

3. Área de estudo

3.1.	Caracterização da região de estudo.....	055
3.2.	Caracterização da área de estudo.....	059

4. Metodologia

4.1.	Grupos funcionais – lidando com a complexidade....	063
4.2.	Suporte institucional.....	064
4.3.	As imagens de satélites e a elaboração de mapas..	065
4.4.	O cálculo da perda de fitomassa.....	066
4.5.	A determinação das emissões de CO ₂ pela perda de solo.....	067
4.6.	Técnicas de utilização de líquenes como bioindicadores.....	067
4.7.	As medidas de intensidades sonoras.....	068
4.8.	Medida da média de ocupação em veículos.....	068
4.9.	Determinação do consumo de combustíveis fósseis	069
4.10	Cálculo de emissões produzidas pela queima de combustíveis fósseis.....	070
4.11.	Produção de lixo per capita e emissões de CO ₂ e CH ₄	071

4.12.	Consumo de madeira e papel e emissão de CO ₂	072
4.13.	Determinação do consumo de carne bovina.....	073
4.14.	A emissão de CO ₂ por meio do uso da eletricidade...	074
4.15.	Determinação do consumo de água.....	074
4.16.	Cálculo da emissão de CO ₂ pela população.....	075
4.17.	Medidas inobtrusivas.....	075
4.18.	Cálculo da <i>pegada ecológica</i>	076
5. Resultados e Discussões		
5.1. Contribuições das alterações de uso/cobertura do solo pela expansão do socioecossistema urbano, às mudanças ambientais globais.....		
5.1.1.	Conversões para campo/agropastoril.....	081
5.1.2.	Destruição da mata de galeria.....	082
5.1.3.	Aumento da área urbana.....	091
5.1.4.	Aumento de áreas degradadas.....	094
5.1.5.	Destruição de áreas de cerrado.....	095
5.2. Contribuições do metabolismo socioecossistêmico urbano, do crescimento populacional e dos padrões de consumo às mudanças ambientais globais.....		
5.2.1.	Os padrões de produção e consumo.....	098
5.2.2.	O crescimento da populacional humana.....	102
5.2.3.	O consumo de combustíveis fósseis.....	107
5.2.3.1.	Os transportes e as emissões.....	107
5.2.3.2.	O gás de cozinha e as emissões	122
5.2.4.	A produção de resíduos.....	122
5.2.5.	Impactos do consumo de eletricidade.....	127
5.2.6.	Impactos do consumo de água.....	129
5.2.7.	Impactos do consumo de madeira.....	133
5.2.8.	Impactos do consumo de carne bovina.....	137
5.2.9.	Componentes pontuais do ecometabolismo.....	141
5.2.9.1.	Parafemália doméstica.....	141
5.2.10	A respiração humana e o CO ₂	145
5.3. A pegada ecológica dos socioecossistemas urbanos		
5.3.1.	Bases conceituais	146
5.3.2.	As cidades como exemplo	148
5.3.2.	A pegada ecológica da área de estudo.....	152
5.4. Análise integrada do sócioecossistema estudado		
5.4.1.	Resumo das características do sócioecossistema urbano estudado.....	156
5.4.2.	Estimativa das intensidades de contribuições às alterações ambientais globais em diferentes tipos de ecossistemas.....	158

6. Considerações Finais	161
6.1. Reflexões.....	164
6.2. Conclusões.....	168
7. Referências Bibliográficas	170
8. Anexos	
A. Alerta dos cientistas do mundo à sociedade	
B. Os indicadores urbanos	
C. Fotografias de satélite comparativas 1973 –1992	

ÍNDICE DAS ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Figura 01	O metabolismo urbano.....	015
Figura 02	O ambiente externo dos ecossistemas.....	021
Figura 03	Utilização de recursos e modelos econômicos.....	030
Figura 04	O triângulo da Ecologia Humana.....	032
Figura 05	Conexões entre as forças indutoras humanas e o uso/ cobertura do solo.....	055
Figura 06	Hierarquia de complexidades.....	064
Figura 07	Modelo conceitual dos efeitos das perturbações humanas sobre a biodiversidade e o funcionamento dos ecossistemas.....	087
Figura 08	Diagrama das relações de uma cidade antiga com o seu entorno.....	092
Figura 09	Algumas ramificações das mudanças induzidas pelos humanos sobre a vegetação.....	096
Figura 10	Conseqüências do modelo de “desenvolvimento”.....	098
Figura 11	Expressão sistêmica da crise ambiental global.....	098
Figura 12	Dilema e instabilidade do modelo de “desenvolvimento”.....	124
Figura 13	Alimentação da espécie humana x carga ambiental.....	140

FOTOGRAFIAS

Fotografia 01	A região do estudo.....	058
Fotografia 02	A área de estudo.....	061
Fotografia 03	Área de mata ciliar destruída para dar lugar a mais vias urbanas.....	083

GRÁFICOS

Gráfico 01	O dilema da insustentabilidade.....	155
------------	-------------------------------------	-----

MAPAS

Mapa 01	Uso do solo da área de estudo em 1994.....	078
Mapa 02	Uso do solo da área de estudo em 1997.....	079

QUADROS

Quadro 01	Comparação entre ecossistemas naturais e urbanos.....	017
Quadro 02	Modelos de interações ser humano – ambiente.....	034
Quadro 03	Emissões relativas.....	110
Quadro 04	Avaliação da percepção do consumidor de madeiras.....	135
Quadro 05	Comparação estimativa das contribuições às alterações ambientais globais que ocorrem em diferentes tipos de ecossistemas.....	158

TABELAS

Tabela 01	Concentração atmosférica global dos gases-estufa (GEs).....	036
Tabela 02	Fontes globais naturais e antropogênicas e absorção de GEs... ..	037
Tabela 03	Fontes de emissão de gás carbônico.....	038
Tabela 04	Emissão industrial de gás carbônico em 1992.....	038
Tabela 05	Fontes globais de emissão de metano.....	040
Tabela 06	Estimativa numérica dos potenciais de aquecimento global (GWP) comparado com o gás carbônico.....	045
Tabela 07	Estimativa numérica do GWP para CFCs, HCFCs e outros, comparado com o CO ₂	046
Tabela 08	Variações na ocupação/uso do solo da área de estudo.....	080
Tabela 09	Perda de fitomassa.....	095
Tabela 10	Análise de insatisfação em Taguatinga.....	104
Tabela 11	Evolução do número de placas de sinalização de trânsito perfuradas por projéteis de arma de fogo.....	105
Tabela 12	Evolução do crescimento da população por localidade.....	106
Tabela 13	Crescimento populacional na região de estudo.....	106
Tabela 14	Frota de veículos no Distrito Federal.....	108
Tabela 15	Evolução do tráfego na via central de Taguatinga.....	109
Tabela 16	Proporção de carros por 100 habitantes em diversas regiões do mundo.....	114
Tabela 17	Gastos relativos do orçamento familiar para se manter um carro na região do estudo.....	115
Tabela 18	Capacidade, custos e emissões de vários tipos de transportes..	115
Tabela 19	Aquisição de veículos motorizados no mundo.....	118
Tabela 20	Material particulado em suspensão no centro de Taguatinga.....	119
Tabela 21	Presença de líquenes na via central de Taguatinga.....	120
Tabela 22	Evolução dos níveis de intensidades sonoras no centro de Taguatinga.....	122
Tabela 23	Lixo coletado em Taguatinga, Ceilândia e Samambaia no período de 1987 – 1997.....	124
Tabela 24	Comparação da geração de resíduos sólidos <i>per capita</i>	125
Tabela 25	Consumo de energia elétrica na área de estudo.....	128
Tabela 26	Total de recursos de água disponíveis em alguns países.....	130

Tabela 27	Disponibilidade de água por habitantes em alguns países.....	131
Tabela 28	Consumo anual de água na área de estudo.....	132
Tabela 29	Consumo de papel no mundo.....	136
Tabela 30	Involução da disponibilidade de terras ecoprodutivas no mundo.	147
Tabela 31	Pegada ecológica e déficit ecológico de diversos países.....	150
Tabela 32	A pegada ecológica da área de estudo.....	153
Tabela 33	Pegada ecológica, disponibilidade de área ecoprodutiva e déficit ecológico de diversos países.....	154

SIGLAS

ARIE - Área de Relevante Interesse Ecológico
 CAESB - Companhia da Água e Esgotos e Saneamento de Brasília
 CDIAC - Carbon Dioxide Information Analysis Center
 CEB - Companhia de Eletricidade de Brasília
 CODEPLAN - Companhia de Desenvolvimento do Planalto Central
 CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
 DER - Departamento de Estradas e Rodagens
 DNC - Departamento Nacional de Combustíveis
 EIA - Energy Information Administration
 EMATER - Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Distrito Federal
 EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
 EPA - Environmental Protection Agency
 FEDF - Fundação Educacional do Distrito Federal
 FHDF - Fundação Hospitalar do Distrito Federal
 FOL - Fuelsaver Overseas Limited
 GDF - Governo do Distrito Federal
 GE - Gases Estufa (causadores do efeito estufa)
 GEPO - Gerência de Estudos e Projetos
 IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
 IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
 IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change
 MAB - Man and Biosphere
 MMA - Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal
 NASA - National Aeronautic Spatial Administration
 NEP - Núcleo de Estudos Populacionais
 OECD - Organization for Economic Co-Operation and Development
 ORNL - Oak Ridge National Laboratory
 PMDF - Polícia Militar do Distrito Federal
 PROCONVE - Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores
 SEMATEC - Secretaria do Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia do Distrito Federal
 SLU - Serviço de Limpeza Urbana
 UNDP - United Nations Development Programme
 UNEP - United Nations Environmental Programm
 UNESCO - United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization



RESUMO

A influência da espécie humana sobre a Terra atingiu uma escala global em magnitudes e taxas sem precedentes, envolvendo impactos crescentes sobre a biosfera. Estas influências, produzidas inadvertidamente ou propositadamente, geraram mudanças globais dramáticas que podem alterar a vida humana por muito tempo.

Embora os fenômenos naturais tenham o seu papel nestas mudanças, a maior parte delas foi precipitada pelos seres humanos e são o resultado das relações política, social, econômica, ecológica, ética, cultural e tecnológica dos seres humanos com a Terra. Incluem efeito estufa, redução da camada de ozônio, desflorestamento, destruição de habitats, perda da biodiversidade e alterações climáticas, dentre outras.

Essas alterações, em geral começam nas cidades. Estilos de vida com alto padrão de consumo e de geração de resíduos, uso de energia e outras atividades, criaram um tipo de ecossistema com o mais alto metabolismo e a maior rede de interações na natureza. A despeito da importância dessas interações, ainda há uma surpreendente falta de estudos sobre o tema.

Usando uma abordagem integrada que inclui uma diversidade de métodos e técnicas como medidas não-intrusivas, grupos funcionais e pegada ecológica, este estudo investiga como um socioecossistema urbano pode contribuir para as alterações ambientais globais devido ao seu gigantesco metabolismo. Busca compreender pontos adicionais das dimensões humanas nessas mudanças e testar a hipótese de que o socioecossistema urbano estudado, apesar de estar contido em um País com problemas de desenvolvimento, exibe em seu ecometabolismo, contribuições para as mudanças ambientais globais tendendo a padrões de Países mais industrializados.

Para tanto, reuniu-se um conjunto de dados sobre as alterações de uso/cobertura do solo e sobre o metabolismo energético-material da região urbana escolhida (Taguatinga, Distrito Federal). Foram estudados os efeitos do crescimento populacional, dos padrões de consumo e da urbanização, por meio de dois grupos funcionais: mudanças de uso/cobertura do solo e metabolismo socioecossistêmico urbano. No primeiro, foram focalizados o desflorestamento, a perda de habitats e da biodiversidade; e no segundo, o consumo de alimentos, papel, madeira, eletricidade, água, combustíveis e a geração de resíduos, bem como a emissão de gases-estufa devido a tais atividades.

Em ambos os casos foram examinadas as conseqüências do desenvolvimento de atividades em termos de contribuições às variações ambientais globais. Os resultados foram utilizados numa matriz de comparação, cruzando estas informações com as de outros tipos de ecossistemas. Verificou-se que o socioecossistema urbano estudado, em termos comparativos, possui capacidade de induzir alterações ambientais globais mais do que qualquer outro tipo de ecossistema.

A análise da *pegada ecológica* revelou que as cidades estudadas requerem uma área 120 vezes maior do que a sua própria área para sustentar o seu metabolismo. A despeito de ser uma região urbana situada em um país com problemas de desenvolvimento, a emissão de gases-estufa foi maior do que a média mundial. Isto indica que a dispersão global da urbanização sob este estilo de vida é incompatível com o desenvolvimento sustentável ou qualquer outra tentativa de estratégia de sobrevivência para manter a espécie humana na sua escalada evolucionária.

ABSTRACT

The human reshaping of the Earth has reached a truly global scale, is unprecedented in its magnitude and rate, and increasingly involves significant impacts on the biosphere. Those influences, whether produced purposefully or inadvertently, have created dramatic global changes that may alter human existence for many years to come. Although natural phenomena have played a part in this change, the main source of these dynamics have been precipitated by human being and are outcomes of political, social, economic, ecological, ethical, cultural and technological relationship with the Earth. Such changes include global warming, ozone depletion, deforestation, destruction of habitats, loss of biodiversity and climate change among others.

Most of alterations begin in cities. Lifestyle with high patterns of consumption, waste generation, use of energy and other human's environmentally-related activities have created a kind of ecosystem with the highest metabolism and the biggest net of interactions in nature. Despite this fact there is an amazing lack of studies about that.

Using an integrated approach which includes a diversity of methods and technicals such as inobtrusive measures, functional groups and ecological footprint, this study investigates how an urban socioecosystem located in a country with development problems can contribute to global change due to its huge metabolism, and try to understanding additional points on the human dimensions of global change which takes place in this kind of environment.

To provide elements for this analysis, a set of data on land use/cover change and on metabolism of an urban region was determined (Taguatinga, Federal District).

It were studied effects of population growth, consume patterns and urbanization through two functional groups: land use/cover change and socioecosystemic metabolism. On land use/cover change was studied habitat and land loss, deforestation and biodiversity. On socioecosystemic metabolism was considered the consume of food, paper, wood, electricity, water and oil, and the generation of wastes and greenhouse gas emissions due to those activities.

In both situations the development of activities that contributes to global environmental changes were determined. Results were utilized in a comparative matrix with other ecosystems. It was found that the urban socioecosystem produce contribute to global environmental changes than any other.

In addition, the ecological footprint analysis pointed out that it is necessary an area 120 times bigger than the original area to sustain study-area metabolism. Emissions of greenhouse gases are above the world's rate, in spite of being a city in a non-developed country. This indicates that the globalized spread of urbanization under such style of living (patterns of production and consume) is incompatible with sustainable development, or any other strategy to survival, and keep humans on their evolutionary ascent.

"Quot homines, tot sententiae"
(“Tantos homens, tantas opiniões”)

(Publius Terentius Afer, 185-159 AC)

1. INTRODUÇÃO

1.1. Histórico / Breve cronologia

Em 1862, Thomas Huxley publicou o seu ensaio "*Evidências sobre o lugar do homem na natureza*", tratando das interdependências entre os seres humanos e os demais seres vivos. Suas reflexões foram reforçadas, no ano seguinte, por George Perkin Marsh no seu livro "*O homem e a natureza: ou geografia física modificada pela ação do homem*", onde documentou como os recursos do planeta estavam sendo esgotados, prevendo que tais ações não continuariam sem exaurir a generosidade da natureza. Analisou as causas do declínio de civilizações antigas e previu um destino semelhante para as civilizações modernas, caso não houvessem mudanças.

Patrick Geddes, considerado o "pai da educação ambiental", também expressou a sua preocupação com os efeitos da revolução industrial iniciada em 1779 na Inglaterra, pelo desencadeamento do processo de urbanização e suas conseqüências para o ambiente natural.

O intenso crescimento econômico do pós- II Guerra Mundial acelerou a urbanização e os sintomas da perda de qualidade ambiental começavam a aparecer em diversas partes do mundo (em 1952 o ar densamente poluído de Londres - *smog* - provocou a morte de 1600 pessoas).

A década de '60 começou exibindo ao mundo as conseqüências dos modelos de desenvolvimento econômico adotados pelos países industrializados. Registraram-se níveis alarmantes de poluição atmosférica nos grandes centros urbanos - Los Angeles, Nova Iorque, Chicago, Berlim, Tóquio e Londres, principalmente.

Os rios Tâmesa, Sena, Danúbio, Mississipi e outros, mostravam-se envenenados por despejos industriais e domésticos. Ocorreu uma rápida destruição da cobertura vegetal da terra, ocasionando intensos processos de destruição de *habitats*, pressões crescentes sobre a biodiversidade, erosão, perda de fertilidade do solo, desertificação, assoreamento dos rios, inundações, alterações da biota aquática e outros fenômenos adjuntos. Os recursos hídricos, sustentáculo e derrocada de muitas civilizações, estavam sendo comprometidos a uma velocidade sem precedentes na história humana, catapultados pelo consumismo do modelo de desenvolvimento vigente e agravado pelo descontrolado crescimento populacional.

Descrevendo minuciosamente este panorama e enfatizando o descuido e a irresponsabilidade com que os setores produtivos espoliavam a natureza, sem nenhum tipo de preocupação com as conseqüências de suas atividades, a jornalista americana Rachel Carson publicou o seu livro-crônica "*Primavera Silenciosa*" (*Silent Spring*, 1962, 45 edições), que desencadeou uma inquietação internacional e se tornaria um clássico da história do movimento ambientalista mundial.

Essa inquietação levou a delegação da Suécia na ONU a chamar a atenção da comunidade internacional para a crescente crise do ambiente humano, enfatizando a necessidade de uma abordagem global para a busca de soluções contra o agravamento dos problemas ambientais.

O ano de 1972 entrou para a história da evolução da abordagem ambiental no mundo pois testemunhou eventos muito importantes para a área. O Clube de Roma, criado em 1968 por um grupo de trinta especialistas de diversas áreas, com o objetivo de promover a discussão da crise atual e futura da humanidade, publicou o seu histórico relatório "Os Limites do Crescimento".

Esse documento estabeleceu modelos globais baseados nas técnicas então pioneiras de análise de sistemas, projetados para prever como seria o futuro se não ocorressem ajustamentos nos modelos de desenvolvimento econômico adotados. Denunciava a busca incessante do crescimento material da sociedade, a qualquer custo, e a meta de se tornar cada vez maior, mais rica e poderosa, sem levar em conta o custo final desse crescimento.

As análises dos modelos indicavam que o crescente consumo geral levaria a humanidade a um limite de crescimento, possivelmente a um colapso.

Nesse período, a capacidade destrutiva das armas nucleares e o potencial de contaminação por parte da indústria nuclear e química, já adiantavam para a humanidade a perspectiva de globalização dos riscos ambientais (Viola, 1995).

As acirradas discussões que o tema ambiental passou a despertar, ainda sob o calor dos apelos do livro de Rachel Carson e do relatório do Clube de Roma, levou a Organização das Nações Unidas – ONU a promover na Suécia (5-16 junho, 1972) a Conferência da ONU sobre o Ambiente Humano ou Conferência de Estocolmo como ficou consagrada. Esta Conferência reuniu representantes de 113 países, com o objetivo de estabelecer uma visão global e princípios comuns que servissem de inspiração e orientação à humanidade, para a preservação e melhoria do ambiente humano. A Conferência gerou a Declaração sobre o Ambiente Humano e estabeleceu um Plano de Ação, documentos que serviriam de base para o surgimento de instrumentos de políticas de gestão ambiental.

Em 1987 divulgou-se o relatório da Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (ou Comissão Brundtland), que tratou das preocupações, desafios e esforços comuns para a busca do desenvolvimento sustentável, focalizando o papel da economia internacional, o crescimento populacional, a segurança alimentar, a energia, a indústria, o desafio urbano e a necessidade de mudanças institucionais.

A Comissão houvera sido criada pela ONU em 1983, com o objetivo de reexaminar os principais problemas do meio ambiente e do desenvolvimento em âmbito planetário, formular propostas realistas para solucioná-los e assegurar que o progresso humano fosse sustentável através do desenvolvimento, sem comprometer os recursos ambientais para as gerações futuras.

1.2. O modelo gerador de problemas

Vinte anos depois da *Conferência de Estocolmo*, a ONU promoveu no Rio de Janeiro (1992), a *Conferência da ONU sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento* (Rio 92), reunindo representantes de 170 países. com o objetivo de examinar a situação ambiental do mundo e as mudanças ocorridas desde a *Conferência de Estocolmo*. Buscou-se identificar estratégias regionais e globais para ações apropriadas referentes às principais questões ambientais. A *Rio-92* produziu a *Agenda 21*, um *Plano de Ação* para as Nações, sob a ótica do desenvolvimento sustentável, e estabeleceu a *Comissão para o Desenvolvimento Sustentável* (CDS) para monitorá-la.

Na Agenda 21, expressa-se no capítulo 4 que as causas primeiras da degradação ambiental advêm dos níveis insustentáveis de produção e consumo vigentes nos países industrializados. Durante a *Rio-92* o tema mudança dos padrões de produção e consumo (mppc) foi levantado e discutido a partir do reconhecimento de que o *desenvolvimento sustentável* só seria factível com a redução dos impactos da produção e consumo, e do crescimento populacional atual (Brandsma e Eppel, 1997).

Segundo Brown *et al.*(1996) a economia global praticamente quintuplicou nos últimos 45 anos. O consumo de carne, grãos e água triplicou; o de papel, sextuplicou. O uso de combustíveis fósseis e consequentemente a emissão de CO₂ quadruplicaram.

Isto aconteceu num contexto global onde os 40% mais pobres do planeta sobrevivem com uma renda de menos de dois dólares por dia (7% da renda global). Por outro lado, refletindo o abismo crescente entre pobres e ricos, estes duplicaram o consumo de energia, madeira e aço e quadruplicaram suas compras de automóveis (Duming, 1996). Segundo este autor, se forem mantidas as tendências vigentes de crescimento, o PIB mundial deverá passar dos atuais 20 trilhões de dólares anuais para 200 trilhões de dólares anuais até meados do próximo século.

Se se considera que a economia global já atingiu os limites biofísicos do planeta, pelo menos em sua capacidade natural de absorção de CO₂, aumentos dessa magnitude exigirão da humanidade, mudanças profundas de paradigmas que possam prover prosperidade, equidade social e sustentabilidade ambiental.

Os modelos de desenvolvimento vigentes são o reflexo destes paradigmas de percepção, pensamento e ação que têm conduzido a humanidade à situação atual (Almeida Jr. , 1993). Este autor afirma que a sustentabilidade evolucionária da Terra depende de mudanças profundas nesses paradigmas, capazes de nos levar a um modelo de desenvolvimento ecologicamente auto-sustentável.

Mesmo reconhecendo a gravidade do contexto ambiental global, durante a *Rio-92*, algumas questões importantes foram preteridas ou tratadas sem profundidade na Agenda 21 (Bayer, 1994), para atender aos interesses de grupos específicos, quanto aos temas relacionados ao controle da natalidade – pressões do Vaticano –, à discriminação e nacionalismo, guerra e militarismo, desarmamento nuclear, consumismo, direitos humanos e refugiados – pressões dos países ricos, principalmente.

O tema assentamentos humanos - justamente o local onde vive a maior parte da população humana e o centro de demanda de consumo -, consolidando uma tendência verificada em encontros dessa natureza, mais uma vez teve a sua discussão esvaziada ou transferida para uma outra ocasião.

Em 1994 a ONU promoveu a *Conferência Internacional sobre População e Desenvolvimento* (Cairo), e em 1996 a *Segunda Conferência das Nações Unidas sobre Assentamentos Humanos - HABITAT II* (3-4 junho, Istanbul, Turquia). Nesta, objetivou-se identificar elementos que possam tornar as cidades mais humanas, e se constituam em centros de democracia, cultura, inovação e respeito ao ambiente (UNESCO, 1996).

Seguindo este encontro, a *The World Resources Institute*, em colaboração com a UNEP, UNDP e *The World Bank* dedicaram uma edição especial do *World Resources* ao ambiente urbano. Segundo este relatório (*World Resources*, 1997), mais da metade da humanidade já vive em áreas urbanas.

Em muitos países, as cidades geram a maior parte das atividades econômicas, consomem a maior parte dos recursos naturais e produzem a maior parte da poluição e do lixo. As questões ambientais urbanas, embora muito importantes nas escalas local, nacional e global, são freqüentemente omitidas. A negligência com que estas questões são tratadas podem comprometer objetivos econômicos, sociais e ambientais nas nações desenvolvidas e em desenvolvimento.

O relatório conclui que muitos objetivos internacionais e nacionais relacionados com o meio ambiente não serão atingidos sem uma reforma política extensiva e mudanças significativas nas práticas e estratégias atuais.

A despeito de todos os esforços empreendidos pela humanidade, no sentido de buscar formas mais compatíveis de relacionamento com o ambiente natural, os resultados obtidos até agora são tímidos. A visão fragmentada, a obsolescência e ineficiência das instituições - ONU, por exemplo -, a falta de decisões políticas coerentes, o emaranhado de interesses econômicos, de valores culturais, religiosos e filosóficos, dificultam diálogos locais, regionais, nacionais e transnacionais e constituem resistência às mudanças.

Nos países em desenvolvimento, a rápida urbanização concentrará nas cidades, 90% do crescimento populacional e do crescimento econômico, intensificando os problemas do ambiente urbano. Nas últimas décadas as áreas urbanas dos países desenvolvidos apresentaram progressos em resolver seus problemas ambientais locais, mas em função dos seus padrões de consumo exacerbados, continuam contribuindo significativamente para sobrecarregar os ambientes regionais e globais.

1.3. Conhecendo o problema

A verdade é que, a despeito das convenções, acordos e tratados internacionais assinados nos últimos anos, sobre diversas questões ambientais, e dos relativos progressos em algumas áreas, a humanidade ainda vem experimentando uma grave perda de qualidade de vida, e testemunhando alterações ambientais globais incontestáveis, cujos impactos gerais são difíceis de prever.

Essa perda de qualidade de vida tem sido mais nitidamente identificada nas cidades, o centro de expressão da espécie humana, e justamente o ambiente menos pesquisado, do ponto de vista das alterações ambientais globais, e conseqüentemente, menos compreendido.

Neste sentido, um dos maiores esforços para a compreensão da complexidade das cidades foi promovido pela UNESCO / UNEP. Ao lançar o seu programa Homem e Biosfera – MaB, em 1971, a UNESCO incorporou a Ecologia Urbana como uma das grandes áreas do programa.

Segundo Celecia (1995), o MaB foi o primeiro empreendimento internacional que considerou as cidades – o lugar onde vive e trabalha a maior parte da população mundial – como sistemas ecológicos. O MaB contribuiu para estabelecer as bases para a formulação de um paradigma ecológico aplicável aos complexos sistemas urbanos, bem como para testar abordagens conceituais, metodológicas, integrativas e interdisciplinares, em pesquisas que objetivaram aumentar o conhecimento e a compreensão sobre tais sistemas.

Estas pesquisas deveriam contribuir para melhorar o planejamento, o manejo e a geração de políticas capazes de tornar as cidades menos impactantes e mais agradáveis de se viver, conciliando desenvolvimento com conservação e uso sustentável e equitativo de recursos naturais, com a decisiva participação das populações locais no processo de gestão.

A noção de *cidade sustentável* se tornou sinônimo de ambientes agradáveis, com uso racional dos recursos naturais, ecologicamente corretos, *para as pessoas e pelas pessoas*.

Durante quinze anos formou-se um conjunto heterogêneo de métodos e conceitos, conformando o que coletivamente se denominou *Ecologia Urbana*, gerados através do desenvolvimento de diversos projetos de pesquisa sobre assentamentos humanos.

É inegável que as pesquisas do MaB sobre este tema constituíram uma das principais contribuições à evolução das idéias, tanto na Ecologia Urbana quanto na Ecologia Humana, estabelecendo as bases para estudos ecológicos integrados dos assentamentos humanos.

Tais estudos foram conduzidos em diversos países: Argentina, Austrália, Áustria, Barbados, Brasil, Canadá, Costa do Marfim, Chile, Egito, Espanha, Estados Unidos, Fiji, Filipinas, França, Guiana, Irã, Itália, Japão, Quênia, Malásia, Malta, México, Nepal, Países Baixos, Papua Nova Guiné, Peru, Polônia, República Centro Africana, República Federal da Alemanha, Suécia, Suíça, Tailândia, Túnis e Venezuela (UNESCO, 1987).

Esses estudos, diversificados em seus objetivos, consideraram as diferentes entradas e saídas da energia e da matéria, que compunham a dinâmica das cidades, além de outros componentes como percepção, questões psicossociais, bioindicadores, clima urbano e outros.

Dentre estas iniciativas, destaca-se o " Programa de Ecologia Humana de Hong Kong", executado por Boyden et al (1981), sob os auspícios da Universidade Nacional Australiana, em cooperação com o UNEP. Aqui, a abordagem adotada utilizou variáveis tangíveis e intangíveis, num tratamento sistêmico e interdisciplinar para a compreensão das interações entre o ambiente total e a experiência humana. Teve como objetivo estudar e descrever um assentamento humano considerando os seus componentes psicoquímicos, bióticos, sociais e culturais, levando em conta as interrelações dinâmicas entre eles.

Outros projetos como o de Frankfurt consideraram a cidade e sua circunvizinhança como um sistema biocibernético e desenvolveram instrumentos úteis para a tomada de decisões. Incluiu a definição de sistema, escolha e teste de relevância de variáveis, identificação dos padrões de interações dentro do sistema e um modelo de simulação (Deelstra et al., 1991).

Nota-se nestes trabalhos que as análises do fluxo de energia e caminhos da matéria proveram as principais abordagens dos estudos sobre o metabolismo dos sistemas urbanos e das áreas ao seu redor. Junto com os estudos de Hong Kong e Lae (Papua, Nova Guiné), um dos casos mais importantes da utilização deste modelo foi o da ilha de Gotland (Suécia). Durante oito anos os esforços foram direcionados para desenvolver e demonstrar uma metodologia de análise regional para a energia, com ênfase sobre as interações entre o uso de recursos, as atividades econômicas e o ambiente).

O planejamento e a implementação desses projetos foram seguidos por uma série de encontros, dentre eles os de Amsterdã, 1976; Varsóvia, 1979; México, 1983; Montevideu, 1987, que se tomaram o ponto de partida para novos projetos. Nos anos 80 aconteceram importantes conferências interregionais e simpósios sobre a área de sistemas urbanos do projeto MaB (União Soviética, 1984; Beijing, 1987; Amsterdã, 1989). Outros seminários regionais e nacionais foram realizados na França, Alemanha, Reino Unido, Suécia, Espanha, Polônia e Ucrânia.

O Conselho de Coordenação Internacional do MaB aprovou, na metade dos anos 80, quatro áreas de concentração para pesquisas, que se constituíram nas ações preponderantes até o início dos anos 90: (a) desenvolvimento de modelos sobre as relações entre urbanização e transformação ambiental, levando em conta as áreas rurais em volta das cidades; (b) estudos sobre mudanças demográficas induzidas por urbanização, em particular por movimento migratório oriundo da área rural, e suas consequências ambientais; (c) produtividade biológica nas áreas urbanas, racionalização de uso da água e reciclagem de resíduos; (d) estudo no planejamento e manejo de áreas verdes urbanas.

Segundo Celecia (1994) um exame das tendências mostradas nos projetos denotava que nos países industrializados a maior preocupação com as cidades referia-se à restauração e manutenção da qualidade de vida, enquanto que nas cidades do Terceiro Mundo (sic) a preocupação era oferecer as mínimas condições de adequação à vida, aos seus habitantes. Nos anos 90 a " terceira geração" de projetos do MAB empreende maiores esforços para ser mais interdisciplinar e dirigir-se à orientação de planejar para a resolução de problemas.

O conceito de *ciudades com manejo eficiente (resourceful city)* continua sendo o centro das atenções de pesquisas, nas quais enfatiza-se a necessidade de reduzir-se a produção de resíduos, a poluição e os riscos. Busca-se a eficiência no uso da energia, dos materiais, dos alimentos e da água e promove-se a reciclagem, a reutilização e a redução de consumo. Considera-se como as exigências de consumo e produção de resíduos de áreas urbanas industrializadas podem afetar áreas remotas no mundo. A essas relações necessita-se uma atenção maior, uma vez que constituem o ponto de partida de intensos e complexos processos que contribuem para as alterações ambientais globais, cuja compreensão ainda estamos arranhando a sua superfície.

1.4. A indução de alterações ambientais globais - o problema-objeto de estudo

Segundo Stern *et al.* (1993) as alterações globais colocam a Terra num período de mudanças ambientais que difere dos episódios anteriores de mudanças globais, por serem estas de origem antropogênica, entrelaçadas inextricavelmente com o comportamento humano e impulsionadas pelas tendências de produção e consumo globais.

Desde antes da história escrita, as mudanças ambientais afetavam as coisas que as pessoas valorizavam, e em conseqüência, elas migravam ou modificavam sua maneira de viver. Assim, reagiam aos fenômenos globais como se eles fossem locais, e não organizavam suas reações com políticas governamentais capazes de alterar deliberadamente o curso das mudanças globais.

Atualmente, a situação não é muito diferente, pelo menos em termos gerais, os efeitos das ações que causam mudanças ambientais globais levam décadas para serem percebidos. Os sistemas humanos reagem às mudanças ambientais globais como uma função da maneira segundo a qual essas mudanças afetam as coisas que as pessoas valorizam.

Todas as atividades humanas contribuem potencialmente, direta ou indiretamente para as chamadas *causas próximas* das mudanças ambientais globais. Segundo Stern *et al.* (*op.cit.*) essas *causas próximas* são variáveis sociais que afetam os sistemas ambientais implicados nas mudanças globais, configuradas por mudança populacional e tecnológica, crescimento econômico, instituições político-econômicas, atitudes e convicções.

As pesquisas sobre as dimensões humanas nas mudanças globais - um campo emergente -, esforçam-se para compreender as interações entre os sistemas humanos (economia, população, cultura, governos e instituições) e os sistemas ambientais, particularmente os sistemas ambientais globais. Busca-se também a compreensão dos aspectos dos sistemas humanos que afetam essas interações.

Dentre as modificações globais que estamos experimentando, uma atenção especial tem sido dada à *correlação crescimento populacional versus mudanças globais induzidas pelas práticas de uso do solo e pelas modificações causadas em sua cobertura.*

Tais estudos, de caráter eminentemente interdisciplinar, buscam o estabelecimento de causalidades e a sua sistematização para análise. Segundo Vitousek (1994) há um consenso de que as mudanças no uso do solo, são agora, e permanecerão por muito tempo, o mais importante dos diversos componentes interatuantes de mudanças globais que estão afetando os sistemas ecológicos.

Tais mudanças vem ocorrendo de forma heterogênea, hectare por hectare ao redor do mundo, sendo por isto relativamente difícil a sua quantificação como fenômeno global. A sua importância resulta primariamente da soma de muitas mudanças locais em muitas áreas diferentes espalhadas pela Terra. Estas alterações de uso do solo são potencializadas quando as áreas são modificadas para abrigar ecossistemas urbanos.

Nestes, o potencial de contribuição para as alterações ambientais globais tem sido negligenciado, sistematicamente, no conjunto de pesquisas que se realizam sobre o tema.

Dentre os escassos estudos realizados neste sentido, pode-se destacar os seguintes trabalhos:

De Meyer e Turner (1991 e 1992), estabelecendo categorias de mudanças, classes de impacto e forças motrizes de natureza social;

De Bilsborrow e Okoth-Ogendo (1992) sobre as modificações importas pelo uso da terra em países desenvolvidos, demonstrando as maneiras pelas quais o crescimento populacional influencia nas mudanças de uso da terra e como isto está relacionado com a degradação ambiental.

Henderson-Sellers (1984) sobre os possíveis impactos climáticos das transformações da cobertura vegetal;

Houghton *et al.* (1987) sobre o fluxo de carbono de ecossistemas terrestres para a atmosfera, devido a mudanças no uso da terra;

Newell e Marcus (1987) sobre o gás carbônico e as pessoas;

Penner (1992) sobre a influência das atividades humanas e das mudanças de uso da terra para a química atmosférica e para a qualidade do ar atmosférico;

Roskwell (1992) sobre a cultura e mudanças culturais como forças indutoras de mudanças globais de uso e cobertura da terra;

Roger (1992) sobre o impacto dessas mudanças na hidrologia e na qualidade da água;

Miller (1994) analisando as interações entre as ciências naturais e sociais para o estudo das mudanças ambientais globais, enfatizando a premência de estudos sob bases interdisciplinares, envolvendo o comportamento humano;

Young *et al.* (1991) reunindo uma avaliação dos dados e de relações gerais, oriundos dos relatórios de Grupos de Trabalho de instituições como o *Committee on*

Global Change; Land-Use Change Working Group of the Social Science Research Council (Washington DC); Global Change Institute of the Office of Interdisciplinary Earth Studies, e International Geosphere-Biosphere Programme.

Outros elementos que oferecem subsídios para análises foram apresentados por Galloway *et al.* (1994) ao estudar as conseqüências do crescimento populacional e de suas atividades sobre a deposição do nitrogênio oxidado e por Dayle e Ehrlich (1992) sobre a influência da equidade socioeconômica sobre a sustentabilidade da terra.

Uma interessante contribuição para análises dessas questões vem sendo dada por Rees (1990 e 1998) e Wackemagel e Rees (1996) ao definir o conceito de "pegada ecológica" (*ecological footprint*) e associá-la à sustentabilidade de uma dada área, à luz da redefinição da capacidade de suporte (*carrying capacity*).

Segundo aqueles autores a "pegada ecológica" é a área correspondente de terra produtiva e ecossistemas aquáticos necessários para produzir os recursos utilizados, e para assimilar os resíduos produzidos por uma dada população sob um dado estilo de vida. Segundo este conceito, as cidades se sustentam às custas da apropriação dos recursos de áreas muitas vezes superiores a sua área urbana, produzindo ali *déficit ecológico*. Cidades como Londres, por exemplo, precisam de áreas equivalentes a área de toda a terra produtiva do Reino Unido! Rees trabalha ainda, além do conceito de "*deficit ecológico*", a "*diferença de sustentabilidade*" e outros, que serão utilizados neste trabalho.

1.5. O foco do estudo

Na introdução deste trabalho fez-se referência à escassez de estudos sistêmicos sobre os socioecossistemas urbanos. Na opinião de Mooney (1991) existe até mesmo uma certa antipatia por estudos ecológicos integrados, que só começou a ser combatida com o reconhecimento das alterações ambientais globais e conseqüentemente com o reconhecimento da necessidade de se desenvolverem novos instrumentos de investigação. O grande passo se deu com o Programa Internacional Geosfera-Biosfera (IGBP) em 1988, que foi seguido por outros, já citados anteriormente.

A despeito desses esforços, ainda há uma lacuna no que tange às dimensões humanas das alterações ambientais globais, e mais intensamente quando a esse contexto se associa à cidade. Neste ponto a antipatia parece ainda persistir. Chega a ser inacreditável a forma como o ambiente urbano é desconsiderado em estudos ecológicos! Termina sendo, esta constatação, o sintoma mais fidedigno de uma crise quase global de percepção.

Poucos estudos foram desenvolvidos sobre as contribuições relativas dadas às mudanças ambientais globais pela contínua e crescente expansão de áreas transformadas para ecossistemas urbanos. Essa categoria de uso da terra, destinadas à habitação humana, ao transporte, à indústria e a outras atividades inerentes ao metabolismo urbano, constituem as áreas mais alteradas da biosfera e a de mais intenso metabolismo, dezenas e até mesmo centenas de vezes mais intensos do que as

áreas naturais de maior intensidade metabólica, como os manguezais e corais (Odum, 1985; Odum et al., 1993)).

A expansão dos ecossistemas urbanos é acompanhada por incríveis aumentos de consumo energético, dissipação de calor, impermeabilização de solos, alterações microclimáticas, fragmentação e destruição de habitats, expulsão e/ou eliminação de espécimens da flora e da fauna, acumulação de carbono, poluição atmosférica e sonora, aumento da concentração de ondas eletromagnéticas, além de uma fabulosa produção de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, inconvenientemente despejados na atmosfera, nos corpos d'água e nos solos.

Para Miller Jr. (1975) a cidade representa o maior impacto do ser humano sobre a natureza, e constitui-se em um ecossistema global, pois depende de áreas fora de suas fronteiras para manter o seu metabolismo, dispersando suas influências por todo o globo. Importa tudo e exporta calor e resíduos, produzindo em contrapartida, trabalho, abrigo, serviços, informações, tecnologia e entretenimento. Segundo este autor, quando a cidade está crescendo e a população se expandindo, o nicho generalista é o mais útil. Porém, adiante, as oportunidades melhores ficam com os especialistas e muitos tornam-se inaptos a ocupar trabalho.

Almeida Jr. (1994) acrescenta que a Terra atual é um imenso complexo de ecossistemas humanos. A essência de um ecossistema natural está na interdependência entre os seus componentes físicos e vivos, mantidos por uma estrutura biofísica, fluxos de energia e ciclos materiais, em equilíbrio dinâmico, no âmbito de suas dimensões espaço-temporais. Num ecossistema humano acrescenta-se a isto, componentes e estruturas euculturais, e um fluxo informacional assimbólico e simbólico.

A estimativa da área mundial ocupada por socioecossistemas urbanos, segundo Meyer e Turner II (1992) não é precisa, ainda. Se se considera apenas as áreas restritamente ocupadas e radicalmente modificadas, chega-se a 2,5% da superfície mundial. Se são considerados outros elementos de representação dos assentamentos humanos, chega-se a 6%. Já para o World Resources Institute (1997) esta área é de apenas 1%. Mas se forem considerados os ambientes de entrada e saída do megametabolismo dos ecossistemas urbanos e suas redes de sustentação, podemos estender as suas influências a toda a biosfera.

Essa expansão dos ecossistemas urbanos faz-se, de forma diferenciada em diversas partes do mundo, em função de diferentes contextos sociais, econômicos, políticos, culturais, tecnológicos e ecológicos, e constitui um processo global pouco estudado, do ponto de vista das alterações ambientais globais vigentes.

De todos os elementos formadores de alterações ambientais globais, estes, o consumismo, o crescimento populacional e a crescente ampliação global dos ecossistemas urbanos, continuam em sua trajetória de colisão. Esta expansão, em sua maioria, vem sendo acompanhada por perdas crescentes de qualidade de vida e aumento da pressão ambiental sobre os recursos naturais.

A deterioração da qualidade de vida também se verifica nas cidades dos países ricos. A crescente integração global permite que problemas surgidos em uma

dada região possam disseminar-se rapidamente por outras, e em vários casos, atingir todo o mundo.

Neste ponto, um fator agravante é que as cidades tendem a ocupar o mesmo nicho global dentro da biosfera, e explorar os recursos da mesma maneira (Smith e London, 1990). Assim, fomenta-se uma competição cada vez mais intensa, gerando pressões ambientais cada vez mais fortes, ao mesmo tempo em que se compromete a qualidade de vida.

A manutenção desses ecossistemas, dotados de uma colossal intensidade metabólica por unidade de área, não se dá sem megaconsumos energéticos e megaprodução de emissões e resíduos.

Não existem indicadores que sinalizem para uma perspectiva melhor. A população mundial continua crescendo a taxas extraordinárias - 1,85 % ao ano -, acrescentando novos 85 milhões de habitantes anuais à Terra (WRI, 1997).

Segundo Viola (1995) este crescimento ocorre de forma desigual, e cria situações críticas em regiões de desfavorável relação população-recursos e/ou baixa eficiência governativa. Homer-Dixon (1990) acrescenta que a crescente população humana exercerá enorme pressão sobre os sistemas políticos e econômicos para que possam conter os conflitos que surgirão em função dos recursos cada vez mais escassos.

Atualmente 45% da população mundial - em torno de 2,5 bilhões de pessoas - vivem em cidades com mais de 100.000 habitantes. Entre 1950 e 1995 o número de cidades com populações superiores a um milhão de habitantes nos países desenvolvidos evoluiu de 49 para 112, enquanto que nos países em desenvolvimento este número aumentou seis vezes - de 34 para 213.

A ONU (UNDP, 1995) estima que, por volta de 2025, mais de 5 bilhões de pessoas (ou 61 % da população mundial) estarão vivendo em cidades. Não existem modelos ou ferramentas teóricas disponíveis que possam oferecer uma perspectiva aproximada do que isto poderá significar para a sustentabilidade da vida na Terra como a concebemos hoje.

De qualquer forma, as populações humanas continuam crescendo, e com estas, a urbanização. Neste sentido, Whitmore *et al.* (1991) mostram como aqueles crescimentos populacionais também estão associados à crescente mudança ambiental global, tornando-se imperativo, buscar-se compreender as causas humanas das mudanças globais (crescimento populacional, crescimento econômico, mudança tecnológica, instituições político-econômicas, atitudes e convicções; Stern *et al.*, 1993)

Diante do exposto, conclui-se que a compreensão dos complexos processos envolvidos na expansão dos socioecossistemas urbanos e as contribuições relativas dessa expansão às alterações ambientais globais, configuram um tema de importância crítica, se se pretende atingir a sustentabilidade da sociedade humana na Terra.

Faz-se necessário reunir esforços através da cooperação transnacional para se estabelecer estratégias que permitam a promoção de programas de pesquisas interdisciplinares nesta área.

Neste sentido, o presente estudo constitui-se numa contribuição aos esforços transnacionais para a compreensão das dimensões humanas nas mudanças ambientais globais. Tem como objetivo geral, reunir elementos para análise das relações entre a expansão de um socioecossistema urbano e as suas contribuições às mudanças ambientais globais, devido às variações de uso/cobertura do solo e do seu metabolismo energético-material.

Para tanto buscou-se especificamente (i) analisar as contribuições e implicações das variações de uso do solo em relação ao desflorestamento, destruição de habitats, perda da biodiversidade, aumento de áreas degradadas e de áreas urbanizadas, para as mudanças ambientais globais; (ii) analisar o metabolismo energético-material do sócioecossistema urbano estudado por meio das determinações das emissões de gases estufa emitidos e das áreas naturais produtivas necessárias para a sustentar o consumo e a assimilação de resíduos de atividades específicas básicas como o consumo de combustíveis fósseis, água, eletricidade, alimentos, madeira, papel e a produção de resíduos sólidos.

Esses elementos reunidos forneceram um conjunto de informações que permitiram testar a seguinte hipótese de trabalho: o socioecossistema urbano estudado apesar de estar configurado em um País com problemas de desenvolvimento, apresenta em seu metabolismo, contribuições para as alterações ambientais globais tendendo a padrões de Países mais industrializados.

Para testá-la foram utilizados diversos instrumentos de pesquisa que serão descritos na metodologia.

Apesar de complexo, o estudo tem objetivos simples e até mesmo aparentemente óbvios. Mas a ciência requer mais além das aparentes evidências unânimes. E curiosamente a esta questão, expressa na hipótese, não lhe foi dada a devida atenção.

O estudo foi conduzido no Distrito Federal em uma área que abriga as cidades-satélites de Taguatinga, Ceilândia e Samambaia, submetidas a um intenso processo de crescimento populacional e expansão urbana e econômica. A chegada de 100 mil migrantes em pouco mais de três anos (Zanatta, 1998) em Brasília, adicionou um vetor de pressão ambiental traduzido por maiores demandas de recursos naturais, serviços e outros, que vieram somar-se ao metabolismo sócioecossistêmico da área, já sobrecarregado. Esta situação gera um processo contextual ótimo para estudos desta natureza.

2. MARCOS CONCEITUAIS, CONTEXTO E NATUREZA ECOSSITÊMICA DO ESTUDO

2.1. O socioecossistema urbano, seus problemas e abordagens

Os modelos de desenvolvimento e os padrões de consumo adotados pelos países mais ricos do mundo, e impostos aos países em desenvolvimento, continuam produzindo, em função dos altos requerimentos energéticos-materiais para a manutenção do seu colossal metabolismo, profundas agressões e alterações na biosfera e cruéis deformações sócioambientais (desigualdades sociais, desemprego, fome, miséria) , cujas conseqüências, ainda arranhamos a superfície da sua compreensão.

Dentre essas alterações, as cidades, uma das maiores criações do ser humano, tem causado modificações profundas nas paisagens naturais, e gerado um adensamento de consumo e capacidade de produzir pressão ambiental sem precedentes na escalada da espécie humana.

Neste século, o ritmo de crescimento das cidades sofreu uma grande aceleração, principalmente nos países em desenvolvimento. Aqui, empurrados pela desordem econômica e social, causada, dentre outras coisas, pela má administração/corrupção, pressão populacional e colapso ecológico, bilhões de pessoas migraram para as cidades..

As cidades estão doentes mais do que em qualquer outra época da história do ser humano. Esta desordem, acoplada a modelos de desenvolvimento predadores e autofágicos está conduzindo 1 bilhão de pessoas à fome, e 2 bilhões a condições deploráveis (UNEP, 1995)). Agora, cerca de 1,5 bilhões de pessoas pobres vivem em cidades.

Pobreza, desemprego, doença, crime e poluição sempre estiveram presentes nos centros urbanos desde o surgimento das primeiras cidades, 10.000 anos atrás, na Mesopotâmia e Anatólia. Entretanto, nada comparável com a sinergia criada nas cidades dos países em desenvolvimento onde o crescimento populacional explosivo, o planejamento pontual, a industrialização desestruturada, a incompetência administrativa, a corrupção e a escassez de capital determinam perigos em escalas sem precedentes.

Para responder a estes desafios, mais do que em qualquer outra época, as instituições internacionais, nacionais, regionais e locais, carecem de uma abordagem integrada. O *planejamento sistêmico* pode representar uma importante contribuição para a promoção do desenvolvimento humano sustentável. Sem esta perspectiva o quadro acima descrito continuará multiplicando-se e gerando um número crescente de cidadãos sem direitos, habitando cidades com qualidade de vida decrescentes.

Afinal, o estágio em que se encontra a maioria das cidades do mundo, não recomenda mais os procedimentos acadêmicos fragmentadores e reducionistas até então praticados pela maior parte dos planejadores. Até mesmo porque o atual estágio das cidades é um produto de muitas facetas interrelacionadas, polidimensionalmente, formadas por influências transnacionais de ordem econômica, social, tecnológica, científica, cultural, ética e política, requerem novos instrumentos de análise.

Assim, a cidade e o seu planejamento deverão ser vistos com a adição de uma nova visão sistêmica que permita trabalhar as suas variáveis dentro de um modelo capaz de produzir análises integradas e possibilidades de prospectivas, numa nova clivagem.

2.1.1. Elementos, conceitos e pesquisas em sócioecossistemas urbanos

Comparativamente, poucos esforços foram feitos para ampliar e aprofundar a literatura sobre o tema. A abordagem ecológica estuda a estrutura formal do sistema social, sua forma e desenvolvimento. Para analisar a estabilidade e as suas mudanças, os ecólogos contemporâneos baseiam-se principalmente em quatro variáveis de referência:

- população
- organização (estrutura do sistema social)
- meio ambiente (sistemas sociais + ambiente físico)
- tecnologia.

Essas estruturas formais constituem apenas uma das dimensões da organização social, que também contém dimensões culturais, econômicas, espaciais e comportamentais. Também, uma abordagem ecológica integrada não nega que valores, sentimentos, motivações e outros fatores abstratos, estão associados com padrões de atividades sociais observáveis.

A estrutura dos ecossistemas urbanos consiste de um ambiente construído pelo ser humano (habitação, vias etc), o meio socioeconômico (serviços, negócios, instituições etc), e o ambiente natural (Hengeveld & Voch, 1982).

Aqueles autores acreditam que é impossível fornecer uma solução definitiva para o fenômeno *área urbana* que não seja abstrata. Cada País e cada disciplina tem suas próprias definições e sistema de classificação que melhor descrevem o sistema urbano.

A abordagem ecológica integrada (holística) definida no arcabouço do MaB (UNESCO, Programa Homem & Biosfera) representou um esforço neste sentido e pode oferecer subsídios importantes para a formulação de bases para a integração e abordagens interdisciplinares.

Um sistema ecológico ou ecossistema é definido por Odum (1985) como a interação entre seres vivos e seu ambiente não vivo, inseparavelmente inter-relacionados.

Um ecossistema urbano, pelas peculiaridades da espécie humana, envolve outros fatores (culturais, por exemplo) e diferem de ecossistemas heterotróficos naturais, por apresentarem um metabolismo (1) muito mais intenso por unidade de área, exigindo um influxo maior de energia, e uma grande necessidade de entrada de materiais e de saída de resíduos.

Na opinião de Odum (1985, 1993)), a cidade moderna é um parasita do ambiente rural, porquanto produz pouco ou nenhum alimento, polui o ar e recicla pouco ou nenhuma água e materiais inorgânicos. Funciona simbioticamente quando produz e exporta mercadorias, serviços, dinheiro e cultura para o ambiente rural, em troca do que recebe deste (Figura 1).

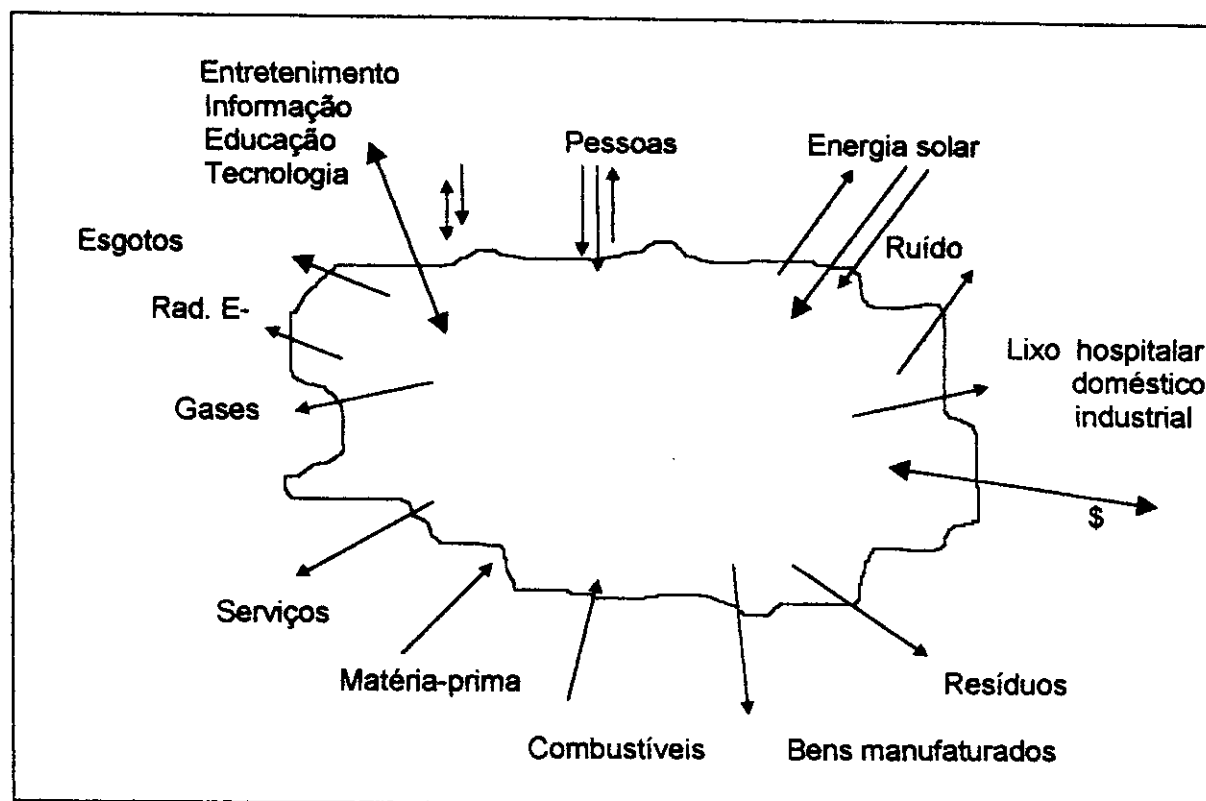


Figura 1 O metabolismo urbano (Adaptado de Boyden et al, 1981)

(1) O termo metabolismo é usualmente aplicado em estudos dessa natureza, após ser intensamente utilizado por Abel Wolman nos seus estudos e publicações sobre os mecanismos ecossistêmicos das cidades em 1965 (*The metabolism of cities*, *Scientific American* 213 (3)). O autor considera que os requerimentos metabólicos de uma cidade podem ser definidos como todos os materiais, energias e comodidades necessárias para sustentar os habitantes de uma cidade em sua dinâmica.

A forma como vem sendo desenvolvidos a maioria dos centros urbanos, os tem transformado em fontes de aumento da instabilidade da biosfera. Esta assertiva se torna patente quando se fazem algumas comparações entre os ecossistemas naturais e os urbanos (Quadro 1).

Através dessa comparação, observa-se que prevalecem as preocupações e interesses econômicos e tecnológicos, o que conduz a duas considerações sobre a participação da espécie humana no equilíbrio ecossistêmico global:

(a) a nossa capacidade tecnológica é limitada pelos recursos materiais da Terra;

(b) a Terra tem limites em sua capacidade de acomodar a tecnologia humana, sem maiores alterações nos sistemas naturais que asseguram a vida, nas condições que conhecemos hoje.

Essas assertivas são corroboradas por Wackemagel e Rees (Op. cit.) por meio do conceito de *pegada ecológica*. Por diversas formas, a sociedade humana já impõe aos sistemas naturais, impactos que eles não são mais capazes de assimilar. Um exemplo disto é a acumulação de gás carbônico na atmosfera terrestre. Emite-se mais do que a natureza pode assimilar.

Quadro 01. Comparação entre ecossistemas naturais e urbanos (adaptado de UNESCO/UNEP/EEP. EES 18,1986)

Ecossistemas Naturais	Ecossistemas Urbanos
<p>Em termos de Energia:</p> <p>Fonte de sustentação: SOL Não acumulam energia em excesso</p> <p>Relação nas cadeias alimentares: 10:cal</p>	<p>Fonte de sustentação: combustíveis fósseis O consumo excessivo de combustíveis libera muito calor para a biosfera e altera a sua temperatura</p> <p>São necessárias 100 calorias de combustível fóssil para produzir 10 calorias de alimentos que produzem 1 cal para ser humano (100:cal)</p>
<p>Em termos de Evolução</p> <p>A evolução biológica adapta todos os organismos e o seus sistemas de suporte aos processos que sustentam a vida</p>	<p>A evolução cultural atualmente subordina os organismos e os sistemas de suporte da terra aos processos que sustentam a tecnologia.</p>
<p>Em termos de População</p> <p>Mantém os níveis de população de cada espécie dentro dos limites estabelecidos pelos controles e balanços naturais, incluindo fatores como alimento, abrigo e doença.</p>	<p>Permitem que as populações cresçam tão rapidamente quanto podem aumentar a disponibilidade de alimentos e medicamentos.</p>
<p>Em termos de Comunidade</p> <p>Apresenta uma grande diversidade de espécies que vive nos limites do local dos recursos naturais</p> <p>Tende a ser mais regularmente dispersa nos ecossistemas</p>	<p>Tende a excluir a maioria das espécies e é sustentada por recursos provenientes de áreas além das áreas locais</p> <p>Tende a se concentrar em locais determinados pela proximidade de grandes corpos d'água, ou pela conveniência da rede de serviços (áreas urbana)</p>
<p>Em termos de Interação</p> <p>As comunidades são organizadas em torno das interações de funções biológicas e processos.</p> <p>A maioria dos organismos interage com uma grande variedade de outros organismos.</p>	<p>As comunidades são organizadas de modo crescente, em torno de interações de funções e processos tecnológicos.</p>
<p>Em termos de Equilíbrio</p> <p>São imediatamente governados por processos comuns, naturais, de controle e equilíbrio, incluindo a disponibilidade de luz, alimentos, água, oxigênio, abrigo e a presença ou ausência de inimigos naturais e doenças.</p>	<p>São imediatamente governados por um conjunto de competições de controle cultural e de equilíbrio de ideologias, costumes, religião, leis, políticas e economias.</p> <p>Esse acordo considera pouco, ou não considera, os requerimentos para sustentação da vida que não seja humana.</p>

A idéia de que a natureza precisa ser "dominada" pelo ser humano, e a idéia de que a natureza é uma fonte inesgotável de recursos, sempre disponíveis, e sem custos, tem levado os seres humanos a procedimentos desestabilizadores dos sistemas que asseguram a vida na Terra, configurando o panorama de perda crescente de *habitats* e de qualidade de vida, quer pela degradação generalizada dos centros

urbanos onde está a maioria das populações, quer pela brutal apropriação e destruição do patrimônio ambiental.

O ambiente urbano difere drasticamente do ambiente rural. As cidades são o local onde a espécie humana impõe o seu maior impacto sobre a natureza, alterando-a drasticamente, criando um novo ambiente com demandas únicas.

Dada a importância das cidades hoje, é intrigante como se conhece pouco sobre as interações do *Homo sapiens* com o seu ambiente urbano. Uma explicação para esta falta de entendimento é que as ciências naturais, durante os últimos séculos, focalizavam as suas atenções para os sistemas naturais não diretamente afetados pelas atividades humanas.

Com a emergência do ser humano como a maior influência ambiental, por que os cientistas ambientais e biólogos continuaram a ignorar a própria espécie em seus estudos? Uma resposta seria a complexidade dessas relações. As ações da espécie humana não podem ser estudadas por simples leis.

As relações entre o ser humano e o ambiente urbano são extremamente complexas e é impossível separar um do outro, com suas centenas de processos e atores dentro dele. Daí a necessidade de visualizá-lo com um "sistema".

De várias formas as cidades são como qualquer sistema natural: todas as partes de uma cidade são interligadas e interdependentes. Uma mudança em uma parte da cidade resulta em mudanças em outras.

O ser humano é o iniciador das mudanças ambientais no ambiente urbano. Ele remove a vegetação natural, constrói e destrói sistemas de drenagens, impermeabiliza, compacta o solo, espanta ou aniquila a fauna local, altera o padrão de absorção e reflexão da radiação solar local, introduz fontes de excreção de gases poluentes, resíduos sólidos tóxicos, esgotos e rejeitos líquidos industriais, acrescentando a isto uma fabulosa emanção de calor.

Uma outra diferença entre os socioecossistemas urbanos e os ecossistemas naturais - excluindo aqui os desastres naturais -, é que as mudanças induzidas pelo ser humano ocorrem mais rapidamente e geralmente são mais difíceis de serem revertidas.

Uma cidade pode ser comparada com uma ilha que recebe *inputs* de energia e material - alguns fluem através do sistema, com poucas mudanças; outros são transformados ou estocados dentro do sistema, e muitos se tomam *outputs*. Numa função tempo, os produtos e resíduos transformados, junto com energia e matéria não usados, são enviados para fora da cidade.

As necessidades energéticas em uma cidade industrializada são da ordem de 3.980 cal/m².dia (padrão americano), enquanto num recife de coral, um dos ecossistemas naturais mais produtivos é de 57 cal/m².dia (Odum, 1985, 1993)

A quantidade de materiais importados e exportados diariamente numa cidade é muito grande: cada habitante urbano (média americana):

consome por dia	{ 568 litros de água 1,8 kg de alimentos 8,6 kg de combustível fóssil	produz por dia	{ 454 litros de esgotos 1,8 kg de lixo 0,9 kg de ar poluído
--------------------	---	-------------------	---

Um hectare de uma área metropolitana consome de 10 a 1000 vezes ou mais a energia de uma área semelhante em um ambiente rural. O calor, a poeira e os outros poluentes atmosféricos tornam o microclima da cidade sensivelmente diferentes daquele do campo circundante. As cidades são mais quentes, com maior nebulosidade, menor insolação e mais chuviscos e neblinas do que as áreas rurais adjacentes (Gilbert, 1991)

De qualquer maneira, para manter uma cidade de 1 milhão de habitantes (cerca de 250 km²), em um país desenvolvido, precisa-se de grandes ambientes de entrada e de saída para a sua sustentação. Só para alimentos, cerca de 8000 km². Para fornecer os 7,5 bilhões de litros de água diários necessitaria de uma bacia hidrográfica muito grande e de alta pluviosidade.

Se esse padrão de consumo se espalhasse pelo planeta em todas as suas sociedades, a estabilidade dos sistemas naturais estaria aniquilada. Segundo Wackemagel e Rees (1996, p.13) seriam necessários três planetas adicionais para suportar tal demanda.

É óbvio que esses valores variam até dentro do mesmo grupo social, e variam também com as condições da economia, com os parâmetros ambientais e outros. Por essa razão, a "pegada ecológica" de Wackemagel e Rees (op.cit) representa uma abordagem mais precisa, uma vez que considera os elementos de consumo atual/instantâneo de uma dada população, num dado espaço e tempo (este conceito será utilizado neste trabalho).

Sutton & Harmon (1993) ponderaram que as necessidades e desejos de expansão da população mundial requereram intenso manejo ambiental sobre a face da Terra, criando com isso, ambientes inteiramente novos chamados de ecossistemas humanos, (áreas intensamente manejadas, notadamente cidades).

Nas cidades, este manejo chegou ao ponto de proteger os seus habitantes dos rigores externos, de tal forma, que algumas pessoas esqueceram que estas áreas dependem dos sistemas de suporte da vida, ou seja, dos ecossistemas naturais!

Outro aspecto, é que o ser humano busca a maximização da produtividade dos ecossistemas, normalmente aumentando o número de uma ou duas espécies, constituindo um conflito perigoso entre os seus objetivos e as estratégias de desenvolvimento dos ecossistemas.

O processo de sucessão natural é direcionado à maximização da complexidade de estrutura de comunidade, onde o montante de diversidade e biomassa aumenta, e o ganho ou produção da comunidade decresce até o ponto em que toda a

energia fixada é dirigida para a manutenção da estrutura da comunidade (respiração). Acompanhando diversas tendências do desenvolvimento de ecossistemas, a habilidade de resistir a distúrbios externos (aumento da estabilidade). Nas cidades este processo é simplesmente substituído por outro estádio onde a sucessão está sempre no início, logo, sujeito a rupturas e desestabilizações.

Como todo ecossistema, a cidade é um sistema aberto. Mas o ecossistema urbano, além dos seus requerimentos biológicos, tem requerimentos culturais.

Como em qualquer outro lugar, para viver na cidade os humanos necessitam de ar, água, espaço, energia, abrigo e áreas para despejo de resíduos. Por causa da alta densidade de população, muitos desses recursos não são disponíveis dentro do ecossistema, e devem ser tirados de fora. Os sistemas de suprimento das necessidades de ar e água estão sob estresse por causa da poluição produzida nas cidades! Ao mesmo tempo, as criações tecnológicas/culturais da sociedade moderna permitem à espécie humana operar mais efetivamente fora das cidades, tomando possível adquirir a grande quantidade de *inputs* que esta densa população requer.

O ser humano é um animal social e tem requerimentos culturais tanto quanto biológicos. Os ecossistemas urbanos existem porque ajudam/facilitam a obtenção de seus requerimentos culturais (organização política, sistema econômico, ciência e tecnologia, transportes, comunicações, sistemas educacionais e de saúde, atividades sociais e intelectuais e sistemas de segurança).

Como qualquer outro ecossistema a cidade demonstra uma estrutura e várias funções, estas, constituídas por componentes abióticos e bióticos acoplados em ciclos de materiais e conversões de energia, com uma organização espacial que muda com o tempo, e gera padrões de comportamentos e distribuição de espécies através de sua dinâmica populacional (UNESCO, 1991).

Entretanto, quando algumas características são tomadas conjuntamente, conferem uma singularidade aos socioecossistemas urbanos:

São sistemas abertos altamente dependentes de outros ecossistemas do seu entorno, com os quais interage através de fluxos e trocas. Do ponto de vista biológico os ecossistemas urbanos exibem uma baixíssima produtividade, logo, são altamente dependentes de outros sistemas.

Mas, do ponto de vista social, os socioecossistemas urbanos concentram uma alta produtividade de informações, conhecimento, criatividade, cultura, tecnologia e indústria, dentre outros, que exporta para outros sistemas.

Tais ecossistemas têm um apetite prodigioso por energia. As sociedades se desenvolvem, o ser humano é substituído pelas máquinas e a demanda de energia extra-somática cresce, com um correspondente acréscimo de demanda por materiais e um enorme aumento na produção de resíduos. Os ecossistemas do entorno não apenas têm que suprir a demanda de energia e materiais dos ecossistemas urbanos, como também são abrigados a receber e metabolizar a crescente e contínua saída de resíduos. Assim, tais sistemas se tornam altamente impactantes.

Essa relação de dependência, demanda e consumo, tornou os sócioecossistemas urbanos frágeis, instáveis e altamente vulneráveis, ambientalmente e socialmente. Entretanto, a sua característica mais singular é seu *humanismo*, com todos aqueles aspectos tangíveis e intangíveis inerentes à população humana.

Na verdade, são estes aspectos que conferem a singularidade desses sistemas, os quais são difíceis de qualificar e muito mais difícil de quantificar (como o sentimento de identidade, de pertinência, considerações estéticas, satisfação no trabalho, sentimento de segurança, comportamento criativo e outros). Negligenciar esses aspectos importantes para a qualidade ambiental e para a qualidade da experiência humana, pode levar a interpretações e conclusões errôneas, e portanto, a planejamentos e manejos inadequados e/ou indesejáveis.

Segundo Odum (1983), em todo ecossistema existe um ambiente de entrada (AE) e um ambiente de saída (AS), que são acoplados e necessários ao seu funcionamento e manutenção (Figura 2). Logo, um ecossistema conceitualmente completo, inclui esses dois ambientes junto com o sistema delimitado, ou seja

$$E = AE + S + AS$$

O tamanho do ambiente de entrada e saída varia:

- com o tamanho do sistema (S) (quanto >, menos dependente do exterior);
- com a intensidade metabólica (quanto mais alta a taxa, maiores a entrada e a saída);
- com o equilíbrio autotrófico-heterotrófico (quanto > o desequilíbrio mais elementos externo são necessários para equilibrar);
- com o estágio de desenvolvimento do sistema.

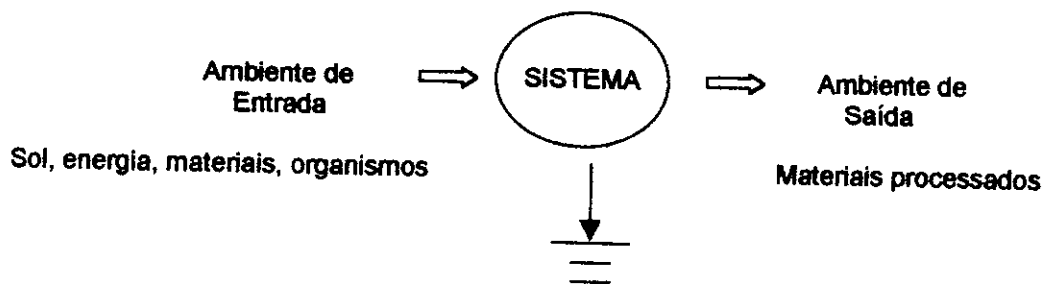


Figura 2 O ambiente externo dos ecossistemas

Assim, a cidade é um ecossistema heterotrófico, dependente de grandes áreas externas para a obtenção de energia, alimentos, água e outros materiais. A cidade difere de um ecossistema heterotrófico natural, como já vimos, por possuir um metabolismo muito mais intenso por unidade de área, exigindo um influxo maior de energia concentrada (combustíveis fósseis, na maior parte); uma grande entrada de materiais e energia (além do necessário) para a manutenção da vida (estilo), e uma saída maior e mais venenosa de resíduos. Portanto, os AS e AE são relativamente mais importantes para os socioecossistemas urbanos do que para os ecossistemas autotróficos (florestas, por exemplo).

Vale salientar que a maioria das áreas metropolitanas possuem componentes autotróficos (áreas verdes na forma de parques, reservas, cinturões-verdes etc), mas a sua produção orgânica não sustenta a sua demanda. Sem os fluxos de alimentos, combustível, energia elétrica e água, o sistema entraria em colapso e as pessoas teriam que migrar.

As cidades não ocupam uma área tão grande da paisagem terrestre - de 1 a 6%, como já foi visto - porém, onde existem, alteram a natureza dos rios, florestas e campos naturais e cultivados, e interferem na atmosfera, impondo modificações nos seus AE e AS.

As cidades de países menos desenvolvidos possuem um metabolismo ecossistêmico urbano menos intenso, e em consequência os seus AE e AS são proporcionalmente menores. Todavia, a falta de infra-estrutura para o tratamento de esgotos e efluentes industriais muitas vezes resulta num impacto local mais grave, como será visto adiante.

Os sistemas naturais obedecem a leis termodinâmicas implacáveis. São elas que estabelecem, por retroalimentação, os diferentes mecanismos de auto-ajustamentos responsáveis pelo funcionamento dos ecossistemas.

À medida que aumentam o tamanho e a complexidade de um sistema, o custo energético de manutenção tende a aumentar proporcionalmente a uma taxa maior. Ao se dobrar o tamanho de um sistema, torna-se geralmente necessário mais que o dobro da quantidade de energia, a qual deve ser desviada para se reduzir o aumento na entropia, associado à manutenção da maior complexidade estrutural e funcional.

À medida que um ecossistema torna-se maior e mais complexo, aumenta a proporção da produção bruta que deve ser respirada pela comunidade para sustentá-la, e diminui a proporção que pode ser destinada ao crescimento. No momento do equilíbrio entre entradas e saídas, o tamanho não pode aumentar mais. A quantidade de biomassa que pode ser sustentada sob estas condições denomina-se capacidade máxima de suporte. Entretanto, segundo Odum (1983), as evidências indicam que a capacidade ótima de suporte, sustentável durante muito tempo diante das incertezas e variáveis ambientais, seja 50% mais baixa que a capacidade teórica máxima de suporte.

Com isso, vale acrescentar que muitas megacidades, estão com suas capacidades máximas de suporte absolutamente superadas, e só se sustentam, graças a redução do consumo de outras, uma vez que os seus AE e AS são também megadimensionados. Tais assertivas são corroboradas por Wackernagel e Rees (Op.cit.).

Para Odum (Op.cit.) um equilíbrio aceitável entre os custos e os benefícios, parece ocorrer numa cidade de tamanho moderado, com uma população de cerca de 100.000 habitantes (varia com as capacidades dos AE e AS; as cidades provavelmente tenham tamanhos ótimos diferentes de acordo com a sua localização e características sócioambientais). Esse tipo de assertiva é corroborado por Miller Jr (1985).

De uma forma ideal, uma região teria apenas uma cidade muito grande, com todas as suas vantagens culturais, ladeada por cidades menores, criando áreas urbanas bem tamponadas.

A pior situação, em termos ambientais, é a de cidades "contínuas", em faixas, quase que interligadas (como entre Washington e Boston; entre Taguatinga / Ceilândia / Samambaia, em Brasília), com graves efeitos sobre o ambiente de manutenção da vida, uma vez que o AS de uma cidade passa a ser o AE da cidade vizinha, tomando cada vez mais cara a sua manutenção (exemplo de retorno minquante).

Um outro aspecto dos ecossistemas urbanos é que o *habitat urbano* maximiza as funções econômicas a tal ponto que os aspectos sociais e ambientais da existência humana não são maximizados simultaneamente.

Em virtude do ser humano sustentar-se com subsídios gigantescos, importados e muitas vezes retirados de depósitos acumulados antes da sua chegada à Terra (combustíveis fósseis, águas subterrâneas etc), toma-se muito difícil estimar-se a capacidade de suporte desta sociedade urbano-industrial. Porém, uma coisa é inegável, os seres humanos parecem aproximar-se dos níveis máximos (seleção K) da capacidade de suporte do ambiente. Borgstrom (1969) no seu ensaio "Too Many", acreditava que a capacidade de suporte da terra já havia sido excedida! Wackemagel e Rees (Op.cit.) revelam que o nível atual de consumo já excedeu em 30% a área disponível, ecologicamente produtiva. Isto é, já estamos precisando de um planeta 30% maior para acomodar os atuais padrões de consumo, sem liquidar com os recursos naturais.

O centro emanador desse consumo está nas cidades. As cidades são centros de oportunidades e continuarão atraindo pessoas, portanto, tendem a continuar crescendo, a menos que os atuais modelos de desenvolvimento econômico sejam transmutados para modelos de desenvolvimento humano sustentáveis, onde estejam previstas novos estilos de vida, capazes de gerar menos impacto e de oferecer uma melhor qualidade de experiência humana às pessoas.

Os modelos atuais oferecem as benesses da cidade a um grupo restrito de pessoas, enquanto a grande maioria empilha-se em apartamentos vergonhosamente pequenos, ou casas em bairros sem infra-estrutura urbana, sem falar nos favelados e nos sem-teto que se multiplicam geometricamente em todo o mundo, inclusive nos países ricos, configurando um quadro de degradação transnacional.

2.1.2. Os Modelos ecossistêmicos

Por definição um modelo é uma formulação que imita um fenômeno real, e através dela é possível fazer previsões. A modelagem atual, baseada em análises de grupos funcionais, trabalha com grupos relativamente pequenos de variáveis ambientais, e permite tomada de decisões sem o costumeiro emaranhado ocasionado por matrizes infundáveis. Muitos duidavam da validade da modelagem que se fazia levando-se em conta um elevado número de variáveis do ambiente natural que

terminavam produzindo um emaranhado de congestionamentos de dados. Este problema foi resolvido nesta década com a concepção dos "grupos funcionais", um abordagem ecológica simplificada do metabolismo natural, que considera fatores chaves e propriedades emergentes (Komer, 1989; O'Neill, 1989).

Todas as atividades humanas são intrinsecamente dependentes dos processos ecossistêmicos. Sem os seus serviços a vida não seria possível. Consistem do ambiente físico e de todos os seus organismos numa determinada área, junto com a teia de interações desses organismos com aqueles ambiente físico, e desses organismos entre si.

Qualquer ecossistema apresenta dois componentes básicos: bióticos (os seres vivos) e abióticos (o meio físico e químico). Os componentes bióticos são autótrofos (seres fotossintetizantes) e heterótrofos (não fotossintetizantes). Os autótrofos são os produtores e os heterótrofos são os consumidores. Na abordagem holística, o terceiro componente ecossistêmico é a cultura humana.

O Sol é o grande impulsionador dos ecossistemas. Essa gigantesca bomba nuclear em constante explosão irradia energia ao seu redor.

Na terra, a energia irradiante do sol além de manter o delicado equilíbrio térmico do planeta, evaporar a água e estabelecer o seu ciclo, permite a fotossíntese. Neste processo, a energia radiante do sol incidente na clorofila das plantas, ajuda a combinação do gás carbônico e dá água, ambos de baixo conteúdo energético, para formar carboidratos de alto teor de energia como os açúcares e os amidos, em cujas moléculas ficam armazenadas em suas ligações químicas, a energia absorvida (curiosamente, o oxigênio é um sub-produto da fotossíntese).

Esta energia é passada adiante para os animais que se alimentam dessas plantas, ou para os animais que se alimentam dos comedores dessas plantas, através do processo de respiração celular, uma espécie de queima lenta de carboidratos. Aqui o oxigênio reage com os carboidratos e libera gás carbônico + água + energia. Esta energia é utilizada por compostos químicos que contém fósforo para realizar diversos trabalhos como crescimento, flexão muscular, pensamento e todas as atividades que associamos à vida.

Por essa razão as plantas são denominadas de produtores, embora tecnicamente não produzam a energia, apenas transferem-na, através da fotossíntese, da parte física para a parte biológica do sistema, e a colocam à disposição de todos os outros organismos, os consumidores.

O conhecimento do metabolismo energético dos ecossistemas é fundamental para a compreensão do seu comportamento, dinâmica, estrutura e limitações.

O comportamento da energia no funcionamento dos ecossistemas - e em qualquer sistema -, é descrito pela Primeira Lei da Termodinâmica (Lei da Conservação da Energia: a energia não pode ser criada nem destruída, só transformada de uma forma para outra) e pela Segunda Lei da Termodinâmica (quando a energia é utilizada, parte dela perde-se inexoravelmente).

Os organismos, em cada nível trófico realizam um trabalho no curso da manutenção de sua estrutura e metabolismo e na reprodução. Assim, toda energia usada sofre a "tributação" da Segunda Lei da Termodinâmica, e a parte tributada não fica disponível para o nível trófico seguinte, simplesmente dissipa-se no espaço!

Isto significa que em qualquer ecossistema a quantidade de energia disponível em cada nível trófico sucessivo, diminui. Portanto, há mais energia disponível para manter plantas do que herbívoros, mais para manter herbívoros do que carnívoros etc. Daqui, é obvio concluir que quanto mais a população humana alimentar-se do que há no topo da cadeia alimentar - carne bovina, por exemplo -, menos comida terá ao seu dispor!

Nos ecossistemas os nutrientes passam por processos cíclicos e são recuperados e reintroduzidos nos circuitos metabólicos. Entretanto, a energia, como afirma a Segunda Lei da Termodinâmica, não pode ser reciclada, ela só pode ser usada uma vez, num fluxo, fazendo uma viagem apenas de ida através dos ecossistema (Odum, 1993).

Se os ecossistemas fossem isolados de suas fontes de energia, deixariam de existir. Interrompendo-se o ciclo de nutrientes os ecossistemas desmoronariam. Alterados substancialmente - como nas mudanças climáticas - as características ecossistêmicas seriam também profundamente modificadas, com conseqüências imprevisíveis.

Além da ação antropogênica, o clima e o solo determinam, em grande parte, o tipo de ecossistema que pode ocorrer numa determinada região.

Todos os ecossistemas, incluindo a biosfera, e até mesmo os sistemas abaixo dela, são sistemas abertos: abrigam entradas e saídas de energia, e conseqüentemente possuem ambiente de entrada e ambiente de saída acoplados.

Estas estruturas são fundamentais para o funcionamento e manutenção dos ecossistemas. Para os ecossistemas urbanos, o respeito a essas estruturas de entrada e saída podem significar a estabilidade ou instabilidade ou até mesmo o caos de uma cidade, conforme será visto adiante.

Os socioecossistemas urbanas podem ser considerados como o coroamento da capacidade humana em criar complexidades, e também um dos seus maiores problemas e desafios. Apenas pelo seu fluxo energético tem-se uma idéia das dimensões da sua complexidade. A energia potencial altamente concentrada dos combustíveis, substitui, em vez de meramente complementar, a energia solar, para impulsionar o seu metabolismo.

Desta forma, nota-se como o ser humano, através de diversos processos culturais, desenvolveu estilos de vida altamente consumidores e dissipadores de energia, em áreas reduzidas, acelerando em muitas vezes a velocidade de processamento de energia e materiais no metabolismo ecossistêmico urbano.

Parece óbvio que as nações não poderão perseguir o ideal americano de consumo e atingir os seus patamares de consumo. Se isto ocorresse, só com o aumento da frota de veículos global, a atmosfera estaria morta. Simplesmente interferir-se-ia na química atmosférica de tal forma que a vida como se concebe hoje não seria possível.

As proporções da destruição que o ser humano tem imposto aos ecossistemas são tão grandes que o conhecimento das reações dos sistemas adquiriu importância fundamental para a saúde e o bem-estar desses mesmos causadores de perturbações.

Para Odum (1993), um outro componente metabólico dos ecossistemas urbanos é o dinheiro. Ele representa um fluxo em sentido oposto ao fluxo energético pois sai das cidades e fazendas, em troca de energia, serviços e dos recursos que entram. Ao contrário da energia que opera em fluxos, o dinheiro opera em ciclos, e teoricamente pode ser convertido em unidades de energia, corrigidas segundo a qualidade (calorias etc), afim de estabelecer um valor monetário para os bens e serviços da natureza.

Este componente de análise ecossistêmicas veio resolver um problema antigo: os bens e serviços da natureza não eram computados na economia. Ignoravam-se tais valores (em sua maioria, continua esta prática, infelizmente) e em seu nome produziram todo um espectro de destruição das paisagens naturais e dos seus recursos.

Economistas e ecólogos concordam que devam ser abolidas as diferenças entre valores do mercado e valores que não são do mercado, como forma de criar sistemas eficientes de avaliação de impacto ambiental e de estimativas de seus custos para uma justa gestão dos recursos ambientais. Isto é factível porquanto o custo dos bens e serviços da natureza está intimamente relacionado com a quantidade de energia gasta em sua produção.

Agora, a teoria econômica ligada à teoria energética-ecológica, fornece o potencial para se incluir a obra da natureza (serviços dos ecossistemas) como também um valor econômico, não como um bem gratuito, elevando-se desta maneira, o sistema econômico ao nível de ecossistema.

Esta assertiva está bem representada pelos trabalhos de Bellia (1996) em *Introdução à Economia do Meio Ambiente*, Ashworth (1995) em *A economia da natureza - repensando as conexões entre ecologia e economia*, e outros. Wackernagel e Rees (1996) também corroboram tais assertivas e acrescentam metodologias específicas.

Pensa-se que há uma competição entre preservação ambiental e emprego (trabalho). Contudo, isto não é correto pois o trabalho do ambiente torna-o "sócio" da economia, contribuindo decisivamente para o seu desenvolvimento. Algumas vezes, empregos potenciais são perdidos para proteger o ambiente, mas a longo prazo, a preservação do ambiente pode estimular a economia como um todo.

2.1.3. Estruturas e funções dos ecossistemas: serviços prestados pelos ecossistemas e antropismo

Alheios à nossa percepção, são executados continuamente na natureza, processos admiravelmente complexos e precisos de regulação e auto-ajustamentos, responsáveis pela vida como a concebemos agora em nosso planeta. Dentre tantos, destacam-se:

(1) Os ecossistemas controlam a qualidade da atmosfera. O oxigênio disponível para a respiração dos animais é produzido, em sua maior parte, por algas (e não pelas árvores, como normalmente se anuncia).

Por outro lado, algas azuis-esverdeadas (cianofíceas) e outras bactérias, controlam a concentração do nitrogênio atmosférico (78% do ar atmosférico), convertendo-o (fixando-o) da forma atmosférica simples para moléculas mais complexas que podem ser utilizadas pelas plantas.

A partir das plantas, o nitrogênio percorre as cadeias alimentares até chegar aos animais. Aqui, vários decompositores "*desmontam*" os compostos de nitrogênio outra vez, e alguns o devolvem à atmosfera. Perturbando-se este complexo ciclo, altera-se a natureza da atmosfera (a concentração dos óxidos de nitrogênio poderia aumentar, por exemplo, e atacar a camada de ozônio).

Todas as plantas e animais da Terra precisam de nitrogênio para a formação de proteínas. Alterar substancialmente o seu ciclo poderia significar a interrupção da vida na Terra.

(2) Os ecossistemas ajudam a controlar e melhorar o clima, o que é feito influenciando o fluxo de energia do Sol. Este fluxo pode ser modificado pela alteração da reflexividade da atmosfera e da superfície do planeta, o que significaria a alteração da quantidade de energia solar absorvida. Também o pode, pela modificação do grau em que a atmosfera pode armazenar a energia solar que a terra absorveu (efeito estufa);

Outra maneira através da qual os ecossistemas da terra controlam o clima é influenciando no volume de gás carbônico presente na atmosfera. Este trabalho é feito pela fotossíntese, respiração e absorção oceânica, que estão intimamente ligados ao ciclo do carbono e com isso à determinação da concentração atmosférica do gás carbônico.

Com a alteração dos ecossistemas, causadas por desflorestamento, queima de combustíveis fósseis etc, esse conteúdo será modificado. Um aumento significativo no gás carbônico atmosférico poderá trazer conseqüências dramáticas, uma vez que causaria um aumento nas temperaturas globais, ao intensificar o efeito estufa;

(3) Outro serviço prestado pelos ecossistemas é o abastecimento e a regulação da água doce, proporcionados através do controle da precipitação, evaporação e fluxos terrestres de água.

Os ecossistemas florestais são de particular importância no controle do ciclo hidrológico, armazenando e controlando a água, evitando as cheias (e as secas), a erosão do solo e sua areificação;

(4) Os ecossistemas aquáticos purificam a água, decompondo os dejetos, livrando-a de agentes patogênicos e tóxicos. Este serviço é comprometido ou suspenso quando a quantidade de dejetos supera a capacidade de auto-depuração do sistema, ou quando substâncias tóxicas sintéticas são introduzidas. Os decompositores, por possuírem pouca ou nenhuma experiência evolucionária com tais compostos, normalmente não dispõem de mecanismos para digeri-los.

A geração e manutenção dos solos, eliminação de dejetos e reciclagem de nutrientes são funções importantes, com estreita interrelação dos ecossistemas. Envolvem uma série de atividades como fragmentação das rochas pelos líquenes e plantas, ancoragem do solo pelas plantas, ação de decompositores e outros organismos envolvidos na ciclagem de nutrientes, inclusive o carbono, nitrogênio, fósforo e enxofre (Ciclos Biogeoquímicos).

Esses processos vitais não podem ser substituídos na escala exigida pela tecnologia e modelos de desenvolvimento humano, sem que um alto preço seja pago, traduzido em catástrofes naturais como a exacerbação das alterações climáticas manifestadas por temperaturas desconfortáveis, secas, enchentes, desertificações etc.

(5) Os ecossistemas também controlam a enorme maioria de pragas agrícolas e de portadores de doenças humanas em potencial, e proporcionam alimentos e uma variedade de medicamentos e substâncias úteis a diversos setores industriais. Eles compreendem um enorme acervo genético de espécies e variedades das quais recolheu-se a própria base da civilização.

Assim, uma derrubada de floresta, uma impermeabilização de solo etc, ocasionam a perda daqueles serviços ecossistêmicos, com a vinda de algum tipo de prejuízo.

Nota-se também que grande parte do que se planeja e se faz nas cidades, vai de encontro aos princípios de manutenção dos serviços dos ecossistemas, ignorando a sua existência. Credita-se isto à visão fragmentada das academias, sustentadas por paradigmas de pensamento e ação que consideram os recursos naturais como provisões infinitas e exclusivamente à disposição do ser humano.

Odum (1993) sugere uma proporção de 3:1 até 5:1 entre ambientes naturais e artificiais. Todavia, antes de se concluir por estas proporções, é necessário levar-se em conta três limitações:

1. Uma vez que o metabolismo energético dos ecossistemas urbanos é cerca de 100 vezes maior do que o de qualquer ecossistema natural - mesmo os mais produtivos como os manguezais e corais -, é necessária uma área muito grande do sistema natural para que a desordem produzida por uma pequena área do sócioecossistema urbano seja dissipada. Esta capacidade dissipativa é fundamental para o desenvolvimento e manutenção de uma estrutura altamente organizada;

2. A capacidade de sustentação da vida nos ecossistemas naturais varia segundo a sua produtividade e o grau de estresse já sofrido;

3. Proporção entre hectares "fantasmas" (alheios) e hectares internos complicam as relações (exemplo do Japão), produzindo sobreposições. Estas sobreposições, segundo Wackernagel e Rees (1996), já alcança toda a superfície da Terra (ecúmeno).

Dessa forma, pode-se concluir que é extremamente difícil a determinação objetiva da quantidade do ambiente natural que deve ser preservado dentro de uma dada unidade política com a finalidade de sustentar um dado nível de desenvolvimento humano em um local.

Estudos demonstram, entretanto, que quando a área de terra desenvolvida supera os 40%, o valor da terra desenvolvida e o valor total da paisagem inteira diminuem abruptamente, pois os bens e serviços naturais de sustentação da vida não conseguem satisfazer as demandas do "desenvolvimento" intensivo porquanto possui retornos minguantes.

Os sistemas de alta energia, como as cidades, requerem uma abundante sustentação da vida pela natureza. Se não forem preservadas grandes áreas de ambiente natural de forma a fornecer a entrada necessária da natureza, então, a qualidade de vida na cidade diminuirá, e a cidade não poderá mais competir economicamente com outras cidades que possuem tais sistemas à disposição. Ou então, viverão às custas da diminuição dos suprimentos de outras cidades, como já ocorre.

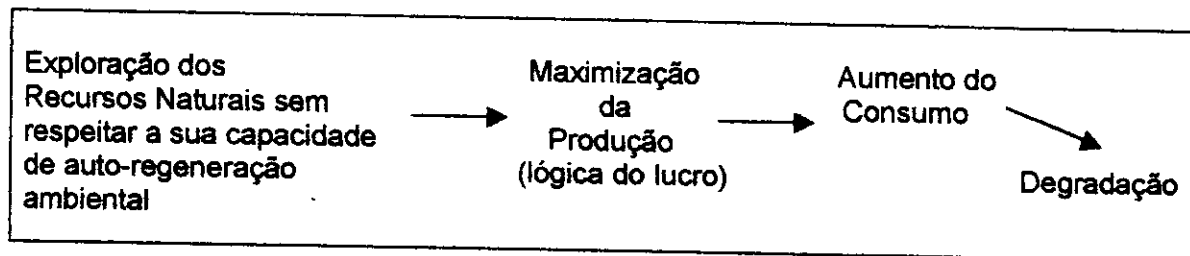
Em muitas áreas do mundo, o recurso limitante é a água. Se o custo energético para o fornecimento desse bem for muito elevado, o custo energético da cidade subirá até que ela não consiga mais competir com aquelas que não têm que pagar este custo extra.

Quando as cidades crescem além da sua capacidade de suporte e não conseguem mais arcar com os custos da sua manutenção, estabelece-se uma situação penosa. Pedem dinheiro para crescer ainda mais e os seus sistemas de manutenção da vida se tomam cada vez mais escassos, exigentes e caros, quando deveriam estar desviando uma maior proporção de energia para a manutenção da qualidade e da eficiência do ambiente já desenvolvido e à redução do estresse do ambiente vital de manutenção dos sistemas que asseguram a vida.

A falta de visão sistêmica tem levado governantes a decisões bisonhas em todo o mundo, aplicando recursos nos locais errados, ignorando prioridades, impondo um lamentável exercício de enganos, comprometendo a sustentabilidade dos ecossistemas urbanos. Esse contexto é reforçado pela visão fragmentada praticada nas universidades, de onde saem os planejadores e tomadores de decisões.

Um outro elemento de reflexão localiza-se na necessidade de elevação da eficiência na utilização dos recursos naturais, transformando-se a economia linear em economia circular (Figura 3).

Economias Lineares



Economias Circulares

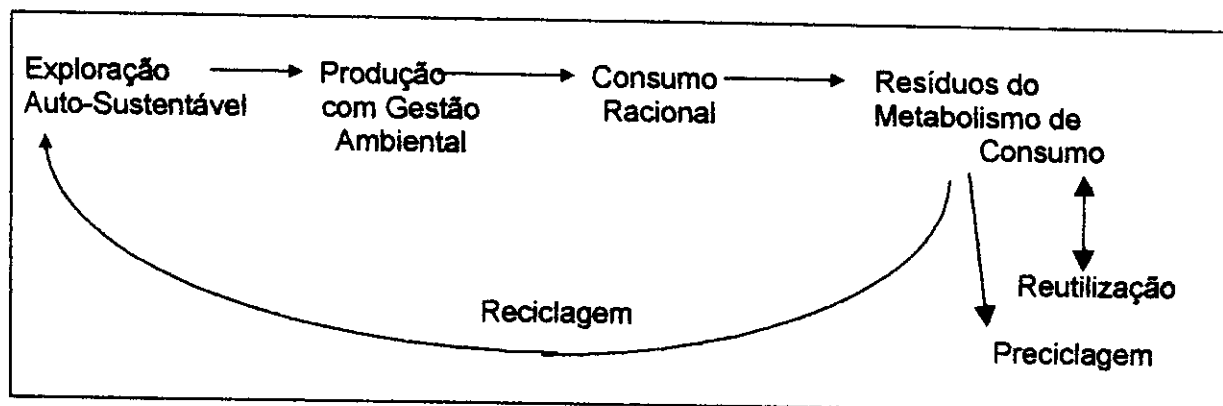


Figura 3 Utilização de recursos e modelos econômicos.

O resultado da ação dos seres humanos sobre o ambiente natural nas últimas décadas, tem demonstrado que esta espécie vive um crise de percepção. Age como se não dependesse dos sistemas que asseguram a vida no planeta, como pudesse dispensar os serviços ecossistêmicos, e fosse a última geração sobre a Terra.

As suas atividades produzem todos os tipos de agressões ao ambiente natural, causando diversos tipos de desestabilização ecossistêmicas e ameaçando até mesmo os próprios recursos vitais para a sua sobrevivência, a exemplo dos recursos hídricos.

2.1.4. Rede de informações e estabilidade ecossistêmicas

A mais completa, sofisticada, intrincada e fascinante rede de informações, encontramos na natureza. Os ecossistemas são ricos em redes de informações que compreendem fluxos de comunicação físico, químico e biológicos, que interligam todas as partes e governam ou regulam o sistema como um todo.

Uma simples alteração de temperatura ou de nebulosidade por exemplo, faz disparar inúmeros mecanismos que interpretam imediatamente as modificações e as

introduzem no sistema, a uma notável velocidade, sob condições impressionantes de precisão.

Os ecossistemas se comunicam continuamente através das partes atmosféricas da água e dos ciclos de nutrientes que “lubrificam” continuamente a maquinaria da natureza (Ehrlich, 1993).

Odum (1985) em seu trabalho sobre tendências esperadas em ecossistemas estressados, estabeleceu uma série de 18 itens, que são, na verdade, leituras dos comportamentos de certos aspectos do ambiente, que terminam revelando o estágio geral deste ecossistema por meio das “comunicações” entre suas partes. Para este autor, são tendências de um ecossistema está estressado: i) aumento da respiração da comunidade (aumenta estrutura dissipativa); ii) a relação produção/respiração se torna desbalanceada; iii) a relação produção/biomassa e respiração/biomassa tem suas taxas aumentadas; iv) aumento da importância da energia auxiliar (metabolismo exossomático); v) aumenta a exportação da produção primária; vi) aumento da movimentação de nutrientes; vii) aumento do transporte horizontal de nutrientes e redução da ciclagem; viii) aumento da perda de nutrientes; ix) proporção de estrategistas r aumenta; x) redução do tamanho dos organismos; xi) redução do período de vida de partes de organismos (folhas); xii) a cadeia alimentar se torna mais reduzida dada a redução do fluxo de energia nos níveis tróficos mais altos e/ou maior sensibilidade dos predadores ao estresse; xiii) redução da diversidade de espécies e aumento da dominância; xiv) o ecossistema se torna mais aberto; xv) a sucessão se reverte a estádios imaturos iniciais; xvi) redução da eficiência no uso de recursos; xvii) o parasitismo e outras interações negativas aumentam, enquanto o mutualismo e outras interações positivas decrescem; xviii) as propriedades funcionais são mais resilientes do que as propriedades estruturais.

O grau de estabilidade ecossistêmicas varia de acordo com o rigor do ambiente externo e da eficiência dos controles internos: a **estabilidade de resistência** indica a capacidade de um ecossistema resistir a perturbações e de manter incólume a sua estrutura e o seu funcionamento; a **estabilidade de elasticidade** indica a capacidade de se recuperar quando o sistema é desequilibrado por uma perturbação. Os dois tipos de estabilidade podem ser mutuamente exclusivos.

As atividades humanas desenvolvidas nos socioecossistemas urbanos são altamente desestabilizadoras. Em áreas densamente povoadas e ocupadas por atividades de intenso processamento energético, constituem-se em autênticos “pontos negros” do metabolismo ecossistêmico global.

Esse metabolismo, atualmente se toma cada vez mais interativo com a capacidade humana de estabelecer e operar redes de informações.

Muitas transformações de energia são envolvidas na cadeia de interações que desenvolvem e mantêm informações que dão suporte a instituições educacionais, indústrias de alta tecnologia e o governo, cujo *feedback* organiza todo o sistema (a informação compartilhada = cultura, ODUM, 1993). Por haver crenças e modos de trabalho comuns, os indivíduos juntos constituem uma unidade poderosa (o intenso trânsito em uma cidade só é possível pelo compartilhamento do conhecimento das normas de como dirigir).

Esse autor demonstra os caminhos da informação no topo da cadeia de transformação de energia, enfatizando o papel das universidades no desenvolvimento de novas idéias, tecnologia e capacitação de pessoal que vai difundir na sociedade, interagindo, contribuindo e controlando a cadeia de apoio mútuo.

2.2. Ecologia humana e padrões de interações ecossistêmicas

Quando a Ecologia tornou-se centro das atenções em todo o mundo (ou mais precisamente, a temática ambiental), alavancada pela crise ambiental dos anos setenta, agravada nos anos oitenta, não se imaginava que um erro crucial seria cometido de forma tão sistemática: aprofundaram-se os estudos sobre a flora e a fauna, esmiuçaram-se os recônditos dos seus metabolismos e comportamentos, distribuições e dinâmicas, mas não consideraram com a devida atenção dessa escalada de busca de conhecimentos, a espécie humana.

Em nome da sua complexidade, negligenciaram-se os estudos sistêmicos das intensas, complexas e essenciais relações entre os seres humanos e destes com o ambiente. Desta forma, a Ecologia Humana ainda assenta as suas bases e procura mostrar:

(a) como as condições sociais (organização e estrutura da sociedade humana e seu ambiente artificial) afetam tanto o ambiente natural quanto a qualidade da experiência humana (condições de vida e estado biopsíquico);

(b) como o ambiente natural também afeta as condições sociais e a qualidade da experiência humana.

Quando as condições sociais e/ou o ambiente natural afetam o indivíduo, a intensidade dos efeitos na qualidade da sua experiência humana dependerá da sua capacidade em perceber essa influência, uma vez que a percepção é uma variável cultural (Boyden et al., 1981). Estas relações estão expressas na Figura 4.

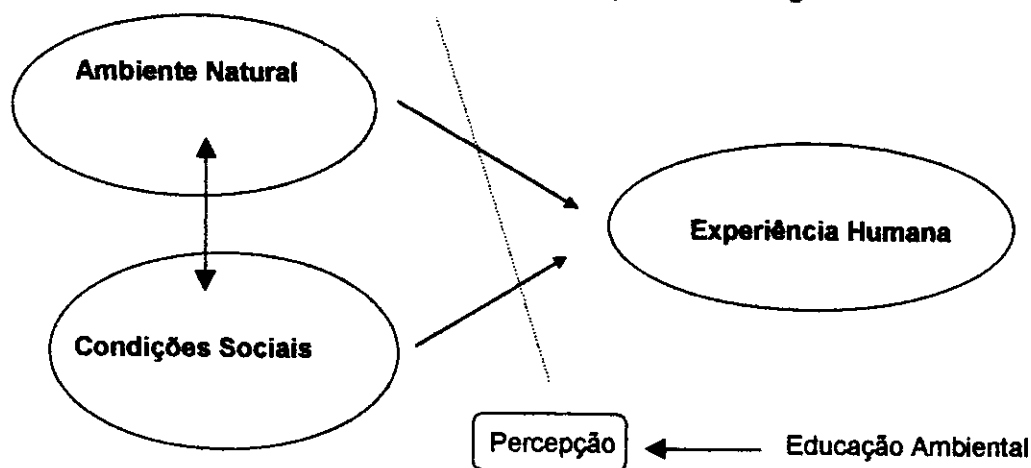


Figura 4 O Triângulo da Ecologia Humana (Adaptado de BOYDEN, 1981 e DIAS, 1994)

O papel da Educação Ambiental nesse contexto é o de, através dos seus processos e estratégias diversas, promover a percepção das alterações e tendências do seu ambiente total (condições sociais + ambiente natural), tomando os indivíduos e a comunidade, aptos a agir em busca da defesa, melhoria e elevação da sua qualidade de vida, clarificando as relações da sua espécie com o seu ambiente.

Dentre as análises dos modelos de padrões de interação ser humano-ambiente efetuadas destaca-se o de Almeida Jr. (1994). Segundo esse autor, os ancestrais da espécie humana atual (*Homo sapiens sapiens*), resultado tardio da evolução cósmica, surgiram há apenas 3,5 milhões, quando a vida já existia há 4 bilhões de anos, em um planeta com 5 bilhões de anos. Com o ser humano, além do processos evolucionários físicos, químicos e biológicos, contínuos desde o *Big Bang* (15 bilhões de anos), surgiu um terceiro processo evolucionário - o *eucultural* ou verdadeiramente cultural -, que resultou nos paradigmas de percepção, pensamento e ação que tomaram a espécie humana peculiar. Tais paradigmas foram produzindo símbolos e artefatos, manifestações culturais que culminaram em idéias, interações, invenções, processos, organizações, sistemas e novos paradigmas. Assim, foram produzidas as Revoluções Neolítica, Industrial e Tecnológica.

A evolução humana, adaptativamente antropocêntrica, gerou civilizações com suas religiões, filosofias, artes, ciências e tecnologias, e permitiu que se aprendesse a "adquirir, preservar, transmitir, aplicar e transformar conhecimentos; aprendeu, igualmente, a expressar e a modular suas emoções" (p. 287). O ser humano passou a elaborar sistemas valorativos, políticos, jurídicos, econômicos e sociais, e se transformou num criador e construtor exímio - *na paisagem e da paisagem* -, sem controle de si mesmo e do seu meio, produziu alterações de forma a tomar-se presa de si mesmo.

Almeida Jr. acentua que "a Terra atual é um imenso complexo de ecossistemas humanos" (ecosfera) (p.287). A característica de um ecossistema natural é expressa na interdependência entre os seus componentes físicos (abióticos) e vivos (bióticos), mantidos por uma estrutura biofísica e fluxos energéticos e ciclos de matéria, em equilíbrio dinâmico, no âmbito de suas dimensões espaço-temporal. Em um ecossistema humano a essência é a mesma, porém mais complexa pelo acréscimo de componentes e estruturas euculturais. Todo ecossistema é passível de dissipação de energia, logo é passível de modificações estruturais e funcionais, dependendo da sua resiliência (capacidade de responder e se recuperar de tensões impostas).

A partir da Revolução Industrial a Terra passou a exhibir sintomas evidentes de estar no limite crítico da sua resiliência ecossistêmica. Para o WRI (1997) e Wackernagel e Rees (1996) tais sintomas estão sendo expressos por meio das profundas alterações ambientais globais que estão sendo experimentadas na atualidade.

Para Almeida Jr. , a consciência coletiva desse fenômeno é recente (últimos 50 anos). A despeito de grandes movimentos de ação planetária como o ambientalismo; novos campos de estudos como a Ecologia Humana, Economia Ecológica, Educação Ambiental e Direito Ambiental; novas tecnologias menos poluentes; novas teorias como a de James Lovelock (Gaia); novas idéias e conceitos como o de Desenvolvimento Sustentável; projetos de manejo ecológico, de avaliação de

impacto ambiental e de Unidades de Conservação, a questão crucial de como evitar a ecocatástrofe parece persistir como um grande desafio.

Segundo esse autor, as interações do homem com o ambiente têm sido objeto de reflexões desde os primórdios da filosofia e a da teologia. Nas civilizações cuja cultura é permeada por um sistema explanatório racional, a cosmologia (a visão do mundo) prevalecente geralmente tem origem no sistema teológico da religião predominante. Nas civilizações modernas a visão de mundo é científica, a partir de hipóteses e teorias elaboradas à base de dados teóricos e empírico (geocentrismo, heliocentrismo, evolucionismo, relatividade). Nas civilizações contemporâneas as diferentes cosmologias – teológicas, filosóficas e científicas –, competem nos seus esforços explanatórios sobre as interações ser humano – ambiente.

Para Almeida Jr. (Op.cit.) a cosmologia de uma pessoa ou de grupos humanos reflete pelo menos um paradigma de percepção, pensamento e ação, ou seja, o modo humano de perceber, refletir e agir em relação à natureza, ao ambiente, ao próprio ser humano e ao mundo por ele criado. Tais padrões interativos estão contidos em quatro modelos, conforme o quadro 2 a seguir.

Quadro 02 Modelos de interação ser humano-ambiente

C/B socioeconômico para o ser humano	C/B ecológico para o ambiente	Natureza da Interação	Tipo de Modelo	Efeitos sobre Ser humano	Efeitos sobre Ambiente
C < B (+)	C < B (+)	Equilibrada	Cooperativo	Favorável	Favorável
C < B (+)	C > B (-)	Desequilibrada	Conflitivo egoísta	Favorável	Desfavorável
C > B (-)	C < B (+)	Desequilibrada	Conflitivo altruísta	Desfavorável	Favorável
C > B (-)	C > B (-)	Equilibrada	Competitivo	Desfavorável	Desfavorável

Adaptado de Almeida Jr (1996, p.289)

C: Custo B: Benefício

Observa-se que no modelo cooperativo estabelece-se uma interação de ganhos mútuos (sociedades tribais e não-tribais tradicionais) enquanto que no modelo competitivo ocorrem perdas mútuas (desastres ambientais como Bhopal, Chernobyl, Alasca e outros). De natureza essencialmente antropocêntrica, o modelo conflitivo egoísta, próprio de sociedades não-sustentáveis, é o preponderante. Representa o modelo atual de "desenvolvimento", responsável pelo limite crítico de resiliência ecossistêmica e da crise planetária. O modelo conflitivo altruísta é o mais raro de todos (proteção à natureza). Resulta do investimento humano na natureza (criação e manutenção de Unidades de Conservação por exemplo). Os quatro modelos interagem de forma dinâmica, eclética e complexa. O autor, entretanto, adverte ser impossível analisar tais padrões de interações sem recorrer a referenciais de valores, que na essência, são relativos (ainda que possam conter alguns valores absolutos como a preservação da vida humana, por exemplo).

2.3. As dimensões humanas e as alterações ambientais globais

Segundo o IGBP – *International Geosphere-Biosphere Programme* (1990), durante a geração passada, o ambiente da Terra mudou mais rapidamente do que qualquer outro tempo comparável na história. Embora os fenômenos naturais tenham um papel importante nessas mudanças, a fonte primária dessa dinâmica tem sido

precipitada pelas interações do ser humano com a biosfera. Tais influências, produzidas de modo inadvertido ou proposital, criaram e criarão mudanças globais dramáticas que alterarão a existência humana por muito tempo.

Tais mudanças globais são resultados das relações políticas, sociais, econômicas e religiosas da humanidade com a Terra. Agricultura, silvicultura, produção e padrões de consumo de energia e materiais, aumento da população, urbanização e outras atividades humanas alteraram os ecossistemas aquáticos, terrestres e a atmosfera da Terra.

Essas alterações incluem, entre outras: (a) o aquecimento global e as alterações climáticas globais (impactos sobre o ambiente e a sociedade, causas do aquecimento, barreiras para as soluções); (b) desflorestamentos (impactos na biosfera, na sociedade, soluções); (c) redução da camada de ozônio (efeitos sobre os seres vivos); (d) redução da produtividade biológica e da biodiversidade; (e) redução da diversidade cultural; (f) alterações da superfície da terra pelo uso; (g) alterações da qualidade do ar e da qualidade de vida de milhões de seres humanos e não humanos; Todas essas mudanças transcendem as fronteiras nacionais e devem ser vistas sob uma perspectiva global. (Knapp et al., 1995).

De todas essas alterações, há um consenso de que o efeito estufa, pela sua possibilidade de modificar o clima global e isto causar modificações profundas nas dinâmicas ecológicas, econômicas, sociais, políticas, dentre outras, é o componente mais dramático.

O efeito estufa é um fenômeno natural que ocorre desde quando surgiu a vida na Terra. Por muito tempo, a quantidade de energia transmitida do sol para a superfície da Terra era aproximadamente igual ao montante de energia re-irradiada de volta ao espaço na forma de radiação infra-vermelha. Entretanto, a temperatura da Terra é influenciada pela existência, densidade e composição da atmosfera. Aqui, alguns gases e vapor d'água absorvem radiação infra-vermelha e reirradiam-na para a superfície da Terra, aprisionando o calor na baixa atmosfera. Quanto maior a concentração desses gases, maior será a quantidade de calor retida, aumentando o efeito estufa (Flavin, 1998).

Muitos gases causadores do efeito estufa (GE) têm fontes naturais substanciais, em adição às fontes humanas, e há mecanismos naturais poderosos de remoção e balanços, dentre eles os oceanos. Estes, cobrem aproximadamente 70% da superfície da terra e funcionam como "sumidouros" de GE, principalmente gás carbônico.

Como era esperado, existe uma interrelação crítica entre este grande bioma e a biosfera que influencia as alterações climáticas globais. Os oceanos têm um papel importante na remoção do gás carbônico da atmosfera, controlando a sua concentração e funcionando como um mediador das suas influências (Knapp et al., 1995).

Mas, esta importante função dos oceanos está sendo prejudicada pelo aumento da temperatura global, que faz com que o gás carbônico absorvido/diluído nas águas oceânicas, retorne à atmosfera, aumentando a concentração desses gases e consequentemente, aumentando o efeito estufa (UNESCO, IOC, 1991).

Os principais GE são o vapor d'água (H_2O), o gás carbônico (CO_2), o metano (CH_4), o óxido nitroso (N_2O) e os clorofluorcarbonos (CFCs). As suas concentrações globais estão na Tabela 1.

Tabela 1 Concentração atmosférica global dos gases-estufa

Item	CO_2 Ppm	CH_4 ppm	N_2O ppm	CFC-11 ppt	CFC-12 ppt
Concentração atmosférica préindustrial	278	0,700	0,275	0	0
Concentração atmosférica em 1992	356	1714	0.311	268	503
Média da mudança anual	1.6	0.008	0.0008	0	7
Média da mudança (%ano)	0.4	0.6	0.25	0	14
Período de vida (ano)	50-200	12	120	50	102

Fonte: Intergovernamental Panel on Climate Change, *Climate Change*, 1996.

O vapor d'água é o GE mais comum na atmosfera, e está em equilíbrio. É emitido para a atmosfera em volumes gigantescos por meio da evaporação natural de oceanos, lagos, rios e solos, pela evapotranspiração dos vegetais e pela transpiração dos animais. Retoma ao solo na forma de chuva, neve e outros. O vapor d'água é tão abundante na atmosfera que emissões adicionais provavelmente não absorveriam calor significativo de modo a contribuir para as alterações climáticas globais. De acordo com o IPCC (1996) a emissão antropogênica de vapor d'água não é um fator importante para melhorar ou piorar as mudanças climáticas.

O mesmo não se pode afirmar do gás carbônico. Este gás constitui a maior parte dos GE. Segundo Knapp et al. (1995) a sua maior fonte é a queima de combustível fóssil (80%) e desflorestamentos (20%).

Em 1960 reconheceu-se que a concentração de gás carbônico na atmosfera terrestre estava crescendo. Subseqüentemente, tinha sido descoberto que a concentração atmosférica de metano, óxido nitroso e outros produtos químicos estava aumentando.

Os modelos de simulação em computador indicam que o aumento da concentração dos GE na atmosfera terrestre produz um aumento na temperatura média da Terra. Por sua vez, este aumento de temperatura produz mudanças no clima e no nível dos oceanos que por sua vez podem alterar os atuais padrões de uso da terra e assentamentos humanos.

Ainda não é possível, entretanto, certificar-se se o que se tem atualmente são flutuações estocásticas (randômicas) ou inícios de tendências. O mais recente relatório do IPCC (1996) concluiu que a nossa habilidade para quantificar a influência humana sobre o clima global é limitada porque os sinais esperados estão ainda emergindo do barulho da variabilidade natural, e porque há incertezas em fatores-chaves. Isto inclui a magnitude e os padrões de variabilidades a longo-prazo e o tempo de evolução dos padrões forçados e em respostas às mudanças das concentrações

dos GE e aerossóis na atmosfera e às mudanças na superfície da terra. Todavia, o balanço de evidências sugerem que há uma influência humana discernível sobre o clima.

Enquanto a existência e as consequências das mudanças induzidas pelos seres humanos permanece incerta, as ameaças das alterações climáticas fez com que muitos governos reunissem esforços para buscar algum mecanismo de limitação dos riscos dessas mudanças e amenizar as possíveis consequências. No presente, os esforços estão sendo direcionados para a identificação de fontes e níveis de emissão de GEs e para a determinação de mecanismos de redução de emissões e aumento da capacidade de absorção desses gases.

2.3.1. Fontes Globais de Gases-Estufa

Muitos GEs têm origem natural, em adição às fontes antropogênicas. Existem mecanismos naturais poderosos para a sua remoção da atmosfera. Entretanto, devido ao contínuo crescimento da sua concentração, mais gases estão sendo liberados para a atmosfera do que absorvido pelos sistemas naturais (Tabela 2).

Tabela 02 Fontes globais naturais e antropogênicas e absorção de GEs

Gases-Estufa (milhões ton)	Fontes		Absorção	Crescimento anual
	Natural	Antropogênica		
Gás carbônico	150.000	7.100	154.000	3.100-3.500
Metano	110-210	300-450	460-660	35-40
Óxido nitroso	6-12	4-8	13-20	3-5

Fonte: IPCC, 1996 (p.17-19)

O gás carbônico é um composto comum no planeta, e imensas quantidades podem ser encontradas na atmosfera, nos solos, em rochas carbonatadas, e dissolvido na água oceânica.

Toda a vida na terra participa do ciclo do carbono no qual o gás carbônico é extraído do ar pelas plantas e algas que o decompõe em carbono e oxigênio. O carbono é incorporado a biomassa das plantas e algas, formando carboidratos, e o oxigênio é liberado para a atmosfera em sua forma molecular (O_2).

A biomassa oxida e retorna o gás carbônico para a atmosfera ou armazena o carbônico orgânico no solo, nas rochas ou em produtos orgânicos outros. Assim, o ciclo do carbono envolve a sua assimilação pelas plantas como gás carbônico, seu consumo na forma de tecidos vegetais e animais, sua libertação por meio da respiração, e seu acúmulo na biomassa e em reservatórios de longa duração como combustíveis fósseis.

Segundo o IPCC (1986) pesquisas feitas com amostras de gelo antártico indicam que a este ciclo passou a perder o seu estado de equilíbrio nos últimos 200

anos, com a emissão de gás carbônico excedendo a capacidade de absorção pelos sistemas naturais da Terra (fotossíntese e absorção oceânica) (Tabela 3).

Tabela 03 Fontes de emissão de gás carbônico

Fontes	(bilhões ton/ano)
Liberada pelos oceanos	90
Decaimento aeróbico (vegetação)	30
Respiração (plantas e animais)	30
Fontes antropogênicas	7

Fonte: IPCC, 1996.

A principal fonte antropogênica de emissão de gás carbônico é a queima de combustíveis fósseis, responsável por aproximadamente $\frac{1}{4}$ dessas emissões. Os processos naturais – fotossíntese e absorção oceânica -, absorvem substancialmente todo o gás carbônico naturalmente liberado para a atmosfera, além das emissões de origem antropogênica, entretanto, como já foi visto, está ocorrendo um acúmulo da ordem de 3.1 a 3.5 bilhões de toneladas/ano na atmosfera, por superarem esta capacidade natural de absorção. As pessoas espalhadas pelas diversas nações têm um histórico de participação diferenciado (Tabela 4).

Tabela 04 Emissão industrial de gás carbônico em 1992
(Adaptado de WRI, CDIAC, 1997)

Classificação	País	Total CO ₂ emitido (milhões ton métricas)(*)	Emissão Per Capita (mtm)
01	Estados Unidos	4.881.349	19.13
02	China	2.667.982	2.27
03	Rússia	2.103.132	14.11
04	Japão	1.093.470	8.79
05	Alemanha	878.136	10.96
06	Índia	769.440	0.88
07	Ucrânia	611.342	11.72
08	Reino Unido	566.246	9.78
09	Canadá	409.862	14.99
10	Itália	407.701	7.03
11	França	362.076	6.34
12	Polônia	341.892	8.90
13	México	332.852	3.77
13	Cazaquistão	297.982	17.48
15	África do Sul	290.291	7.29
16	Coreia do Sul	289.833	17.48
17	Austrália	267.937	15.24
18	Coreia do Norte	253.750	11.21
19	Irã	35.478	3.81
20	Espanha	223.196	5.72
21	Arábia Saudita	220.620	13.85
22	Brasil	217.074	1.39

(*) Essa unidade é comum na indústria. É utilizada em lugar de gigagrama (10⁹g).

Metano - é um gás-traço da atmosfera terrestre (constituente em menor quantidade), radiativamente e quimicamente ativo. O metano absorve radiação infra-vermelha (calor) e ajuda a aquecer a Terra.

Participa de reações químicas na atmosfera, influenciando na concentração de ozônio troposférico e vapor d'água estratosférico, ambos os gases causadores de efeito estufa. Portanto, o aumento de sua concentração na atmosfera terrestre tem implicações importantes para o efeito estufa e das alterações climáticas globais. Além do mais, um grama de metano produz o impacto causado por 60 gramas de gás carbônico, tornando-o um gás de alto potencial de aquecimento global (*Global Warming Potencial* - GWP).

A sua concentração na atmosfera pode aumentar com o aquecimento global uma vez que o aumento da temperatura faz desprender mais metano dos pântanos e outros meios para a atmosfera.

A sua concentração é determinada pelo balanço entre suas taxas de emissão e remoção. O aumento da sua concentração indica que a taxa de entrada excede a taxa de remoção. A principal fonte de absorção é a sua combinação atmosférica resultando em gás carbônico, e por meio da decomposição por bactérias no solo.

A concentração de metano na atmosfera no período compreendido entre 10.000 - 160.00 anos atrás era de 0.35 ppmv (partes por milhão por volume), segundo análises de bolhas de ar aprisionadas no gelo da Antártica e Groenlândia (EPA, 1998; CDIAC/ORNL, 1997).

Análise similar para o período de 200 - 2000 anos atrás mostrou que a concentração do metano atmosférico cresceu para 0.8 ppmv. Nos últimos 200 anos essa concentração aumentou dramaticamente. Em 1978 era de 1.51 ppmv e em 1991 1.72 ppmv (CDIAC, 1998).

O metano é gerado por uma variedade de complexos sistemas geoquímicos e biológicos. As emissões desses sistemas variam de acordo com o resultado de práticas de manejo, climas e condições físicas que variam diariamente, sazonalmente e anualmente. Como resultado, as emissões de metano podem variar muito em função do lugar e do tempo.

Baseado em anos de medidas detalhadas da concentração do metano na atmosfera, e na taxa estimada de destruição de metano, a entrada anual deste gás pode ser calculada. A tabela 5 expressa as diversas fontes globais de emissão de metano e as suas respectivas contribuições.

Tabela 05 Fontes globais de emissão de metano

Fonte	%
Terras úmidas (saturadas)	23
Gado domesticado	16
Cultivo de arroz	12
Sistemas petróleo/gás	10
Minas de carvão	8
Queima de biomassa	8
Lixões	6
Tratamento de esgoto	5
Estrume de gado	5
Térmitas	4
Oceanos e água fresca	3

Fonte: EPA, 1998 (adaptado de gráfico)

Cerca de 70% do crescimento da concentração de metano na atmosfera terrestre está altamente correlacionado com o aumento da população humana e suas atividades (EPA, 1998), dentre as quais as seguintes:

Criado para alimentar e prover uma série de outras necessidades dos humanos, o gado domesticado produz um montante significativo de metano, como parte do seu processo digestivo. No estômago "externo" dos ruminantes a fermentação microbiana converte alimentos em produtos que podem ser digeridos e utilizados, e em subprodutos dentre eles o metano que é eructado para a atmosfera por esses animais.

Quando ocorre a decomposição anaeróbica da matéria orgânica das fezes desses animais também ocorre a formação e liberação de metano. Entretanto, é no manejo de sistemas que lidam com estrume líquido que se tem a maior produção deste gás. O metano também é produzido, em quantidades menores por processos digestivos, inclusive humanos (flatulência e fezes):

Os arrozais liberam metano para a atmosfera por meio da decomposição anaeróbica da matéria orgânica no solo. Solos encharcados são ambientes ideais para a produção deste gás devido ao seu alto nível de substratos orgânicos, condições de esgotamento do oxigênio e mistura. O nível de emissões varia com as condições do solo, com as práticas de produção e com o clima;

Vazamentos durante a produção, processamento, transmissão e distribuição de gás natural contribuem também para as emissões globais do metano, uma vez que este gás constitui quimicamente a maior parte do gás natural. Uma vez que o gás natural é encontrado em conjunção com o petróleo, a exploração e produção deste são fontes de emissão de metano. O CH_4 é igualmente liberado, se bem que em quantidades menores, quando da combustão do gás natural e dos demais derivados de petróleo;

O metano também é formado durante o processo de formação do carvão, onde fica armazenado. É liberado para a atmosfera quando este carvão é minerado e consumido;

Outra fonte de emissão global do metano é a queima de biomassa, como parte de manejo em diversos sistemas de agricultura, ou mesmo como combustível para diversas atividades industriais e domésticas. A contribuição global da queima de biomassa para as emissões globais do metano é incerta devido a falta de dados sobre frequência, área queimada e características dos incêndios;

Os lixões geram gases, principalmente o metano e o gás carbônico, que resultam da decomposição anaeróbica dos materiais orgânicos degradáveis. O processo começa quando os resíduos chegam aos lixões, e continua por 30 anos ou mais;

E finalmente, o tratamento de esgotos, quer doméstico ou industrial, produz e libera metano para a atmosfera, como resultado do processo anaeróbico dos seus constituintes orgânicos.

Óxido nítrico - ao contrário do gás carbônico e do metano, o óxido nítrico é liberado em quantidades menores. Contudo, o seu GWP (Global Warming Potencial) o torna 310 vezes mais poderoso que o gás carbônico para absorver calor e consequentemente contribuir para o efeito estufa (IPCC, 1996).

Este composto, ativo quimicamente e radiativamente, é produzido naturalmente por meio de uma larga variedade de fontes biológicas no solo e na água. A maior parte de suas emissões ocorre através da quebra de compostos nitrogenados por bactérias no solo, particularmente em florestas. As principais fontes de origem antropogênica se dá através do manejo do solo (aplicação de fertilizantes nitrogenados), da queima de combustíveis fósseis e dos diversos processos industriais (produção de ácido adípico e ácido nítrico).

Nos Estados Unidos a maior fonte de emissão deste gás tem sido o uso de energia, que inclui fontes móveis de combustão (veículos de passageiros e caminhões, principalmente), fontes estacionárias para uso residencial e industrial. A segunda fonte é a agricultura, por meio do uso de fertilizantes nitrogenados e queima de resíduos da produção de grãos. Juntas, estas fontes respondem por 65% das emissões do N_2O naquele País.

A terceira fonte são as indústrias que produzem os ácidos adípico e nítrico. O ácido adípico é utilizado para manufaturar o náilon 6,6 (aplicado na confecção de plástico e fibras para roupas, carpetes e pneus), lubrificantes de baixa temperatura, inseticidas, tintas e o sabor tangerina de muitos alimentos.

O ácido nítrico é utilizado para sintetizar fertilizantes, o próprio ácido adípico e entra como componente de explosivos. É produzido pela oxidação da amônia, durante a qual o N_2O é formado e liberado para a atmosfera (esta forma representou 9% das emissões deste gás nos Estados Unidos em 1995) (EPA, 1997).

Medidas da *DuPont* indicam um fator de emissão de 2 a 9 g de N_2O para cada quilograma de HNO_3 produzido. Só em 1997 foram produzidos nos Estados Unidos 9.1 milhões de toneladas deste ácido, resultando na emissão de 50.000 toneladas métricas de óxido nítrico (EIA, 1997)

A emissão por veículos é influenciada por vários fatores, como o tamanho da frota, quilometragem utilizada, tecnologias de controle de emissões, dentre outros. Curiosamente, os veículos mais novos, equipados com conversores catalíticos, utilizados para reduzir as emissões de monóxido de carbono e outros compostos orgânicos voláteis, emitem acima de 20 vezes mais N_2O do que os veículos não dotados destes equipamentos (EIA, 1997).

As modificações no uso da terra também produzem emissões de óxido nitroso, notadamente conversões de áreas naturais para pastagens ou para a produção de grãos; entretanto, existem poucas estatísticas a respeito.

Um outro aspecto ligado ao metabolismo do nitrogênio para as alterações ambientais globais refere-se à deposição da sua forma oxidada (NO). Segundo Gallaway et al. (1994), a produtividade dos ecossistemas é, com frequência, limitado pelo nitrogênio. Por isso, a conversão de N_2 para a sua forma reativa por meio da fixação microbiana é um dos pontos nevrálgicos da dinâmica ecossistêmica.

A oferta de nitrogênio reativo para a atmosfera terrestre tem crescido substancialmente devido ao aumento da população humana e da sua dependência de combustíveis fósseis como fonte de energia. Isto tem o potencial de fertilizar o solo, resultando no seqüestro do carbono, acidificação da atmosfera e aumento da emissão do N_2O , reduzindo o consumo de CH_4 nos solos das florestas. O aumento das emissões do óxido nitroso pode levar a um crescimento da concentração do ozônio que por sua vez resulta no aumento da capacidade oxidativa da atmosfera e na sua capacidade de absorver radiação infravermelha (aumentando o efeito estufa). De uma maneira geral, a deposição de nitrogênio para os ecossistemas globais é fortemente controlado pelos padrões da população, queima de combustíveis fósseis, queima da biomassa e emissões biogênicas do solo.

As emissões do N_2O são difíceis de quantificar numa escala global, até mesmo porque foi o último GE estudado, mas admite-se um acréscimo anual de 4 milhões de toneladas métricas na atmosfera terrestre (EIA, 1997)

Halocarbonos - Nas últimas décadas, o ser humano produziu uma grande variedade de produtos químicos não encontrados normalmente na natureza, para uma variedade igualmente grande de propósitos. Nesta escalada, sintetizou substâncias para uma larga aplicação industrial-comercial, cujas conseqüências ambientais globais do seu uso só se iria perceber décadas depois. É o caso dos halocarbonos (CFCs - clorofluorcarbonos; HCFCs - hidroclorofluorcarbonos), utilizados com maior frequência como compostos de limpeza, agentes refrigeradores (tanto em veículos como nas indústrias, no comércio e nas residências).

Estes compostos, criados em 1930, possuem características industrialmente desejáveis, ou seja, são inertes, estáveis, não tóxicos, não inflamáveis e relativamente fáceis de serem sintetizados e manuseados em qualquer lugar. Entretanto, suas moléculas absorvem radiação infravermelha em comprimentos de onda que não seriam amplamente absorvidos e se constituíram em poderosos GEs, centenas a milhares de vezes mais potentes do que o CO_2 .

Por serem estáveis, uma vez emitidos permanecem na atmosfera por centenas ou milhares de anos. Quando é decomposto pela luz solar, libera cloretos (Cl)

que por sua vez destróem moléculas de ozônio (O_3) estratosférico, o filtro protetor natural contra a radiação ultravioleta solar. Cada íon cloreto tem o potencial de destruir 100 mil moléculas de ozônio (UNESCO, 1997)

Dependendo da sua localização na atmosfera, o ozônio pode ser maléfico ou benéfico para a vida na Terra. O ozônio na troposfera (até 10 km acima da superfície da Terra) é maléfico pois pode destruir tecidos dos pulmões e das plantas. Localizado acima dos 10 km até os 40 km de altitude (estratosfera) é benéfico pois absorve as perigosas radiações ultravioletas do sol. Sem essa proteção, os humanos estariam expostos a radiações potencialmente indutoras de câncer de pele, catarata e outros males, além de prejudicar o seu sistema imunológico. Poderia também produzir rupturas na cadeia alimentar marinha e afetar a produtividade agrícola devido aos seus efeitos sobre o plâncton e os grãos. Os raios ultravioleta também causam degradação de alguns materiais como os plásticos.

O uso desses compostos era uma unanimidade, considerado insubstituíveis no campo da refrigeração e do ar condicionado. Muitas das aplicações dos CFCs era de alta relevância para a sociedade como a preservação de alimentos, armazenamento de vacinas e fabricação de medicamentos. Por sua vez, os halógenos também apresentavam uma longa lista de aplicações importantes como a extinção de fogo e outros. Estes produtos também eram aplicados em espumas utilizadas em refrigeração, aerossóis, solventes e diversos biocidas.

Em 1975 a UNEP lançou um programa de pesquisas sobre os riscos envolvidos na destruição da camada de ozônio, organizou um comitê e iniciou o Plano de Ação Mundial em 1977. Contudo, à época a comunidade científica ainda não reunia evidências científicas satisfatórias para incriminar os CFCs e seus primos. Apesar disto, um esforço internacional tornou possível a Convenção de Viena em 1977, o primeiro tratado internacional baseado no manejo de risco. Em setembro de 1987, diplomatas e ministros do meio ambiente de 24 nações, reuniram-se no Canadá e firmaram o Protocolo de Montreal, um tratado sem precedentes na história das negociações internacionais, estabelecendo limites para o uso destes produtos. O Protocolo de Montreal é considerado como um exemplo da ciência a serviço da humanidade e da qualidade ambiental, e uma grande lição sobre formas de condução de questões ambientais.

Como resultado as emissões de CFC declinaram a partir de 1998 e muitos produtos alternativos surgiram, dentre eles novos HCFCs mais reativos e conseqüentemente com menor período de vida na atmosfera com menos efeito sobre o ozônio. Os HFCs (hidrofluorcarbonos) não possuem cloro em suas moléculas, logo não destroem o ozônio, porém, apresenta alto potencial para alterações climáticas. Estes produtos eram raros antes de 1990, mas em 1994 o HFC-134a foi adotado como o gás refrigerante dos aparelhos de ar condicionado de virtualmente todos os novos carros nos Estados Unidos, aumentando a sua emissão anual rapidamente.

Além dos halocarbonos (CFCs - dentre os CFCs o mais conhecido é o CFC-12 (gás freón-12), HFCs, HCFCs e PFCs) há uma gama de compostos da engenharia química, produzidos em menor quantidade, que também são classificados como destruidores do ozônio: perfluorocarbonos (CF_4 , C_2F_6 e C_3F_8) emitidos como subprodutos da fundição do alumínio, alguns solventes industriais como o tetracloreto de carbono, o clorofórmio metílico, cloreto de metileno e outros compostos químicos

obscuros como o hexafluoreto sulfúrico (SF_6) e possivelmente muitos outros, ainda não identificados (EIA, 1997).

Há ainda três gases, emitidos primariamente como subproduto de combustão (combustíveis fósseis e biomassa) que têm um efeito indireto sobre o efeito estufa e são classificados como poluidores-critério: o monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NOx) e compostos orgânicos voláteis não metânicos. Estes gases reativos se degradam rapidamente na atmosfera e podem promover reações químicas que criam o ozônio troposférico (o maléfico) que é um potente GE. Ainda não foi possível fazer uma determinação global para a contribuição desses poluentes ao aquecimento global. As reações que produzem o ozônio são fortemente afetadas pela concentração relativa de vários poluentes, pela temperatura ambiente e condições meteorológicas locais. A emissão de poluentes-critério podem criar uma alta concentração de ozônio local sob certas condições favoráveis como um dia ensolarado combinado com baixa umidade (EIA, 1993).

Finalmente, há uma classe de gases que apresentam a capacidade oposta dos GEs, ou seja, potencialmente podem diminuir a temperatura da Terra. É o caso do dióxido sulfúrico (SO_2) que é largamente emitido como um subproduto da queima de combustíveis fósseis, notadamente o carvão e o óleo diesel. Este óxido tem o potencial de criar este efeito ao gerar micropartículas na atmosfera - aerossóis -, que agem como um núcleo para a aglomeração de gotas de água, estimulando a formação de nuvens. Estas, por sua vez, refletem a luz solar de volta para o espaço cósmico. A emissão de MPS (material particulado em suspensão) também favorece este efeito, dependendo, obviamente, das características das suas partículas (dimensões, densidade), concentração e condições atmosféricas locais.

É importante frisar que alguns GEs são mais potentes que outros. Como resultado, o crescimento da concentração de tais gases na atmosfera, apresentam diferentes efeitos na capacidade de aprisionar calor. Segundo o IPCC (1995) seria muito útil determinar-se de forma precisa, a efetividade relativa de cada gás em afetar o clima terrestre. Estas informações poderiam ajudar aos gestores públicos conhecer se seria mais efetivo concentrar esforços na redução das pequenas emissões de GEs poderosos como o HFC-134a, ou se deveriam dobrar seus esforços em controlar as grandes emissões de gases relativamente menos efetivos como o CO_2 .

Há estudos extensos sobre essa efetividade relativa dos GEs. Tais estudos levaram ao desenvolvimento do conceito de "potencial de aquecimento global" - PAG (Global Warming Potential - GWP). Entretanto, esse conceito tem aplicabilidade restrita uma vez que o próprio IPCC considera que os efeitos de vários gases sobre o aquecimento global são muito complexos para que possam ser resumidos facilmente por um simples número. Essa complexidade toma diversas formas:

(i) cada gás absorve radiação em um conjunto particular de comprimento de onda (λ) ou "janela" no espectro. Em alguns casos, onde a concentração dos gases é baixa e nenhum outro gás bloqueia a radiação nesta "janela", pequenas emissões de um gás podem ter um efeito de absorção desproporcional. Porém, se a concentração aumenta, uma porção cada vez maior da luz que atravessa essa "janela" é absorvida e o efeito marginal das emissões adicionais declina. Portanto, o efeito de uma unidade adicional de emissão de um gás que é relativamente abundante na atmosfera, como gás

carbônico ou vapor d'água, tende a ser menor do que o de um gás raro, como o hexafluorino sulfúrico.

Isto implica no princípio da "diminuição do retorno", ou seja, que o crescimento da concentração de um determinado gás, reduz o impacto de quantidades adicionais deste gás. Logo, os impactos relativos de vários gases mudarão com a as mudanças de suas concentrações na atmosfera;

(ii) vários processos naturais podem causar a decomposição de GEs em outros gases e estes serem absorvidos pelos oceanos e pelo solo. Esses processos podem ser resumidos em termos de *tempo de vida* de um determinado gás na atmosfera, ou o período de tempo que os processos naturais levariam para remover uma unidade de emissão da atmosfera.

Alguns gases como os CFCs tem uma *vida atmosférica* muito longa de centenas de anos, enquanto que outros, como o monóxido de carbono (CO) tem o seu período medido em dias ou horas. O metano (CH₄) que reage e se transforma em gás carbônico (CO₂) em um período de poucos anos, tem um efeito maior sobre o aquecimento global do que o equivalente de CO₂. Porém, considerando períodos mais longos – de 100 a 500 anos, por exemplo -, as diferenças entre os GWPs do metano e do gás carbônico se tornam menos significativas (Tabela 6);

(iii) muitos gases são quimicamente ativos e podem reagir na atmosfera de formas a promover ou inibir a formação de outros GEs. Por exemplo, óxidos de nitrogênio e monóxido de carbono se combinam e promovem a formação de ozônio, que é um GE potente, enquanto que os CFCs tendem a destruir o ozônio atmosférico, promovendo o resfriamento global. Esses efeitos indiretos também implicam que mudanças nas concentrações relativas de vários GEs tendem a mudar seus efeitos relativos. Apesar de tal complexidade a comunidade científica está trabalhando para desenvolver aproximações do GWP.

Tabela 06 Estimativa numérica dos potenciais de aquecimento global (GWP) comparado com o CO₂ (kg gás por kg CO₂)

Gas	Período Vida (ano)	Efeito direto em um horizonte de:		
		20 anos	100 anos	500 anos
CO ₂	variável	1	1	1
CH ₄	12 ± 3	56	21	13
N ₂ O	120	280	310	170
HFC-23	264	9.200	12.100	9.900
HFC-125	33	4.800	3.200	11
HFC-134a	15	3.300	1.300	420
HFC-152a	2	460	140	42
HFC-227 a	37	4.300	2.900	950
Perfluorometano	50.000	4.400	6.500	10.000
Perfluoroetano	10.000	6.200	9.200	14.000
Hexafluorido sulf.	3.200	16.300	23.900	34.900

Fonte: IPCC, 1996.

Outro componente dessa análise é que gases diferentes possuem magnitudes de efeitos diferentes, como expresso na Tabela 7.

Tabela 07 Estimativa numérica do GWP para CFCs, HCFCs e outros, comparados com o CO₂ (kg do gás por kg do CO₂)

Gás	Magnitude dos Efeitos			
	20 Anos de integração		100 anos de integração	
	Efeitos Diretos	Diretos e indiretos	Efeitos diretos	Efeitos diretos e indiretos
CFC-11	4.900	1.200 a 2.900	3.800	540 a 2.100
CFC-12	7.800	6.000 a 6.800	8.100	6.000 a 7.100
CFC-13	4.900	2.800 a 3.800	4.800	2.600 a 3.600
HCFC-22	4.000	3.500 a 3.700	1.500	1.300 a 1.400
HCFC-123	300	60 a 170	90	20 a 50
HCFC-124	1.500	1.300 a 1.400	470	390 a 430
HCFC-141b	1.800	660 a 1.200	600	170 a 370
HCFC-142b	4.100	3.600 a 3.800	1.800	1.600 a 1.700
Halon 1301	6.100	-14.100 a -97.600	5.400	-14.100 a -84.000
CC14	1.900	-500 a -2.600	1.400	-650 a -2.400
Cm(*)	300	-400 a -1.000	100	-130 a -320

Fonte: IPCC, 1996 (*) metil-clorofórmio

Dentre as modificações globais que se experimenta, especialmente conectadas com a emissão de gases-estufa, uma especial atenção tem sido dada à correlação **crescimento populacional humano versus mudanças globais induzidas pelas práticas de uso da terra, e pelas modificações causadas em sua cobertura.** Tais estudos, de caráter eminentemente interdisciplinar, buscam o estabelecimento de causalidades e a sua sistematização analítica. Segundo Vitousek (1994), como já foi enfatizado neste trabalho, há um consenso de que as mudanças no uso da terra, são agora, e permanecerão por muito tempo, o mais importante dos diversos componentes interatuantes de mudança global que estão afetando os sistemas ecológicos. Mas, apesar da sua importância, é relativamente difícil quantificar as mudanças de uso da terra como um fenômeno global, como se faz com o gás carbônico, por exemplo. Tais mudanças ocorrem de forma heterogênea, hectare por hectare ao redor da Terra, e a sua significação resulta primariamente da soma de muitas mudanças locais em muitas áreas diferentes.

Qualquer discussão sobre as questões ambientais globais provavelmente encontrará alguma controvérsia. O número de variáveis envolvidas é grande e os elementos chaves são interconectados em relações de grande imprecisões. O mais recente relatório do IPCC (*International Panel on Climate Change, 1996*), uma assembleia internacional de cientistas comissionados pela ONU para esta matéria concluiu que a nossa habilidade para quantificar a influência humana sobre as variações climáticas é limitada uma vez que muitos sinais ainda estão emergindo da própria variabilidade natural e incerteza de fatores-chaves.

Isso inclui suas magnitudes, padrões de variações a longo-prazo e as respostas naturais às novas concentrações de gases-estufa, modificações no uso-cobertura da terra (solo). Entretanto, o balanço de evidências sugere que há uma influência humana discernível sobre as alterações climáticas

Para Meyer e Turner II (1992) a moldagem que o ser humano vem impondo à Terra, atingiu uma escala global, sem precedentes em sua magnitude e taxa, e de forma crescente envolve impactos significativos nos sistemas biogeoquímicos que sustentam a biosfera. Para estes autores, termos como "ecossistema nativo" ou "floresta virgem" são de utilidade questionável.

Corroborando estas assertivas, Stern et al. (1993) anunciaram que a Terra entrou num período de mudanças que difere dos episódios anteriores de mudança global uma vez que estas tem origem humana. Os seres humanos, tanto individualmente quanto coletivamente sempre procuraram mudar o ambiente que lhes cerca. Mas, pela primeira vez estão alterando os sistemas biogeoquímicos e a Terra como um todo. A destruição da camada de ozônio, o aumento da concentração das gases-estufa na atmosfera, a destruição de habitats e a perda da diversidade biológica são subprodutos das diversas atividades humanas

Para explicar ou prever o curso de tais mudanças ambientais globais deve-se entender as fontes humanas dessas mudanças. As alterações globais presentes sustentam a noção geral de que elas são impulsionadas pelas tendências de produção e consumo globais.

Para Stern et al. (op.cit.) as mudanças ambientais globais são alterações nos sistemas naturais, cujos impactos não são e não podem ser localizados. Às vezes, as mudanças em questão são traduzidas por pequenas alterações em sistemas que operam em todo o planeta, como as pequenas variações da concentração do gás carbônico e outros gases causadores do efeito estufa na atmosfera.

Turner et al. (1991) referem-se a essas mudanças como sendo **sistemáticas**. As mudanças são **cumulativas** quando são resultantes do acréscimo de mudanças **localizadas** em sistemas naturais, como a destruição de habitats, a perda da biodiversidade, o desflorestamentos, a desertificação e as mudanças nos padrões de assentamentos humanos. Estas são também consideradas globais porque seus efeitos são mundiais mesmo que as causas possam ser localizadas.

Na opinião de Clark (1998) pode-se imaginar a Terra como um sistema complexo, composto por uma série de subsistemas ou esferas diferenciáveis, mas em interações. A atmosfera, a biosfera, a geosfera e a hidrosfera são sistemas ambientais (incluem sistemas de troca gasosa atmosférica, dinâmica biogeoquímica, circulação oceânica, interações entre populações etc). Os sistemas econômicos, políticos, culturais e sociotecnológicos – chamados de noosfera ou antroposfera -, são os sistemas humanos.

O estudo das mudanças globais busca entender como os *sistemas ambientais* em nível global afetam ou são afetados pelas mudanças ocorridas em qualquer um desses sistemas ou esferas. Para este autor o ponto crucial destes estudos

é o entendimento dos mecanismos de retroalimentação (*feedback*) entre os subsistemas que amplificam ou enfraquecem os impactos iniciais.

Dessa forma, os estudos sobre as dimensões humanas das mudanças globais procuram compreender as interações entre os sistemas humanos e os sistemas ambientais, em particular os sistemas ambientais globais, e entender os aspectos dos sistemas humanos que afetam essas interações.

Estas, apresentam duas interfaces: uma é o subconjunto das ações humanas que atuam como causas próximas de mudança ambiental (aquelas que alteram diretamente o meio ambiente e têm efeitos globais. Exemplo: queima de combustíveis fósseis e mudança climática) e que são o resultado de um complexo de variáveis sociais, políticas, econômicas, tecnológicas e culturais (*driving forces* ou forças propulsoras), segundo Stern (1993) causas indiretas das alterações (exemplos: crescimento populacional, mudança tecnológica, desenvolvimento econômico, alterações na estrutura social a nos valores humanos); a outra é o subconjunto de resultados dos sistemas ambientais que afetam proximamente aquilo que os seres humanos valorizam.

O termo "aquilo que os humanos valorizam", freqüentemente citado, refere-se, segundo o autor, não somente aos resultados que afetam a economia, a saúde e o bem-estar material humano, mas também resultados tais como a extinção de espécies, ruptura de ecossistemas e perda da beleza natural, sobre os quais os humanos depositam valor estético, espiritual ou intrínseco. Uma consequência importante da mudança ambiental global é o conflito, uma vez que aquelas afetam o que os seres humanos valorizam.

As mudanças globais de maior preocupação na atualidade estão relacionadas de modo inextricável com o comportamento humano. Todas as causas humanas da mudança ambiental global acontecem devido a um subconjunto de causas próximas, as quais alteram diretamente certos aspectos que culminam produzindo efeitos globais

Para o autor, o progresso científico nesta área tem sido retardado pelo debate fútil sobre qual dessas forças indutoras seria a mais importante, notadamente por se supor que a contribuição dessas forças para as mudanças de origem antropogênica pudessem ser avaliadas independentemente.

Em décadas de debate sobre o impacto do crescimento da população sobre o ambiente, alguns afirmavam que este aspecto era a causa primária da degradação ambiental no mundo (Ehrlich, 1960; Ehrlich e Holdren, 1971; Holdren e Ehrlich, 1974; Ehrlich e Ehrlich, 1990); outros afirmavam que o crescimento populacional era ambientalmente neutro ou até mesmo benéfico (Simon, 1981 e 1988); e outros que a população seria secundária a fatores econômicos e tecnológicos (Commoner, 1972; Schnaiberg, 1980).

A verdade é que apesar desses longos e acalorados debates, tem havido poucos estudos para avaliar essas interrelações. Segundo Stern (1993) o que tem se tomado claro é que as forças indutoras interagem - que cada uma é significativa

somente em relação ao impacto das outras e que as conseqüências ambientais do crescimento da população são altamente sensíveis às condições econômicas e tecnológicas daquela população.

Cita como exemplo que os Estados Unidos libera quase 30 vezes mais gás carbônico *per capita* do que a Índia; conseqüentemente um ano de crescimento natural da população dos Estados Unidos (1,3 milhões) acrescenta à atmosfera, cerca de duas vezes mais gás carbônico do que um ano de crescimento natural da população na Índia (18 milhões).

As causas humanas próximas importantes nas mudanças ambientais globais são aquelas que apresentam suficiente impacto para alterar significativamente as propriedades do meio ambiente global que têm o potencial de causar preocupação na humanidade. Como exemplo, o efeito estufa, as alterações climáticas e outras, que vêm acompanhadas de manifestações que se traduzem em prejuízos ou outras perturbações para os seres humanos como frustração de safras, secas, inundações, calor ou frio excessivos..

Dentre os agentes de mudanças, segundo Stern et al. (1993), a maior preocupação é com o nível dos gases-estufa na atmosfera. Os principais gases definidos em termos de impactos globais, ou seja, a quantidade na atmosfera vezes o impacto por molécula integrada com o passar do tempo, são o CO₂ (gás carbônico), CFCs (clorofluorcarbonos), CH₄ (metano) e N₂O (óxido nitroso).

Tanto os processos naturais como as atividades humanas resultam em emissões de gases-estufa. Este autor considera que, para se entender as dimensões humanas da mudança global, será fundamental o desenvolvimento de pesquisas que estimem os impactos relativos das causas humanas próximas da mudança global sobre mudanças ambientais particulares que causam preocupação, especificando a incerteza dessas estimativas.

Com freqüência se questiona sobre as reais conseqüências das alterações ambientais globais. Na verdade, trabalhos realizados com diferentes modelos climáticos, por exemplo, deixam claro que há incertezas científicas. Porém, os cientistas que trabalham em modelos de simulações concordam em muitas coisas, dentre elas:

- que há um aquecimento da superfície na baixa atmosfera da Terra e um resfriamento da estratosfera;
- as tendências de aquecimento sobre a superfície da Terra são variadas. Nos trópicos é 2 – 3 °C, dependendo das mudanças sazonais, enquanto que em outras latitudes a média de aquecimento será entre 5 – 10 °C;
- os padrões de precipitação pluviométrica mudarão. Algumas áreas se tornarão mais úmidas enquanto outras se tornarão mais secas;
- os regimes de mistura do solo serão mudados devido às mudanças nos padrões de evaporação e precipitação;
- regime dos ventos sobre os oceanos (direção, sentido e estresse) mudará;
- Com isso as correntes marinhas serão modificadas, impondo mudanças na zonas de mistura de nutrientes e conseqüentemente na produtividade dos oceanos;

- o nível dos oceanos subirá devido ao derretimento das calotas polares e à expansão térmica de suas águas.

Todos esses fenômenos afetarão seriamente as estruturas e funções dos ecossistemas naturais e dos socioecossistemas (urbanos e rurais). As plantas e os animais terão que se readaptar a um novo ambiente, entretanto, tais alterações ocorrerão mais rapidamente do que a habilidade das espécies de migrarem para áreas mais adequadas, o que levará a extinção de espécies. As alterações ambientais globais afetarão todos os sistemas climáticos e todas as pessoas. As atividades humanas estão causando tais alterações globais (Kongtong et al., 1990).

Para Vitousek (1994) existem três mudanças globais bem documentadas: (1) aumento da concentração de CO₂ na atmosfera; (2) alterações na biogeoquímica do ciclo global do nitrogênio; e (3) alterações produzidas pelo uso da cobertura do solo.

As atividades humanas - dentre elas, principalmente a queima de combustível fóssil -, aumentaram a concentração do CO₂ de 280 para 335 µL/L desde 1800. Este acréscimo é único, pelo menos nos últimos 160.000 anos (as medidas foram tomadas da análise de bolhas de ar atmosférico capturadas nas capas de gelo na Groenlândia e na Antártica, por Webb e Bartlein (1992), e Raynaud (1993)), e várias evidências demonstram inequivocamente que tais alterações são induzidas pelo ser humano. Essas alterações têm conseqüências climáticas e certamente produzem efeitos diretos sobre a biota em todos os ecossistemas terrestres.

Esse diagnóstico, corroborado por tantos outros do mesmo gênero, termina colocando em prioridade absoluta o desenvolvimento de pesquisas nesta área, no sentido de fornecer subsídios para as decisões políticas, e gerar novas orientações educacionais, prioridades de desenvolvimento tecnológico, dentre outras providências necessárias (Knapp et al., UNESCO, 1995).

De acordo com Meyer e Turner II (1992). As pesquisas atuais, de natureza interdisciplinar, sobre as mudanças ambientais globais induzidas pelas atividades humanas devem ocorrer em dois campos:

- (i) alterações da superfície da terra (solo) e sua cobertura biótica;
- (ii) metabolismo industrial que investiga o fluxo de energia e ciclos de matéria, através das cadeias de extração, produção, consumo e disposição da sociedade pós-moderna industrial

Atendendo tal sugestão, a discussão dos resultados obtidos neste trabalho obedecerá à distribuição seguinte, estruturada em função da lógica de importância, interconexões e ocorrência dos diversos fenômenos e processos das alterações ambientais globais,

- a. Mudanças ambientais globais causadas pelas mudanças no uso/cobertura do solo;
- b. Mudanças ambientais globais causadas pelas contribuições do metabolismo socioecossistêmico urbano impulsionados pelos padrões de produção e consumo, e pelo crescimento populacional

Em cada item acima descrito serão agregados e analisados os elementos pertinentes a este processo, com o objetivo de configurar as possíveis contribuições das expansões dos sócioecossistemas urbanos, por meio das dimensões humanas, às mudanças ambientais globais. Tal configuração oferecerá elementos para a averiguação de hipótese deste trabalho - que os socioecossistemas urbanos são contribuintes majoritários ao complexo processo global de mudanças ambientais.

Segundo Turner et al. (1991) as alterações ambientais globais são divididas em dois grupos:

S : sistemáticas - mudanças iniciadas por ações em uma parte da Terra que podem afetar diretamente os eventos de qualquer outro lugar do planeta. Seus impactos não são localizados (mudanças na composição da química atmosférica, gás carbônico por exemplo);

C : cumulativas - mudanças resultantes do acréscimo de mudanças localizadas em sistemas naturais (por exemplo, perda da biodiversidade biológica devido à destruição do habitat); seus efeitos são globais mesmo que as causas possam ser localizadas.

As principais mudanças ambientais globais em curso (identificadas) são as seguintes:

- Alterações climáticas (S)
- Alteração na produtividade da terra (C)
- Desertificação (C)
- Desflorestamento (C)
- Efeito estufa (S)
 - Gás carbônico
 - Óxido nitroso
 - Metano
 - CFCs
- Erosão do solo (C)
- Erosão da diversidade cultural (C)
- Mudanças no uso/cobertura do solo (*Land use/cover change*) (C)
- Perda da biodiversidade (C)
 - Genética (material para a evolução)
 - Espécies
 - Ecossistemas
- Poluição das águas (C)
 - Dos oceanos
 - Dos rios
 - Dos lagos
 - Do manancial subterrâneo
- Poluição do solo (C)
- Poluição estética, visual (C)
- Poluição sonora (C)
- Poluição do ar (C)
 - Indústrias

Veículos
Poeira
Queimadas
Redução da camada de ozônio (S)
N - desconhecidas, mas em curso (S/C ?)

Por outro lado, Stern (1993) acrescenta que as causas humanas dessas mudanças tem duas componentes:

- i) causas próximas - mudanças que alteram imediatamente uma parte do ambiente;
- ii) forças indutoras - são as causas indiretas das alterações.

Dentre as forças indutoras destacam-se:

Alterações na estrutura social
Alterações nos valores humanos
Crescimento da atividade econômica
Consumo global de energia
Crescimento populacional
Mudanças tecnológicas

Como conseqüências ambientais das mudanças na cobertura da terra, tem-se:

(i) Emissão de gases - a maior parte da "contribuição" da espécie humana para o aumento dos gases na atmosfera, ocorre através dos processos do metabolismo industrial, mas as alterações na superfície da terra tem contribuído de forma significativa para tanto (vários dos gases causadores do efeito estufa, implicados nas mudanças climáticas globais, são liberados por esse processo: gás carbônico pelo desmatamento e queima de combustível fóssil; metano, das culturas de arroz, óxido de nitrogênio da queima de biomassa e de utilização de fertilizantes etc, conforme já visto). As mudanças no uso e cobertura da terra respondem por 70% das emissões impostas pelas atividades humanas.

O estudo de Vitousek (1994) também refere-se à contribuição das atividades humanas de transformação da superfície terrestre para o cenário de ruptura da homeostase dinâmica da atmosfera, notadamente quanto à emissão de gás carbônico.

(ii) Mudanças Hidrológicas - os impactos são produzidos na qualidade da água e em sua disponibilidade. As cidades poluem os rios e mares, bem como a aplicação de biocidas e fertilizantes na agricultura. A irrigação é a responsável pela maior retirada do ciclo da água (75%) Os seus efeitos secundários incluem o esgotamento da água de diversas fontes (O Mar de Aral é um exemplo clássico).

As interferências no ciclo da água por diversas atividades humanas já foram exaustivamente estudadas, e a citação de alguns trabalhos aqui não ocorreria sem omissões, dada a quantidade e qualidade dos estudos gerais nesse tema. Apenas citaremos o estudo recente de Uih e Kauffman (1990) onde se afirma que modelos de simulação sugerem que se toda a Amazônia fosse convertida em

pastagens, haveria um aumento de temperatura, acompanhado de uma diminuição da precipitação pluviométrica e de alterações nos padrões de circulação da atmosfera sobre toda a região;

(iii) Mudanças Climáticas - Viitousek (op.cit.) considera que as mudanças de uso da terra afetam o clima localmente e regionalmente, de diversas formas. Tais atividades aumentam a concentração de gás carbônico, do metano e de óxidos de nitrogênio na atmosfera; produzem fogo que liberam materiais particulados que aumentam a concentração do aerossol (que por sua vez pode afetar o balanço energético e o clima regional e global); promovem a conversão de florestas em pastos, com o conseqüente aumento do albedo e redução da aspereza do dossel, aumentando a temperatura local e diminuindo a sua umidade. Por sua vez, tais efeitos podem afetar o potencial de regeneração das florestas.

Meyer e Turner II (1992) acrescentam que várias mudanças microclimáticas oriundas das atividades e mudanças de uso da terra, são conhecidas, mas acentuam que os efeitos a níveis regionais são mais controversos. Outrossim ponderam que a discussão sobre os efeitos do desmatamento sobre o clima global, afetando a temperatura, pela alteração do albedo, está reaberta.

Sob outro ângulo, Schneider (1994) examina as conseqüências das alterações climáticas sobre a produção de alimentos no mundo, abrangendo em sua análise, tópicos referentes à inadequação de tecnologias, as estruturas sociais e a necessidade de políticas definidas para a questão;

(iv) Forças Humanas Conductoras de Mudanças - Turner II et al. (1994) estabeleceram elos entre as forças humanas conductoras de mudanças e o uso/cobertura da terra. Reconheceram que as mudanças causadas na cobertura da terra são produzidas pelos usos que os humanos lhes destinam, e estes usos, por sua vez, são governados por forças indutoras humanas, assentadas em bases sociais. Essa era a interação questionada por Miller (1994) em seu trabalho sobre a necessidade de interação e colaboração em "Mudanças Globais, através das Ciências Sociais", e que coincidentemente sugeria um diagrama conceitual de conexões entre as maiores questões relacionadas com o tema, a serem endereçadas ao "Programa das Dimensões Humanas das Mudanças Ambientais Globais".

Um outro aspecto discutido por aqueles autores refere-se ao fato de que a longo prazo, é evidente uma associação entre as alterações induzidas pelo uso da terra em sua cobertura, com o crescimento populacional, mas a mesma relação pode ser encontrada com o crescimento tecnológico, opulência e mudanças na política econômica! Como se pode notar, há ainda um longo caminho a ser percorrido até que os primeiros modelos de análise possam ser aplicados, de modo a gerar resultados confiáveis, capazes de subsidiar decisões.

Para Meyer e Turner II (1992) o papel dado à população pelos diferentes autores reflete menos conflitos de evidências do que de interpretação da mesma evidência. Os estudos de caso com populações regionais têm sugerido cautela nas associações "população-transformação". Isto, porém, não solapa o papel da população como uma importante força indutora de mudanças ambientais, mas acentua seu significado no contexto da organização tecnológica e sociocultural.

Quando esses estudos foram conduzidos regionalmente, e em áreas que exibiam condições socioambientais similares, foram encontradas correlações fortes. Muitos estudos comparativos ofereceram evidências estatísticas que sustentavam correlações diretas entre crescimento populacional e desmatamento. Bilsborrowl e Okotho-Ogendo (op.cit.) citam diversos estudos que comprovaram tais correlações (Brasil, Haiti e Bolívia), entretanto, caracterizam-nas como "casuais". Um estudo mais acurado foi desenvolvido na Guatemala e a correlação direta foi estabelecida. Acreditam que essa correlação será diminuída com a redistribuição de terras e diminuição do crescimento populacional. Acrescentam uma dura crítica ao governo brasileiro pela sua omissão no "Sexto Encontro Ministerial sobre o Ambiente na América Latina e Caribe" (Brasília, março de 1989) por não fazer constar na "Carta de Brasília" uma palavra sequer sobre crescimento populacional, apesar de tê-lo considerado "da mais alta prioridade", citam.

Um outro estudo relevante, que busca a compreensão dessas interrelações foi conduzido por Myers (1995) . Este autor enfatiza, ao falar sobre biodiversidade, que existem muitos elos que fazem o quadro muito mais complexo do que uma simples equação população/biodiversidade. Acrescenta que o crescimento populacional não é o único fator que está produzindo as mazelas ambientais conhecidas, não sendo mais que uma variável dentre as demais. São também importantes os tipos de tecnologia, o suprimento de energia, os sistemas econômicos, as relações comerciais, as persuasões políticas, as estratégias políticas, e um conjunto de outros fatores que podem reduzir ou agravar o impacto do crescimento populacional. Esse crescimento passa a ser significativo, em termos de produção de pressão ambiental, quando ele excede a capacidade de oferta de recursos naturais de um país aos seus habitantes, ou quando excede a capacidade dos seus planejadores de desenvolvimento.

Um outro aspecto, é a dificuldade de quantificar os efeitos das modificações do uso da terra sobre a concentração dos gases na atmosfera. Nos Estados Unidos a expansão de novas florestas e o crescimento de florestas existentes são responsáveis pela remoção de grandes quantidades de carbono da atmosfera. Estudos sugerem que entre 1980 e 1990 cerca de 238 milhões de toneladas métricas de carbono foram retiradas anualmente da atmosfera, o equivalente a cerca de 8 a 17% da emissão antropogênica daquele País (IPCC, 1996).

As dinâmicas que levam a esta situação são expressas por Turner II et al. (1994) na Figura 5, onde articula conexões interessantes entre as forças indutoras humanas e as variações no uso/cobertura do solo.

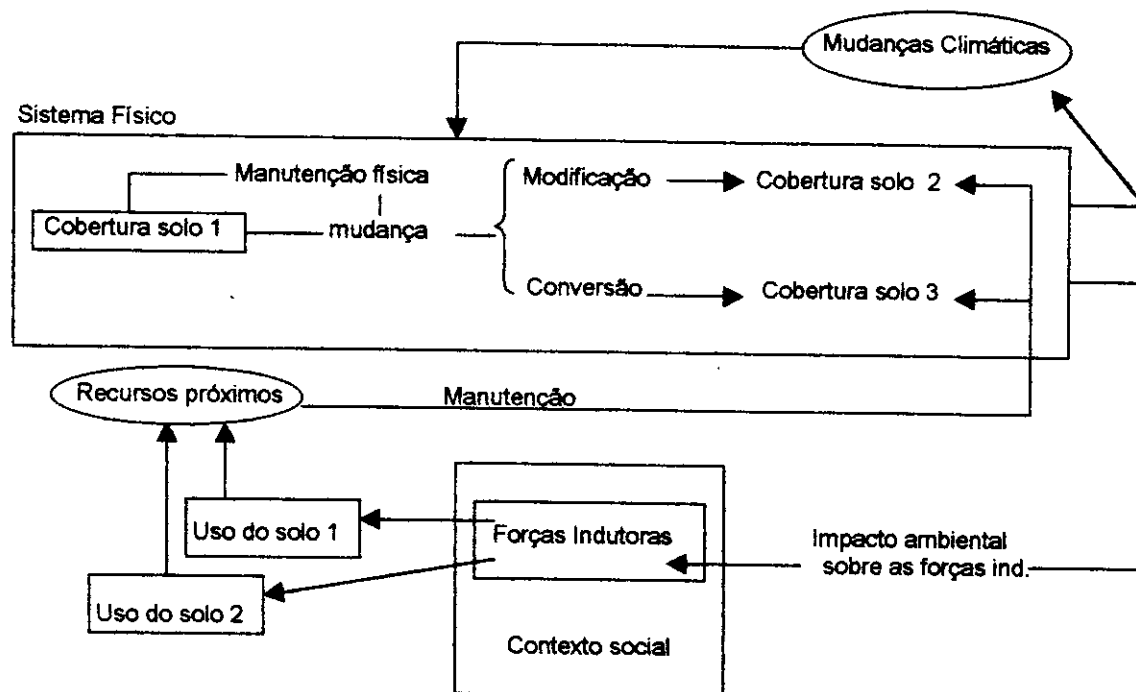


Figura 5 Conexões entre as forças indutoras humanas e o uso/cobertura do solo
 (Adaptado de Turner II, 1994, p.91)

A dramaticidade dessas mudanças impostas pelas alterações do uso da cobertura do solo é expressa pelo WRI (1997, p.59), cujas estimativas sugerem que 476.000 hectares de solo arável estão sendo transformados anualmente para áreas urbanas nos países em desenvolvimento.

3. ÁREA DE ESTUDO

3.1. Caracterização da região

A área de estudo encontra-se no Distrito Federal, unidade da federação que registrou o maior crescimento populacional nos últimos quinze anos, acompanhado de uma rápida expansão urbana e de um complexo espectro de degradação sócioambiental, que reproduziu as mazelas comuns aos grandes centros urbanos.

O seu quadro é exacerbado pelo crescimento frenético de pequenas cidades do entorno. Como exemplo, a cidade de Águas Lindas, Goiás, a apenas 42 km do centro de Brasília, passou dos seus 8 mil habitantes em 1993 para 130 mil habitantes em 1998! Águas Lindas não possui hospitais, apenas 8 médicos e 5 policiais civis atendem a população. A coleta de lixo atinge apenas 15% da “cidade” (Araújo Jr, 1998).

Com apenas 36 anos de fundação e projetada para abrigar 500 mil habitantes, o Distrito Federal reúne atualmente uma população estimada de 1.821.946 de habitantes, dos quais 93% vivem em área urbana (IBGE, 1996; CODEPLAN, 1997), superando todas as expectativas de crescimento populacional. Tem uma taxa de crescimento anual de 2,62%, densidade demográfica de 312,94 hab/km², a maior das capitais brasileiras, e uma renda *per capita* de 3,61 salários mínimos.

De acordo com a Simonsen Associados (1998) o Distrito Federal ocupa a décima posição na classificação nacional de competitividade, atrás de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Paraná, Santa Catarina, Bahia, Espírito Santo e Goiás, respectivamente. (classificação com base nos indicadores de riqueza e infra-estrutura econômica e social).

Caracteriza-se por um gradiente de fitofisionomias e acolhe a interpenetração biomática das cinco grandes regiões geopolíticas do Brasil, refletindo nas interdependências das suas características abióticas, bióticas e culturais. Serve de divisor de águas das bacias do Tocantins (Amazonas), Paraná (Platina) e São Francisco, o que tem grande influência na biogeografia e na diversidade da flora e da fauna de toda região Neotropical. As populações humanas desta região são representativas das demais populações brasileiras (Almeida Jr., 1994).

Localiza-se entre os paralelos 15°30' e 16°03' de latitude sul e os meridianos de 47°25' e 48°12' de longitude WGr, na Região Centro-Oeste, no centro do Brasil. Sua área é de 5.789,16 km², equivalendo a 0,06% da superfície do País, apresentando como limites naturais o rio Descoberto a oeste e o rio Preto a leste. Ao norte e sul, o Distrito Federal é limitado por linhas retas que definem o quadrilátero correspondente a sua área. Limita-se a leste com o município de Unai, Minas Gerais, e com o estado de Goiás nas demais áreas.

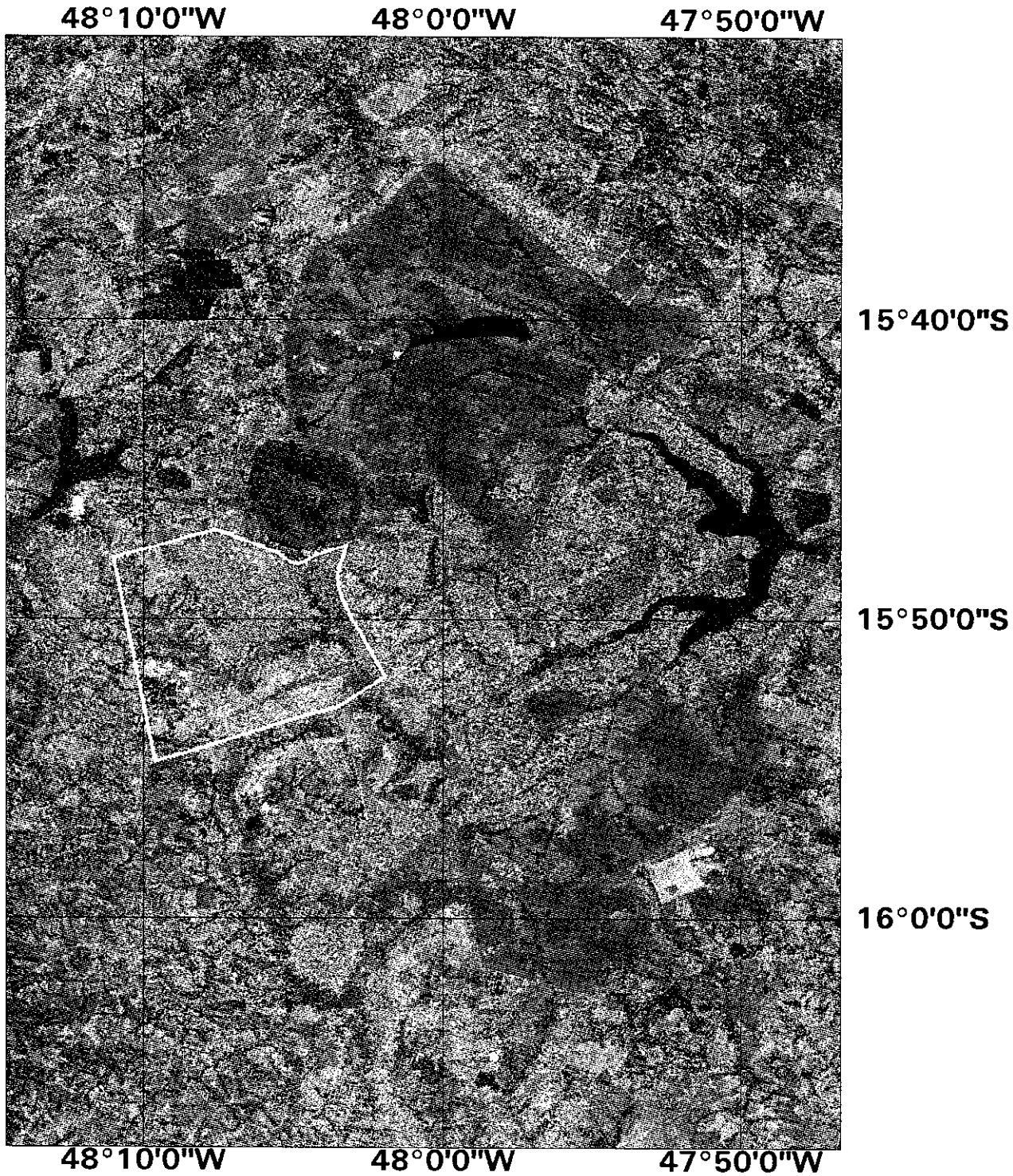
Situa-se dentro do bioma/domínio morfoclimático cerrados, que ocupa 25% do território brasileiro (cerca de 200 milhões de hectares).

Reúne um rico patrimônio de recursos naturais, com mais de 2.000 espécies de plantas lenhosas nativas do cerrado e um número maior ainda de herbáceas. Segundo Dias (1996) só de orquídeas abriga 233 espécies, e de aves 430 espécies.

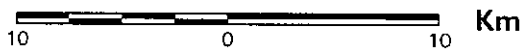
Os cerrados são menos conhecidos e mais ameaçados do que a Amazônia, e deve merecer prioridade de conservação, em face ao grau de devastação que sofre a ao potencial de uso sustentado que ainda oferece. Apesar disto, apenas 1,5% do seu território está protegido sob unidades de conservação - a média latino-americana é de 4,5%. Pádua (1996), afirma ser de apenas 1%, considerando apenas as unidades estaduais e federais, ficando as demais áreas à mercê da brutal e rápida devastação que tem acompanhado a ocupação desordenada deste bioma por atividades agropastoris extensivas, urbanização e outras.

Segundo Negret (1983) a riqueza da fauna desta região pode ser ilustrada pela presença de 250 espécies de aves só na Reserva Ecológica do IBGE (1.260 ha), e 430 espécies em todo o Distrito Federal. Anthony Raw (Departamento de Ecologia da

REGIÃO DE ESTUDO



Fotografia 01. A região do estudo.



Carta-imagem gerada a partir de imagem do satélite LANDSAT TM 5 bandas 3, 4 e 5 (R. G e B respectivamente), órbita/ponto 221/70 com passagem em 30/05/1997.

3. 2. Caracterização da área de estudo.

A área de estudo (Foto 2) está delimitada pelas seguintes coordenadas: do ponto A de coordenadas geográficas 15°48 min de latitude Sul e 48°10 min de longitude Oeste, localizado na BR-070; segue por esta até o entroncamento da DF-001 EPCT Estrada Parque Contorno, seguindo-a até o entroncamento da BR-060, por onde segue até o ponto de coordenada latitude 15°55 min Sul e longitude 48°10 min Oeste, de onde segue-se em linha reta de volta ao ponto A. Este polígono engloba as cidades-satélites de Taguatinga, Ceilândia e Samambaia, expressando as suas áreas urbanas e algumas áreas periféricas aos centros urbanos. Totaliza 136 km², equivalente a 2,3% do território do Distrito Federal e 0,0016% do território brasileiro.

Taguatinga foi a primeira cidade-satélite oficialmente fundada (1958), dois anos antes da inauguração de Brasília. Era conhecida como "Vila Sarah Kubitschek" pois abrigou as diversas pequenas invasões existentes no Distrito Federal, principalmente a invasão Sarah Kubitschek e os acampamentos das construtoras. Foi batizada posteriormente como Taguatinga que em Tupi-Guarani significa "barro branco" e/ou "ave branca", passando esta a ser o símbolo da cidade.

Tem uma área de 121 km² e reúne mais de 15 mil empresas que proporcionam arrecadações superiores a dois bilhões de reais/ano em ICMS - Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços. Possui uma completa rede de serviços - hospitais, centros de compras, universidade etc, que a torna independente do Plano Piloto de Brasília, e apresenta a maior renda *per capita* dentre as cidades-satélites do Distrito Federal.

A área urbana é dividida em setores: central, hoteleiro, industrial, gráficas, Norte, Sul e bairro Águas Claras. Tem 97% dos seus domicílios atendidos com água encanada, 93% com esgotos sanitários, 78% com coleta de lixo e 87% de suas ruas são asfaltadas. Reúne 58 escolas públicas, 52 particulares, oito centros de saúde e uma grande variedade de pequenos hospitais e clínicas particulares e duas delegacias.

Ceilândia iniciou-se com o projeto de erradicação das favelas Vila do IAPI, Vila Tenório, Vila Esperança, Vila Bernardo Sayão, e Morro do Querozene. O seu nome originou-se da sigla CEI - Comissão de Erradicação de Invasões.

A cidade-satélite é composta pelas quadras QNM, QNN, QNO, QNQ e pelo setor industrial onde podem ser instaladas indústrias não-poluentes. Tem uma área de 232 km², com 100% dos seus domicílios atendidos com água encanada, 99% com esgoto sanitário, 77% com coleta de lixo e 83% com ruas asfaltadas. Possui 84 escolas públicas, 22 particulares, 11 Centros de Saúde, um hospital público e diversas clínicas particulares, e um comércio que a torna também independente. Atualmente esta cidade reúne 50% dos consumidores do Distrito Federal.

Samambaia já existia como assentamento agrícola, formado pelo Núcleo Rural de Taguatinga, que compunha o chamado "cinturão-verde" do Distrito Federal. Esta região de 105,7 km², antes produtora de horti-frutos-granjeiros foi imprudentemente desapropriada e transformada em assentamento para abrigar os moradores de várias invasões que existiam em todo o Distrito Federal, principalmente no Plano Piloto.

A sua área urbana está dividida em Setor Norte, Setor Sul e Setor de Mansões Leste. Tem 95% dos seus domicílios atendidos com água encanada, 70% com coleta de lixo, apenas 16% com esgoto sanitário e 20% com escoamento de águas pluviais. Apenas 8% de suas ruas são asfaltadas. Possui 33 escolas públicas, três particulares, dois centros de saúde e uma delegacia. Das três cidades que formam a área de estudo, esta é a mais problemática. Apresenta um grave quadro de desemprego, ausência de áreas de lazer e outros serviços públicos, violência e degradação ambiental (erosão, poluição atmosférica, desflorestamento etc).

A região formada por estas cidades é composta de cursos d'água que fazem parte da Bacia do rio Descoberto. Como unidades de conservação e proteção abriga o Parque Boca da Mata (260 ha), o Parque Ecológico e Vivencial Três Meninas (67 há), ambos sem implantação definida, e a ARIE Taguatinga e Cortado (210 há).

A temperatura média está em torno de 20 °C. As temperaturas mais baixas ocorrem entre junho e julho com uma média de 19 °C, e as mais altas entre setembro e outubro, com média de 22,8 °C. A precipitação pluviométrica anual excede 1500 mm. A umidade relativa do ar sofre uma queda em relação às suas médias anuais (68 %), atingindo níveis inferiores a 25 % no período seco.

Predominam na região solos com horizontes B dos tipos câmbico e latossólico, bem como algumas manchas de solo hidromórfico. As variações altimétricas do relevo da região apresentam níveis correspondentes a superfície nas cotas de 900 até 1000 m, cobertas por vegetação de cerrado em todas as suas manifestações fitofisionômicas e reflorestamentos, habitados por remanescentes da fauna deste Bioma.

Esta região, está submetida a uma forte pressão de demanda de recursos naturais e serviços, por um explosivo crescimento populacional, gerado pela maior oferta de serviços e por decisões políticas que terminaram incentivado a migração, agravado pelo contexto socioeconômico nacional desfavorável à permanência de populações em áreas rurais (Mendes, 1998; Zanatta, 1998).

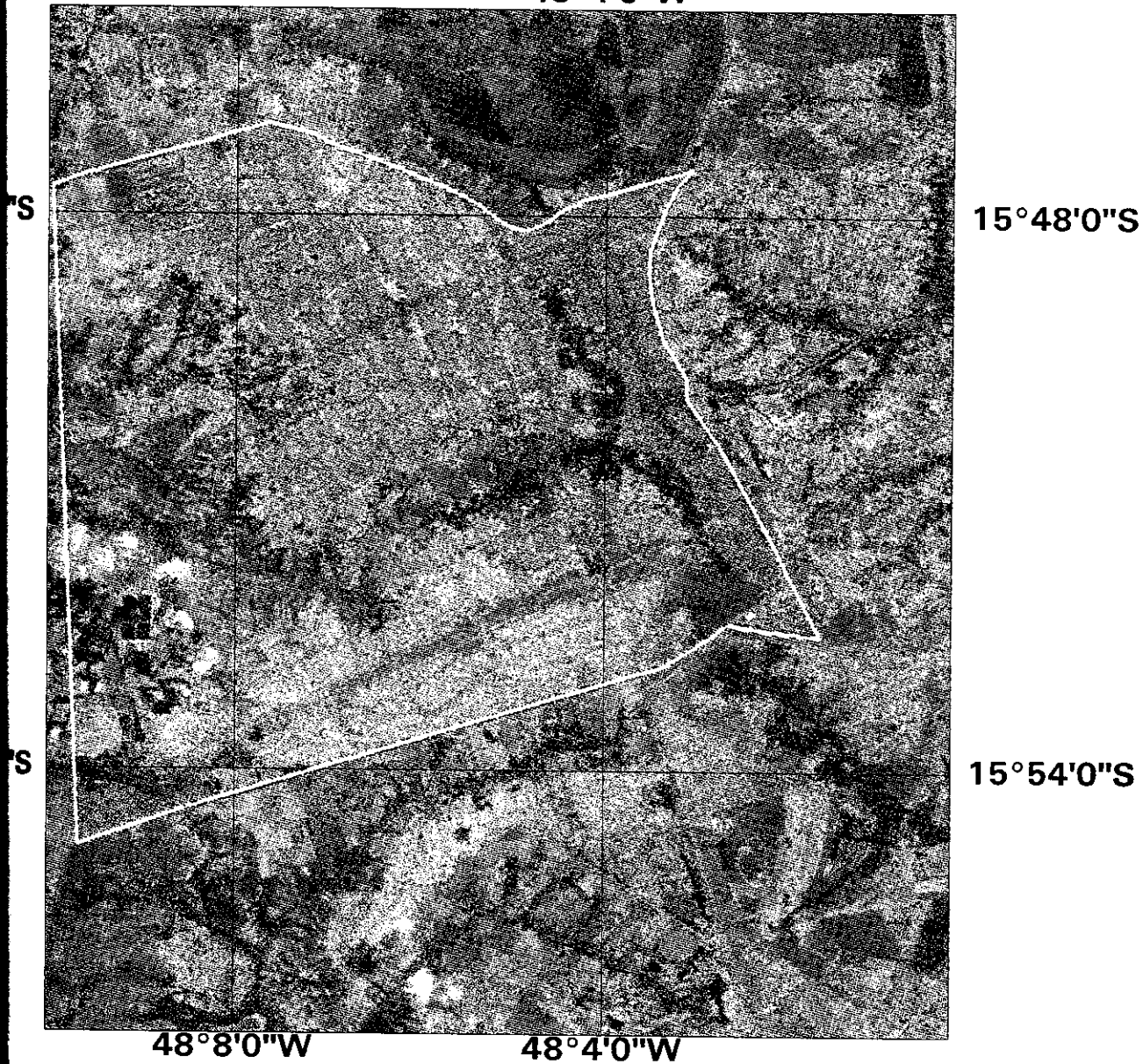
Reúne os elementos essenciais que permitem a análise dos processos das contribuições humanas às alterações ambientais globais, reproduzindo uma situação que se repete na maioria das cidades do mundo, e que precisa ser compreendida.

Esta região está representada na Fotografia 2.

ÁREA DE ESTUDO

48°8'0"W

48°4'0"W



Fotografia 02. A área de estudo.

5 0 Km



Carta-imagem gerada a partir de imagem do satélite LANDSAT TM 5
bandas 3, 4 e 5 (R, G e B respectivamente), órbita/ponto 221/71
com passagem em 30/05/1997.

4. METODOLOGIA

Quando Roger Revelle e Hans Suess descreveram a adição de bilhões de toneladas de gás carbônico na atmosfera terrestre em 1957 não imaginavam as conseqüências dessa constatação científica, nem a correria acadêmica que se travaria, em busca de modelos de análises, de estabelecimento de programas de pesquisas e tudo o mais. Não imaginavam que tinham revelado um sintoma importante das profundas transformações que a Terra estaria sofrendo, desta vez, com um forte componente antropogênico.

A concentração do gás carbônico na atmosfera continua crescendo de tal forma que os cientistas vêem a possibilidade de um desastre climático cada vez mais perto. À medida que o mundo vai mudando, as pessoas clamam por conhecimentos para saber como essas mudanças poderão afetá-las.

Agora a humanidade está envolta num grande experimento global, e apesar das dimensões gigantescas desse experimento, não há respostas científicas claras para serem oferecidas. Bons experimentos, como é ensinado nas escolas, devem ser seguros e passíveis de repetição. Eles devem testar uma hipótese específica, utilizando uma metodologia definida, utilizando controles, para identificar os efeitos de uma dada mudança no tempo, e com isso produzir conhecimento útil.

O grande experimento global que a humanidade está testemunhando extrapola esses limites: não é passível de repetição, há muitas mudanças diferentes ocorrendo simultaneamente, com muitas variáveis, e não há controle, o que significa que as mudanças naturais e as produzidas pelo ser humano não são distinguíveis. Os resultados, por conseguinte, podem não ser mais úteis!

Impulsionados por um sentimento de urgência, a partir de 1980 os cientistas começaram a buscar modelos, conjuntos de dados, reunir esforços, forjando novas organizações e coordenando-as. Surgiram vários programas internacionais de estudos (serão mencionados adiante) que revolucionaram as chamadas Ciências da Terra e boa parte da Biologia - Ecologia, envolvendo-os em pesquisas multidisciplinares e interdisciplinares.

O objetivo era construir modelos que descrevessem como o planeta funciona, e com isso, poder formular previsões. Sabe-se agora que não é plausível considerar um aspecto do planeta, ignorando outros. Dados biogeoquímicos, de solo e outros, desacoplados dos múltiplos processos de origem antropogênica que moldam a Terra não são mais compreensíveis. Necessitam-se de novas ferramentas analíticas e de síntese. Os métodos tradicionais não respondem mais à complexidade dos desafios.

Dessa forma, neste trabalho, por sua natureza multifacetada, conduziu-se a pesquisa por meio da utilização de diversos métodos de investigação que se completam para propiciar um quadro mais completo das interações humanas com o ambiente e entre si, impossível de expressá-las através de qualquer metodologia isolada. O pluralismo metodológico recomendado por Stern et al.(1993) para estudos desta natureza, portanto, foi seguido neste trabalho.

Também diversos instrumentos da Ecologia Humana e da Educação Ambiental foram igualmente utilizados. Os diferentes métodos tendem a iluminar diferentes aspectos de um processo. Envolvem medidas diretas, medidas não reativas (Webb et al., 1972), procedimentos de pesquisa de antropologia ecológica sugeridas por Peltó & Peltó (1978), utilização dos modelos de grupos funcionais (Kömer, 1994), e utilização de dados secundários de diversas agências governamentais (locais, nacionais e internacionais), a metodologias sugeridas pelo Comitê sobre as Dimensões Humanas das Mudanças Globais (*National Research Center, Washington, Stern, Young e Druckman, 1992*). Buscou-se ao final, elaborar listagem de constatações e matriz comparativa.

As análises foram processadas por meio de modelos interativos, alimentados por indicadores básicos do metabolismo socioecossistêmico urbano envolvidos nestas mudanças. Algumas técnicas de levantamento de dados não— intrusivos (Webb et al., 1972) também foram aplicadas

No decorrer do desenvolvimento do trabalho, buscou-se incessantemente o exercício interdisciplinar (paradigma de uma nova ordem científica, segundo Barthes, 1993), com consultas a profissionais de diversas áreas para troca de idéias, discussões técnicas e redirecionamentos.

Deu-se especial atenção à questão dos conceitos uma vez que adentrava-se em um campo cujas bases ainda estão sendo formadas. Para Canguilhem (1975) o conceito é a manifestação mais perfeita da atividade científica, entendendo esta como a formação, a deformação e a ratificação de conceitos.

4.1. Grupos funcionais: lidando com a complexidade.

Segundo Kömer (1994) o maior impedimento para a predição é a complexidade de interações. Mas, a não ser que se aguarde o futuro para saber como as coisas serão, algumas respostas precisam ser dadas.

Os caminhos para tanto não são muitos. A experimentação é limitada em espaço e tempo e pode, no máximo, revelar algumas características e tendências. Os modelos de simulação, por sua vez, dependem totalmente de parametrizações acuradas, o que nem sempre é possível quando o tema é complexo.

As alterações ambientais globais trouxeram consigo um farto repertório de desafios pela complexidade das suas estruturas e interrelações, requerendo decomposições inevitáveis para a sua compreensão. Requer-se um certo grau de simplificação, um conjunto de funções principais que possam definir o comportamento de sub-sistemas e integrá-los ao sistema maior.

O sucesso da nomeação de grupos funcionais depende da seleção de um nível certo de organização e da escolha adequada de sub-sistemas que sejam centralmente representativos da estrutura e dos processos. Assim, eles podem ser formados em qualquer nível de organização e o seu número é teoricamente infinito.

Para tanto é necessário um conjunto de critérios de seleção, e nestes consideram-se apenas funções chaves dentro da organização. O primeiro critério é o grau de integração, ou seja, a característica de pertencer a diversos segmentos dentro do mesmo processo; segundo, a distribuição espacial, ou seja, a sua representação na maior parte da área onde ocorre o processo. Considera-se ainda a hierarquia de complexidades como critério de seleção de grupos. Além desses instrumentos, utilizou-se também o conceito de escala e hierarquia, uma abordagem para análises de sistemas complexos (O'Neil, 1989), cujo ponto principal consiste em reconhecer que os sistemas contêm uma organização endógena, uma hierarquia de níveis, que resultam por suas diferenças de taxas de processos. Sistemas complexos, como os ecossistemas, segundo esse autor, operam com um largo espectro de taxas.

Segundo Kömer (Op.cit.) , neste processo, a precisão está na direção inversa da relevância, quando se trata de estudos integrados, como representado na Figura 6.

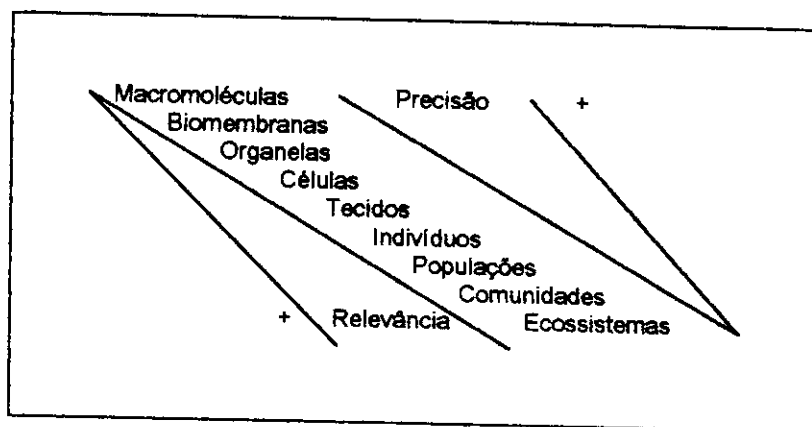


Figura 6 Hierarquia de complexidades (Adaptado de Kömer, 1994)

Dentro desses critérios, foram escolhidos elementos do metabolismo ecossistêmico da área de estudo que melhor refletissem os processos ali estabelecidos e que constituem o objeto do estudo: as contribuições deste ecometabolismo às alterações ambientais globais.

Assim, foram nomeados o crescimento da população, as alterações de uso/cobertura do solo, o consumo (principalmente o de combustíveis fósseis, seguidos de alimentos, produtos madeireiros e outros ligados ao aumento da pressão sobre os recursos naturais), como **grupos funcionais**.

4.2. Suporte institucional

Neste trabalho utilizam-se alguns resultados de uma pesquisa de longo prazo, iniciada em 1980 no Laboratório de Ecologia da Universidade de Brasília, sobre diversos componentes ambientais urbanos do Distrito Federal, e continuada, a partir de 1989, no Centro de Pesquisas das Faculdades Integradas da Católica de Brasília -

FICB, atualmente Laboratório de Pesquisas Multidisciplinares em Qualidade Ambiental - Pro-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Católica de Brasília, através do projeto "Perfil Ambiental da Região de Taguatinga".

A evolução dos estudos esteve diretamente relacionada ao intercâmbio de cooperação técnica entre o IBAMA, a Universidade Católica de Brasília e a Universidade Livre do Meio Ambiente de Curitiba, esta, uma referência nacional em Gestão Ambiental Urbana.

Os dados secundários para a formulação do ecometabolismo foram obtidos por meio de consulta de diversos documentos de (i) instituições internacionais como a UNEP, a UNESCO, a OMS e aos diversos documentos e relatórios do World Research Institute, World Bank, FAO e outras; (ii) instituições do Governo Federal como IBGE, Ministério do Meio Ambiente, IBAMA (principalmente Centro de Sensoriamento Remoto), Ministério da Saúde, Ministério da Indústria e do Comércio, EMBRAPA e outros; (iii) de instituições do Governo do Distrito Federal como EMATER, SEMATEC, DETRAN, TERRACAP, NOVACAP, CAESB, CEB, FHDF, FEDF, SLU, PMDF, CODEPLAN e outros; (iv) empresas privadas de diversos ramos como madeireiras, postos de gasolina, sindicatos, frigoríficos, distribuidoras de alimentos e combustíveis e outros.

4.3. As imagens de satélites e a elaboração de mapas

Um estudo dessa natureza torna-se impossível sem a utilização dos recursos do sensoriamento remoto. Imagens de períodos diferentes de uma mesma área constituem-se em instrumentos precisos e estratégicos para diversos exercícios de comparações.

Neste sentido, a área de estudo, contida no Distrito Federal, é privilegiada pela existência de farta documentação georreferenciada, disponível na CODEPLAN (SEMATEC), no IBAMA (Centro de Sensoriamento Remoto) e no INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Tais instrumentos foram utilizados para compor os mapas de comparação de uso do solo, imprescindíveis à análise da estrutura e dinâmica socioecossistêmica.

As operações foram realizadas por técnicos do Centro de Sensoriamento Remoto do IBAMA. Para realizar o mapeamento da área de estudo, passou-se por duas etapas: processamento digital da imagem e vetorização, edição, atribuição e manipulação dos dados.

Para o processamento digital das imagens utilizou-se o *software* ERDAS IMAGINE 8.0, para plataforma UNIX. As imagens foram colhidas pelo satélite Landsat TM-5, órbita/Ponto 221/71, bandas 3, 4 e 5, (RGB) com data de passagem em 30/05/97.

A correção geométrica ou georreferenciamento, foi realizado em duas etapas: (i) registro: utilizou-se a base cartográfica digital, na escala de 1:100.000, para relacionar feições de imagens, que possuíam coordenadas de arquivo imagem, com feições da base cartográfica digital que continham coordenadas geográficas. O erro permitido em X e Y foi menor que 30 metros; (ii) retificação: transformação da projeção

e das coordenadas da imagem para a projeção e coordenadas geográficas, utilizando-se os dados obtidos do registro. O *datum* horizontal utilizado foi o SAD69 e o esferóide SOUTHAMERICAN1969.

Quanto à classificação das imagens, primeiro foi realizada uma primeira classificação não supervisionada para apoio aos trabalhos de campo, visando a identificação dos padrões verificados na imagem. Após a verificação de campo, aplicou-se na imagem a classificação supervisionada, utilizando-se o método Maxiverossimelhança. Os resultados obtidos foram considerados satisfatórios.

Da pós-classificação obtiveram-se seis classes que foram agrupadas de acordo com o objetivo do trabalho. Nesse caso, foram necessárias apenas duas: antropismo (caracterizado pela expansão urbana, pelas áreas degradadas e/ou ocupadas para outras atividades humanas, como a agropastoril) e áreas de vegetação natural. Foram assim nomeadas: área urbana, área degradada (solo descoberto), mata de galeria, campo/agropastoril (composto por áreas de campo limpo + campo sujo + pastagens + agricultura) e cerrado (*strictu sensu*).

Em relação à vetorização/edição foi feita a vetorização automática, com a transformação das classes identificadas na imagem (formato matricial para formato vetorial com feições de polígono). Essa etapa foi realizada com o *software* Arc/Info, em ambiente UNIX. Os arquivos vetoriais resultantes das imagens passaram por um processo de edição, onde foram definidos atributos de identificação dos tipos de uso, tendo em vista a comparação com os dados digitais obtidos junto a SEMATEC, relativos ao mapeamento de Uso do Solo da mesma área, referente ao ano de 1994.

Para a análise comparativa dos dados de Uso do Solo de 1994 com os dados mapeados com a imagem de 1997, utilizou-se o *software* Arcview, para plataforma INTEL, que permite o desenvolvimento de trabalho de forma totalmente integrada com o *software* Arc/Info e ERDAS IMAGINE. Esta etapa do trabalho foi constituída das seguintes atividades:

- quantificação das áreas em hectares, em quilômetros quadrados e em percentagens, por classe de usos, por meio da elaboração de tabelas comparativas;
- elaboração dos Mapas de Uso do Solo dos anos de 1994 e 1997.

Os itens a seguir (4.4 a 4.17) referem-se a determinações de elementos do metabolismo socioecossistêmico da área estudada, necessários para o cálculo da *pegada ecológica* (item 4.18).

4.4. O cálculo da perda de fitomassa

O cálculo de perda de fitomassa foi executado tomando-se por base os valores médios de conteúdo de fitomassa por formação de vegetação, sugerido por Troppmair (1997). Segundo este autor, as diversas formações de vegetação apresentam fitomassa por unidade de área, diferenciáveis. O campo limpo ou cobertura com gramíneas apresentam de 3 a 5 toneladas de fitomassa por hectare, sendo o seu valor médio de 9 ton/ha. Os cerrados apresentam 50 a 80 ton/ha, com uma média de

65 ton/há, e as áreas com Mata de Galeria apresentam 110 a 200 ton/há, com uma média de 155 ton/ha.

Os valores apresentados foram obtidos pela multiplicação das áreas de variação em cada tipo de cobertura vegetal (campo/agropastoril, cerrado e mata de galeria) pelo valor médio de fitomassa por unidade de área, sugerido pelo autor, chegando-se ao valor total de perda igual a 106.306,5 toneladas de fitomassa.

4.5. A determinação da emissão de CO₂ pela perda de solo

O cálculo de emissão de gás carbônico perdida, devido à degradação do solo, foi feita de acordo com valores estabelecidos por Raich e Potter (1996) no CDIAC. Estes autores estabeleceram um modelo estatístico para prever os padrões de emissão global do CO₂ provenientes do solo. Tais emissões incluíram a respiração de ambos os organismos do solo e as raízes das plantas. No desenvolvimento do modelo foram considerados dados principais de temperaturas, precipitações pluviométricas, conteúdo do carbono orgânico e nitrogênio, tipo de solo e tipo de vegetação natural, foram referenciados num gradiente geográfico. Foi encontrado que, numa escala global as taxas de fluxo de gás carbônico do solo correlacionam-se significativamente com a temperatura e a precipitação. Elaborou-se um espectro de emissão para o globo terrestre com variações de 0 a 1,42 kg/m² ao ano. Para determinar a emissão da área de estudo utilizou-se a própria escala de 0 a 1,42 associada ao espectro e ao mapa global, procedendo-se a projeção do Distrito Federal sobre o espectro, efetuando a sua leitura respectiva, ou seja, aproximadamente 0,66 kg CO₂/m² ao ano. O total de gás carbônico deixado de ser emitido pelo solo foi calculado multiplicando este valor pelo total da área degradada, mostrada na tabela de variação na ocupação/uso do solo (+ 709.590 m²), ou seja, 0,66 x 709.590, totalizando 468.329,4 kg CO₂/m² ao ano.

4.6. Técnica de utilização dos líquenes como bioindicadores

Os líquenes foram nomeados para medir o estágio da qualidade do ar, por sua relativa simplicidade e confiabilidade como bioindicadores. Esses organismos (associação entre alga e fungo) crescem, em média, cerca de 1 cm por ano (Xavier, 1979) e são sensíveis à poluição atmosférica de uma forma geral, sendo porém mais susceptíveis ao SO₂. A premissa básica é que a simples presença desses organismos num local já indica que o ambiente é adequado para eles.

As medidas foram tomadas por meio do mapeamento de árvores que continham líquenes, presentes na área de estudo. Uma vez marcadas, procedeu-se a mensuração da área foliar total pelo processo *draw upon*, que consiste em determinar a área do líquen com desenhos obtidos por sobreposição (Sloof e Wolterbeek, 1993).

O mapeamento foi efetuado duas vezes por ano em meses distintos (abril e novembro), desde 1990. Os valores obtidos para os anos de 1990 e 1992 foram extraídos das pesquisas do Sub-Projeto de Biomonitoramento da Qualidade do Ar da Região de Taguatinga, parte integrante do Projeto do Perfil Ambiental da Região de Taguatinga, desenvolvido pelo Centro de Pesquisas das então Faculdades Integradas da Católica de Brasília, atual Universidade Católica de Brasília.

Não houve seleção de espécies mais adequadas, conforme sugere Prado Filho (1993), mas simplesmente foi eleita a espécie cuja presença e distribuição espacial eram maiores (*Parmelia sp.*). Espécies diferentes respondem de forma diferente aos diversos estímulos de mudanças nos parâmetros de qualidade do ar (concentração de SO₂, CO e material particulado em suspensão, principalmente). De uma forma geral, segundo André (Op.cit.) os líquenes desaparecem de uma área quando a concentração de SO₂ é > 170 µg/cm³. Entretanto, o gênero estudado (*Parmelia*) é susceptível a concentrações de apenas 70 µg/cm³.

Outros bioindicadores também são recomendados. Brown Jr. (1997) sugere que os insetos são indicadores sensíveis do uso sustentável dos recursos naturais, especialmente cupins (*Isoptera*), libélulas (*Odonata*), besouros (*Coleoptera = chrysomelidae*), formigas (*Hymenoptera = formicidae*), borboletas (*Lepidoptera = nyuphalidae*) e moscas (*Diptera = muscidae*). Além dos insetos, inclui ainda sapos (*Amphibia = anura*), aves (todas) e macacos (todos). Resta saber se a presença do *Homo sapiens sapiens* não seria um indicativo de tendência à instabilidade ambiental!

4.7. As medidas de intensidades sonoras

As intensidades sonoras foram determinadas com a utilização de um decibelímetro digital (IPT) calibrado em dB(A), e seguidas as orientações da Resolução CONAMA 001/90 sobre poluição sonora e norma NBR 10151 da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. Foram utilizados dados da ex-Coordenadoria para Assuntos do Meio Ambiente-COAMA, precursora da atual SEMATEC - Secretaria do Meio Ambiente e Tecnologia do Distrito Federal.

4.8. Medida da média de ocupação em veículos

A média de ocupação de veículos particulares foi obtida por meio de contagem simples e direta (fluxo de veículos) na via Central de Taguatinga. As contagens foram efetuadas sempre no mesmo local e na mesma hora (8 horas da manhã). Procedeu-se esta contagem durante cinco dias seguidos (de segunda a sexta-feira), com a ajuda de auxiliares de pesquisa, alunos voluntários do Curso de Educação Ambiental da Graduação (Licenciatura em Ciências, Universidade Católica de Brasília, Campus I, Taguatinga, Distrito Federal). O método de contagem adotado foi o de amostragem, utilizado por técnicos do DER - Departamento de Estradas e Rodagens, ou seja, contam-se os veículos em uma parada de semáforo, selecionando o grupo de veículos que parou na primeira fila. Procedeu-se até atingir o número de cem veículos particulares observados.

O fluxo de veículos foi estabelecido por contagem direta, desprezando-se o fluxo entre meia noite e cinco horas da manhã, durante uma semana, em dois meses distintos. Tomou-se a média destas medidas.

Os dados de material particulado em suspensão foram obtidos pelo método da deposição do aerossol em lâminas com filme de vaselina, expostas a 1,5 m do solo,

a tempos estabelecidos, em locais pré determinados, e contadas ao microscópio (campo 2,41 mm²) (Thomas, 1972).

4.9. Determinação do consumo de combustíveis fósseis.

O consumo de combustíveis da área de estudo foi calculado tomando-se como base a venda direta por meio dos postos espalhados nas três cidades. Inicialmente este cálculo seria efetuado utilizando-se de dados oferecidos pelo DNC - Departamento Nacional de Combustíveis (CGPLAN Serviço de Estatística). Entretanto, tais dados eram referentes ao total consumido em todo o Distrito Federal. Não havia como separar o consumo de Taguatinga, Ceilândia e Samambaia desse total. A alternativa foi consultar o Sindicato do Comércio Varejista de Combustíveis e Lubrificantes do Distrito Federal - Sinpetro/DF, em Brasília, que informou o número de postos naquela área e os seus respectivos endereços, para que se procedesse a uma consulta direta sobre o consumo.

Dessa forma, foram visitados os 45 postos da área, 24 em Taguatinga, 16 na Ceilândia e 5 na Samambaia. Aos gerentes desses postos era feita a identificação dos pesquisadores e o objetivo da pesquisa (para tanto foi desenvolvida a Planilha de Pesquisa IBAMA/UCB/UnB, constituída pelos seguintes itens: nome e endereço do posto, litragem mensal e observações) As informações foram prestadas prontamente, uma vez que havia sido feito um contato telefônico prévio, avisando da visita e até mesmo dos objetivos da mesma. As gerências dos postos são organizadas e o consumo é medido diariamente.

As medidas de consumo foram oferecidas levando-se em conta o consumo de gasolina, álcool hidratado e óleo diesel. A gasolina representa 60% desse consumo, o álcool hidratado 25% e o óleo diesel 15%. Para fins de cálculo, adotou-se a gasolina como emissor padrão, por oferecer detalhes técnicos mais aprofundados do seu metabolismo (queima e exaustão).

Segundo os gerentes, houve um decréscimo acentuado no consumo do álcool, que em outras épocas chegou a constituir 40% do consumo. O consumo total dos 45 postos chegou a 20.187.690 litros de combustível por mês.

Um outro aspecto que precisa ser esclarecido é que os veículos abastecidos nesses postos não são necessariamente da região estudada, assim como, uma vez abastecidos, nem sempre as emissões resultantes da sua queima serão depositadas na atmosfera local. Estes detalhes não têm a menor importância para este estudo, porquanto o objetivo é determinar o montante de consumo e as emissões geradas por aqueles pontos de abastecimento, ou seja, quanto aqueles 45 postos situados na área de estudo contribuem para as emissões globais. Logo, não faz a menor diferença se os veículos são de fora ou não, ou se as emissões acontecem fora ou dentro da área de estudo, o que interessa é que elas acontecem e são jogadas na atmosfera global. Dessa forma, os postos são tomados como *pontos* de demanda energética dentro da área estudada e que integram o seu metabolismo de demanda de recursos naturais.

4.10. Cálculo das emissões produzidas pela queima de combustíveis fósseis

O cálculo das emissões de monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio e hidrocarbonetos foram efetuados com base na Resolução CONAMA nº18 de 6 de maio de 1986. Esta Resolução prevê que as emissões de gases de escapamento por veículos automotores leves a partir de 1992 deverão chegar no máximo a 24,0 g de monóxido de carbono por quilômetro rodado; 2,1 g de hidrocarbonetos por quilômetro rodado e 2,1 de óxidos de nitrogênio por quilômetro rodado. Foram escolhidos os parâmetros de 1992 porque a sua validade se estende até 1997, abrangendo a média de idade da maioria dos veículos da área estudada, no que pese a região de Samambaia apresentar uma média muito baixa (1986), mas diluída pela frota maior da Ceilândia e Samambaia.

Os valores das emissões foram obtidos pela multiplicação simples dos valores da Resolução CONAMA pelo total de litros de combustível consumidos, já multiplicados por 10 (média de consumo dos veículos brasileiros: 10 km/l). Dessa forma os 242.252.280 l/ano significam 2.422.522.800 km rodados (potencialmente) que multiplicados por 24g resultam nas 58.140,5 toneladas de CO emitidas por ano.

Para o cálculo de óxidos de nitrogênio procedeu-se da mesma maneira, multiplicando-se o seu fator de emissão 2,0 pelos mesmos 2.422.522.800 quilômetros rodados, obtendo-se 4.845,0 toneladas de NOx / ano. O mesmo se fez para os hidrocarbonetos, multiplicando o seu fator 2,1 por 2,422,522,800 km, chegando-se as 5.087,3 ton/ano.

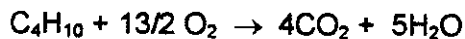
Já as 637.123,5 toneladas de gás carbônico por ano, foram determinadas por meio da utilização de um fator de conversão sugerido por Vine et al.(1991) de 22 lb de CO₂ para cada galão de gasolina, ou seja, de 2,63 kg de CO₂ para cada litro de gasolina queimado.

Os valores das emissões de amônia foram obtidos por meio da utilização de um fator de correspondência apresentado por Silva (1975), segundo o qual, para cada 1000 litros de gasolina queimados são liberados 240 g de amônia e 2,0 kg de óxidos de enxofre, ou seja, os 242.252.280 litros de gasolina consumidos geraram 58,1 tonelada/ano de amônia e 484,5 toneladas/ano de óxidos de enxofre, respectivamente.

A área requerida para absorver o gás carbônico foi obtida por meio dos seguintes passos: (i) considerando a relação apresentada por Wackemagel e Rees (Op.cit., p.73), segundo a qual, é necessário um hectare de floresta para absorver 1,8 toneladas de gás carbônico geradas pela queima de combustível fóssil (1,8 ton CO₂ para 1 ha floresta), tem-se que as 637.123,5 ton CO₂ emitidas anualmente vão requerer 353.957,5 ha/ano para a sua absorção; (ii) dividindo-se esta área pela população da área de estudo (738.578) chega-se aos 0,47 ha/pessoa/ano.

A quantidade de calor liberada pelo consumo da litragem de gasolina referida, foi obtido pelo fator de conversão 11.220 kcal/kg (MME, DNC, 1996), após corrigir o volume para kg, considerando a densidade da gasolina (0,68 g/cm³). Assim, 242.252.280 x 0,68 x 11.220 = 1,8.10¹² kcal.

Para a determinação das emissões de gás carbônico pela combustão do GLP (Gás Liquefeito de Petróleo), considerou-se que o butano (C_4H_{10}) é o seu principal componente, e que a combustão é completa, ou seja:



Considerando que o mol ou massa molecular do butano é 26 g e a do gás carbônico é 44 g, tem-se que: cada 26 g de butano libera 4 x 44 g de gás carbônico. Um botijão contém em média 13 kg de GLP, logo, cada conteúdo de um botijão queimado libera 88 kg de gás carbônico. Segundo a Minasgaz, o consumo médio de GLP no DF é de um botijão a cada 40 dias, o que dá uma média de 9 botijões por ano para cada grupo de usuário. O grupo de usuário foi determinado dividindo-se a população total da área de estudo (738.578) por quatro (o número médio aproximado de pessoas por família, segundo dado do IBGE, 1997), chegando-se a 184.644,5 grupos. Multiplicando-se este número por nove botijões por ano, tem-se o número de botijões de GLP consumidos em um ano, ou seja, 1.661.800,5. Este número vezes 88 kg CO_2 por botijão a emissão total deste gás, ou seja 146.238,4 ton CO_2 /ano.

Valendo-se da relação 1 ha:1,8 ton CO_2 (Wackernagel e Rees, 1996, p.73) tem-se que são necessários 81.243,5 ha de áreas naturais para absorver tal emissão. Dividindo-se este valor pelo total da população da área de estudo tem-se 0,11 ha/pessoa/ano, o requerimento individual de áreas naturais para atender apenas esta demanda.

4.11. Produção de lixo *per capita* e emissões de CO_2 e CH_4

DeCicco et al. (1991, p.127) sugerem uma "dieta de gás carbônico" para diversas atividades humanas, por meio da qual pode-se reduzir a emissão desse gás-estufa. Essa dieta compreende utilidades residenciais (uso de eletricidade e combustíveis fósseis), transportes (carros particulares, ônibus, trens, aviões e metrô), geração de rejeitos domésticos e utilização de halocarbonos. Para quantificar esses elementos, são apresentados diversos fatores de conversão para equivalentes de gás carbônico.

Especificamente, para resíduos sólidos provenientes do metabolismo doméstico e/ou comercial é utilizado o fator: para cada 3 libras de lixo produzido, tem-se o equivalente a 1 libra de CO_2 (ou 3 kg de lixo para 1 kg de CO_2). Assim, utilizando-se esta relação, foi considerada a produção de lixo de 1997 da área de estudo (184.171 toneladas), dividindo-a por três, obtendo-se o resultado apresentado nas discussões (184.171.000 kg ÷ 3 = 61.390 ton CO_2 /ano).

Para se obter o valor em kg de lixo produzido por pessoa por ano, procedeu-se a divisão do total de lixo gerado em kg em 1997 pela população das três cidades - Taguatinga, Ceilândia e Samambaia -, também em 1997 (184.171.000 kg ÷ 719.448 habitantes = 256 kg.pessoa/ano).

Para os valores de CH_4 foi utilizada a relação apresentada pela EPA (1995, p.1) segundo a qual, para cada kg de gás carbônico gerado, tem-se igual produção de metano.

A determinação da área necessária para absorver o gás carbônico e o metano gerados foi feita utilizando-se a relação 1 há:1,8 ton CO₂ sugerida por Wackemagel e Rees (1996, p.73). Assim, 6.390 ton CO₂/ano ÷ 1,8 = 34.105,5 ha. Multiplicou-se por dois este valor, considerando os dois tipos de emissões, chegando-se aos 68.211 há. Este valor dividido pelo total da população da área (738.578) deu os 0,09 ha/p/ano apresentados.

4.12. Consumo de madeira e papel e emissão de CO₂.

Para o cálculo do consumo de madeira procedeu-se a um levantamento de todas as madeiras existentes na área de estudo (32), seguido de visitas e entrevistas. Foram nomeadas as de maior porte porquanto 80% das vendas são feitas por quatro grandes empresas que praticamente monopolizam o mercado.

Esse levantamento foi feito sob a forma de simples consulta, diretamente com os gerentes da empresa, ou com os chefes de despacho de mercadorias. O fato curioso é que previa-se uma resistência natural para o fornecimento de informações em função do sabido comércio ilegal de algumas madeiras protegidas por Lei como o mogno, e até mesmo pelas irregularidades conhecidas de corte clandestino e guias falsas de autorização de cortes. Mas, isto não ocorreu. As informações foram prestadas sem dissimulações, o que termina sendo um indicador de baixa pressão de fiscalização que é exercida neste setor.

As madeiras comercializadas são em sua maioria, em ordem decrescente de vendas, ipê, maçaranduba, angelim vermelho, mogno, cedro, muiracatiara e castanheira (e uma dezena de outras em menor quantidade). O ipê e a maçaranduba respondem pela maior parte das vendas pois são utilizadas, principalmente, para a cobertura de casas (telhado), atividade em grande expansão nas áreas circunvizinhas. São originárias, em sua maioria absoluta (cerca de 80%) do Estado do Pará, seguindo-se os Estados do Maranhão e do Mato Grosso e uma pequena parcela (mas em ascensão) de Rondônia. São transportadas por via terrestre, principalmente por carretas trucadas com cargas variando de 22 a 30 m³ (foi tomado o valor médio de 25 m³ para fins de cálculos). A quantidade de m³/carreta depende do tipo de madeira transportada uma vez que as suas densidades variam muito. As madeiras brancas são as mais leves (como a castanheira, que permite até 45 m³ por carreta) enquanto que o angelim vermelho o mais pesado (1400 kg/m³). Para fins de cálculo utilizou-se a média das densidades das madeiras mais usadas, ou seja 1.175 kg/m³ (Ipê: 1.100 kg/m³; Maçaranduba: 1.250 kg/m³).

O consumo total de madeira foi obtido pela simples soma dos valores declarados, chegando-se a 2.400 m³/mês ou 28.800 m³/ano. Considerando estes valores, e tomando-se como base a média de carga das carretas (25 m³), chegou-se à estimativa do número de carretas que chegam a área de estudo por mês (96) e por ano (1.152).

Para a estimativa da área de floresta tropical destruída para atender o consumo dessas cidades, utilizou-se a relação de 2,3 m³/ha/ano para a produtividade daquele bioma, sugerido por Wackemagel e Rees (1996, p.81), chegando-se a 12.521 ha/ano (28.800 x 1 ÷ 2,3). A quantidade de carbono deixado de ser assimilado (na forma de gás carbônico) por esse consumo de madeira, foi determinada pela relação 1

ha/ 1,8 ton C emitido/ano (Op.cit., p.73), ou seja $12.521 \text{ ha} \times 1,8 \text{ ton C} \div 1 \text{ ha} = 22.537 \text{ ton C/ano}$. Esse valor pode ser acrescido como emissão, uma vez que representa uma quantidade de carbono certamente absorvível pelos sistemas naturais e que agora irá se somar aos demais excedentes de gás carbônico na atmosfera.

Para o cálculo da área natural por habitante por ano requerida para a produção de papel, foram seguidos os seguintes procedimentos. Inicialmente determinou-se o valor do consumo anual da população em estudo, multiplicando o seu total pelo consumo médio *per capita* do Brasil ($738.578 \text{ habitantes} \times 51,0 \text{ kg/pessoa/ano} = 37.667,4 \text{ ton/ano}$). Uma tonelada de papel equivale a $1,8 \text{ m}^3$ de madeira (Wackernagel e Rees, 1986, p.81); logo, foram consumidos $67.801,4 \text{ m}^3$ madeira/ano. Sabendo-se que em um hectare podem ser produzidos $2,3 \text{ m}^3$ de madeira ($2,3 \text{ m}^3$ madeira/ha), aquela produção envolve $29.478,9 \text{ ha/ano}$. Dividindo este valor pelo total da população obtém-se $0,04 \text{ ha/pessoa/ano}$.

4.13. Determinação do consumo de carne bovina

Os dados referentes à média de consumo *per capita* do Distrito Federal (28 kg/pessoa/ano) e de número de pontos de vendas foram fornecidos pelo Sindicato do Comércio Varejista de Carnes Frescas do Distrito Federal.

Conhecendo a população total da área de estudo (Taguatinga: 229.828; Ceilândia: 360.389; Samambaia: 148.361. $\Sigma = 738.578$), multiplicando-se pelo fator de consumo (28 kg/pessoa/ano) tem-se o consumo total da população, ou seja $20.680.184 \text{ kg/ano}$, ou 20.680 ton/ano .

Segundo o Frigorífico Fricoby Indústria e Comércio de Carnes Ltda (Goianésia, GO), um dos maiores fornecedores de carne bovina para a área de estudo, a massa de carne líquida por boi (a quantidade em kg que chega efetivamente aos pontos de venda, já descontados materiais como chifres, couro etc), depende do tipo de boi que foi abatido. Bovinos de raças européias têm rendimento em torno de 58%, búfalos em torno de 48%, nelore 52% e o mestiço em torno de 52% (média nacional). As vacas têm rendimento mais baixo, em torno de 46% (devido ao saco uterino, bezerra, útero e outros). Para os cálculos deste trabalho foi considerada a média nacional, ou seja, que um boi tem em média 500 kg ("peso vivo"), dos quais apenas 54% (230 kg) chegam aos pontos de vendas. Logo, um boi consumido representa 230 kg de carne.

Utilizando estes dados foi possível determinar quantos bois a população da área de estudo consome por ano, dividindo o consumo total anual ($20.680.184 \text{ kg}$) por 230 kg (kg/boi), chegando-se aos 89.913 bois.

Com este dado, e conhecendo que em ambiente de cerrado são necessários quatro hectares para criar um boi (1 boi:4 ha) (Fonte: Sindicato citado; Frigorífico citado; Bastos, 1997), determinou-se a área necessária para o pastejo dos bois consumidos, ou seja, $89.913 \times 4 = 359.655$ hectares.

O consumo de água por quilo de carne bovina produzida baseou-se em relação apresentada por Kulke (1998, p.39). Segundo este autor, para produzir 1 kg de carne bovina são necessários 4 mil litros de água. Considerando-se que no item

referente ao consumo de água determinou-se que a população da área de estudo consome 55.150.000 m³ água/ano, e que este consumo representa a apropriação de 0,02 há/pessoa/ano, 82.720.000 m³ água/ano (ou seja, 20.680.000 kg de carne bovina/ano x 4.000 l) representam 0,03 ha/pessoa/ano adicionais.

4.14. A emissão de CO₂ por meio do consumo de eletricidade

Para atender a uma solicitação do Conselho Americano para uma Economia com Eficiência Energética (*American Council for an Energy-Efficient Economy*), Washington, D.C., um grupo de cientistas desenvolveu uma "dieta" de CO₂ para a sociedade reduzir o aquecimento global, por meio de uma série de atitudes individuais no cotidiano doméstico.

DeCicco et al. (1991, p.27) apresentaram um conjunto de fatores de conversão, com a finalidade de quantificar as contribuições relativas dadas ao aquecimento global da atmosfera, por meio de tais atividades. Dentre estes fatores, destaca-se o que estabelece uma relação entre o consumo de energia elétrica (hWh) e a emissão de CO₂ (libras), ou seja, 1,5 lb / kWh.

Conhecendo-se o total de consumo anual da área de estudo (378.030 mWh) (m = mega = 10⁶) pode-se calcular a quantidade equivalente de CO₂ emitido. Os 378.030 mWh são iguais a 378.030.000 kWh (k = kilo = 10³). Este valor vezes o fator de equivalência (378.030.00 x 1,5) fornecem 1.107.045.00 lb CO₂ ou 502.147.165 kg CO₂, ou ainda 502.147 ton CO₂/ano (considerando-se que 1 lb = 0,45 kg) valor encontrado que equivale à quantidade de gás carbônico emitida para a atmosfera devido ao consumo de energia elétrica da população da área de estudo.

Para absorver esta quantidade de gás carbônico, utilizando-se a relação 1h:1,8 ton CO₂ (Wackemagel e Rees, 1996, p.73) obtém-se 278.970,5 ha/ano. Dividindo este valor pelo total da população da área (738.578) obteve-se 0,38 ha/pessoa/ano.

4.15. Determinação do consumo de água.

O sistema do Rio Descoberto abastece 60% da população do Distrito Federal. Tem uma bacia de captação de 444 km² e uma vazão de 5.000 l/s, ou 1,5552.10¹¹ l/ano, que equivalem a 155.520.000 m³/ano. Considerando-se que o consumo da região de estudo é de 55.150.00 m³/ano, obtém-se que são necessários 35,46% da vazão anual da barragem para atender esta demanda. Isto significa que dos 444 km² da bacia de captação, 157, 442 km² (35,46% de 444 km²) são apropriados somente para a demanda de Taguatinga, Ceilândia e Samambaia. Dividindo este valor em hectares (15.744 ha) pela população destas cidades (738.578), obtém-se que cada habitante precisa de 0,02 ha/ano de áreas naturais para atender as suas necessidades de abastecimento de água.

4.16. Cálculo da emissão de CO₂ pela respiração

Segundo Goodman (1993) cada ser humano remove diariamente do ar atmosférico, cerca de 94 galões de oxigênio (ou 355 litros) e expira 78 galões de gás carbônico (ou 295 litros) (1 gal = 3,78 l). Esses valores dobram se a pessoa estiver trabalhando, e pode aumentar em até dez vezes se estiver desenvolvendo exercícios físicos vigorosos.

Para se chegar ao valor de absorção de oxigênio apenas multiplicou-se o valor de absorção/pessoa/dia (355 litros) pela população da área de estudo (738.578 habitantes, em 1998), obtendo-se os 262.195.190 litros de oxigênio absorvidos pela população por dia. Multiplicando-se por 360 tem-se o valor anual.

A emissão de gás carbônico em toneladas por ano foi obtido multiplicando-se o valor de emissão por pessoa/dia (295 litros) pela população da área de estudo (738.578), chegando-se aos 217.880.510 litros de gás carbônico. Para se transformar este resultado em toneladas, considerou-se o mol do gás carbônico (44 g) e a sua relação de volume molar gasoso, ou seja, 44 g de CO₂ ocupam 22,4 litros nas condições normais de temperatura e pressão (25 °C e 1 atm ou 760 mm Hg). Por esta relação chega-se que 1 litro de gás carbônico mede 1.964 g. Logo, 217.880.510 litros deste gás medem 427.917.321 gramas, ou 428 toneladas/dia, ou ainda 154.080 toneladas/ano (428 x 360).

4.17. Medidas Inobtrusivas

Conforme foi citado inicialmente, neste trabalho também foi utilizada a metodologia não-reativa ou não-intrusiva sugerida por Webb et al.(1972). Essa metodologia tem o mérito de reduzir o viés ou *bias*, e utiliza três elementos estratégicos nos quais a participação do pesquisador é sempre indireta:

- (1) estudos de traços físicos remanescentes de um comportamento passado, onde o pesquisador toma o dado como ele se apresenta, sem influenciar na frequência ou caráter indicador;
- (2) consulta a arquivos e/ou dados oficiais, imunes do efeito reativo (o depósito seletivo e a sobrevivência seletiva podem ser, porém, fontes de *bias*);
- (3) observações simples, por meio de um papel passivo, não-intrusivo (inobtrusivo), na situação de pesquisa.

Como exemplo de um dado inobtrusivo obtido na área do estudo, cita-se a indicação de perda da qualidade do ar pelo decréscimo da área foliar dos líquenes mapeados e utilizados como bioindicadores da variação da qualidade ambiental. Cita-se ainda a variação do número de placas de sinalização do trânsito perfuradas por projéteis de arma de fogo como indicadores do aumento da violência.

4.18. O cálculo da pegada ecológica.

A estimativa da pegada ecológica de uma dada população é um processo formado por multifases:

(i) estima-se o consumo médio anual individual de determinados itens de consumo, utilizando dados agregados locais, regionais ou nacionais, dividindo-os pelo tamanho da população estudada;

(ii) estima-se a área apropriada *per capita* para a produção daquele bem, ou para a absorção dos resíduos liberados;

(iii) esta área é dividida pela população, obtendo-se a pegada ecológica pessoal, ou seja, que área uma pessoa requer anualmente, para produzir um determinado item de consumo;

(iv) finalmente, somam-se todos os itens, obtendo-se a pegada ecológica.

Os itens escolhidos, além de seguir as recomendações dos autores da abordagem da pegada ecológica, atenderam também à formação dos grupos funcionais, ou seja, aqueles que melhor expressam o metabolismo daquele socioecossistema (reconhecidamente o aumento da população humana, as alterações de uso/cobertura do solo, o consumo - combustíveis fósseis, alimentos e itens de pressão sobre os recursos naturais como madeira, eletricidade, ambiente construído e outros), envolvidos com as alterações ambientais globais. As metodologias respectivas estão explicitadas em cada item (4.5 a 4.17.).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme justificado na metodologia (item 4) este trabalho concentrou-se em dois grandes grupos funcionais: variações de uso/cobertura do solo e metabolismo socioecossistêmico urbano. As discussões que se seguirão, portanto, circunscrevem-se a esses campos.

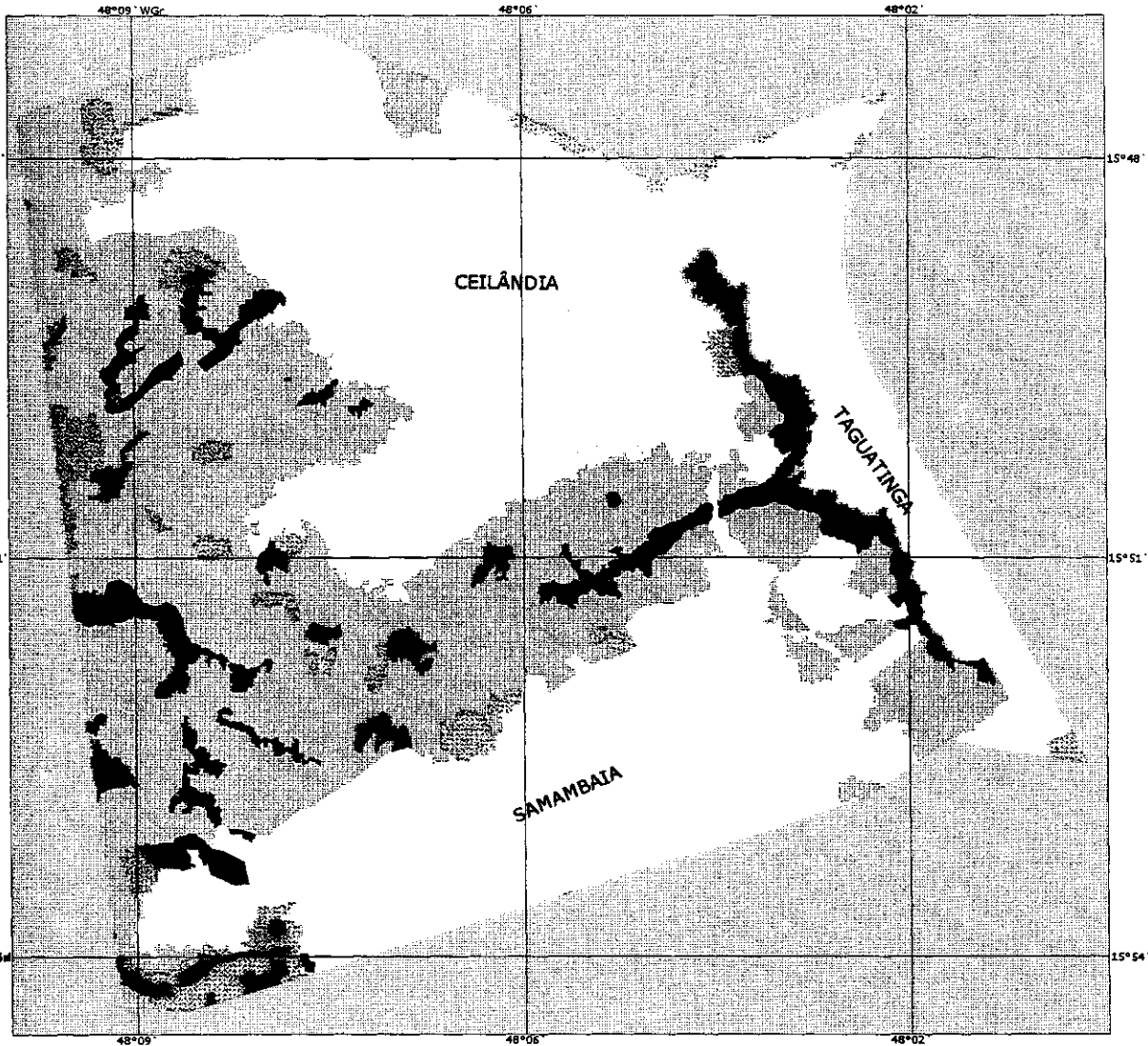
Convém ressaltar que esses dois grupos funcionais são os recomendados pelo *Comitê Internacional para as Dimensões Humanas das Alterações Ambientais Globais*, conforme já visto no item 2.3. sobre o assunto, quando foram apresentadas as bases conceituais e o contexto deste trabalho.

5.1. Contribuições das alterações de uso/cobertura do solo pela expansão do socioecossistema urbano às alterações ambientais globais.

Para uma apreciação deste item é imperativo um conjunto de informações sobre o uso do solo da área de estudo, em períodos distintos. Para tanto foi feito um levantamento de variações de uso/cobertura do solo da área de estudo, ocorrido entre 1994 e 1997.

Utilizando técnicas avançadas do Centro de Sensoriamento do IBAMA em Brasília (metodologia expressa no item 4.3) foi possível elaborar mapas com as variações ocorridas nas diversas categorias de ocupação do solo (Mapa 1, 1994; Mapa 2, 1997).

Com estes mapas pôde-se determinar a dinâmica que ocorreu no solo da área estudada, ou seja, as modificações referentes à urbanização, às matas de galeria, às áreas degradadas, as áreas de cerrado e de campo agropastoril.

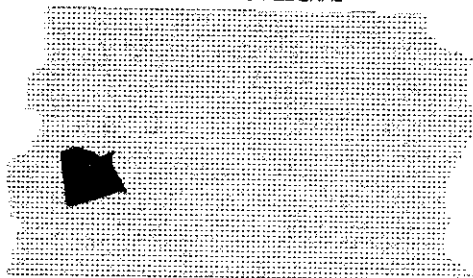


LEGENDA

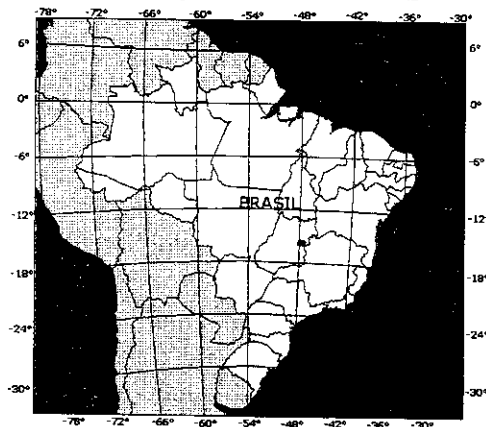
- Área Degradada
- Área Urbana
- Campo/Agropastoril
- Cerrado
- Mata Galeria

CLASSES DE USO	ÁREA (m ²)	ÁREA (ha)	ÁREA (%)
Área Degradada	977.075	98	1
Área Urbana	75.902.600	7.590	56
Campo/Agropastoril	46.188.312	4.619	34
Cerrado	5.507.931	551	4
Mata Galeria	7.792.036	779	6
T O T A L	136.367.954	13.637	100

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO NO DISTRITO FEDERAL



LOCALIZAÇÃO DO DISTRITO FEDERAL



ESCALA: 1:100.000



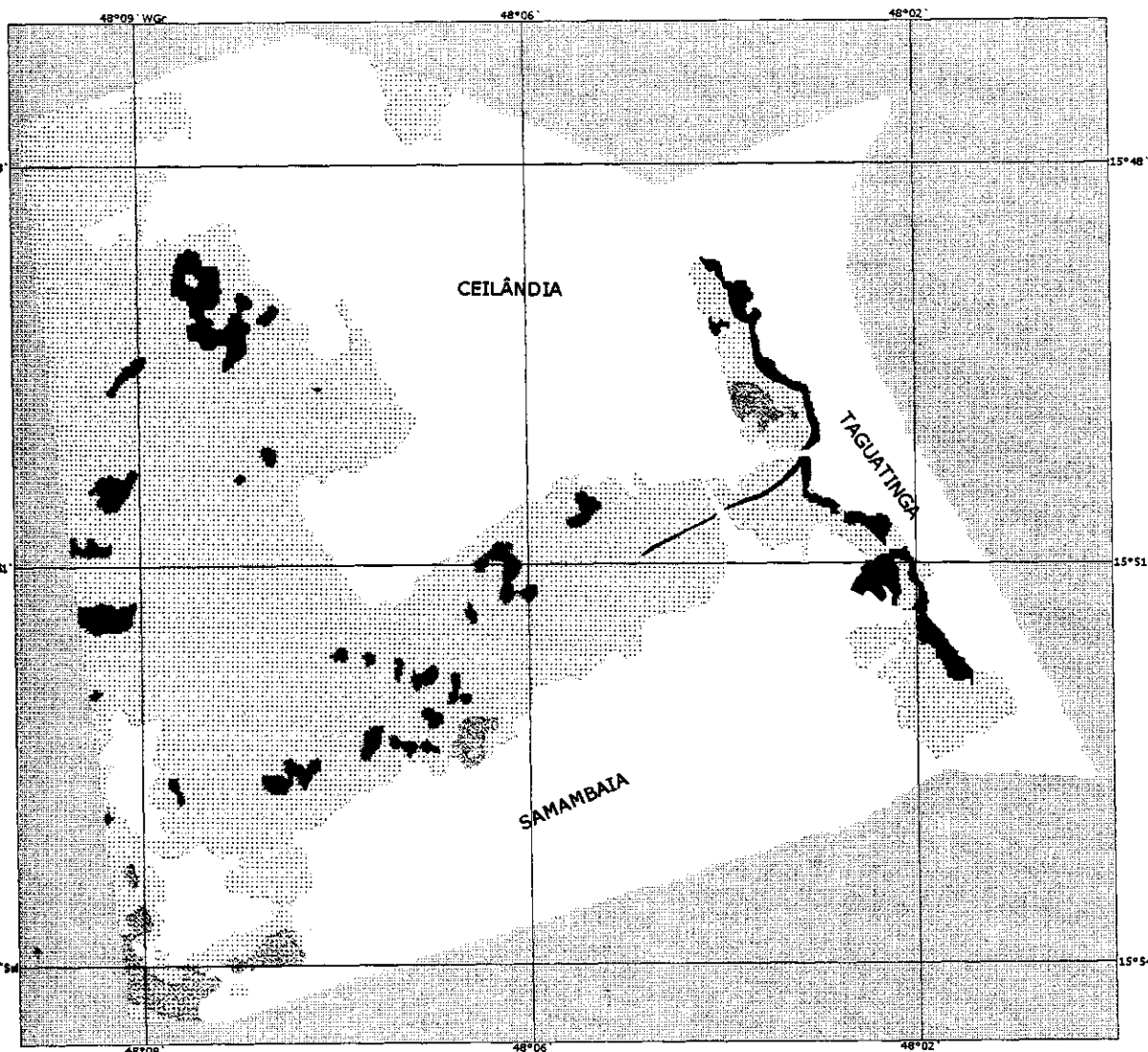
Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal: SAD-69

Adaptado do Mapa Digital de Uso do Solo do Distrito Federal (SEMATEC, 1994).





Mapa 2. Uso do solo da área de estudo em 1997

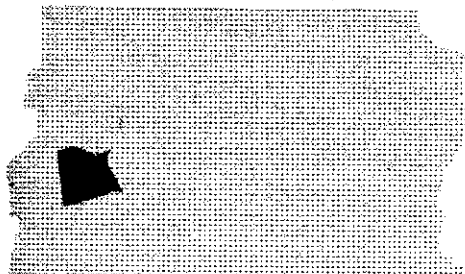


LEGENDA

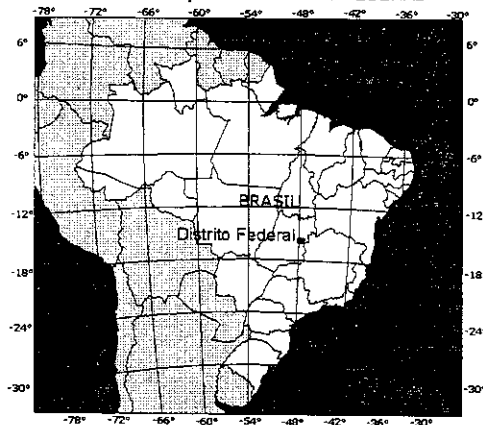
- Área Degradada
- Área Urbana
- Campo/Agropastoril
- Cerrado
- Mata Galeria

CLASSES DE USO	ÁREA (m ²)	ÁREA (ha)	ÁREA (%)
Área Degradada	1.686.665	169	1
Área Urbana	79.415.142	7.942	58
Campo/Agropastoril	50.973.299	5.097	37
Cerrado	1.806.392	181	2
Mata Galeria	2.486.455	249	2
TOTAL	136.367.954	13.638	100

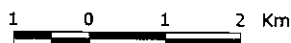
LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO NO DISTRITO FEDERAL



LOCALIZAÇÃO DO DISTRITO FEDERAL



ESCALA: 1:100.000



Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal: SAD-69

Mapa gerado a partir de classificação supervisionada (MAXVER) aplicada na imagem do satélite Landsat TM-5, bandas 3, 4 e 5 (RGB) respectivamente, órbita/ponto 221/71, com passagem em 30/05/97.



Da análise comparativa destes mapas obteve-se as seguintes variações para os diversos tipos de uso do solo (Tabela 8)

Tabela 8 Variações na ocupação / uso do solo da área de estudo (1994 a 1997)

Tipos de Uso do Solo	Δ1994 -1997			
	m ²	ha	Km ²	Δ %
Área Degradada	+ 709.590	+ 71	+ 0,71	+ 72,0
Área Urbana	+ 3.512.542	+ 351	+ 3,51	+ 4,6
Campo/Agropastoril	+ 4.784.987	+ 478	+ 4,78	+ 10,3
Cerrado	- 3.701.539	- 370	- 3,70	- 205,0
Mata Galeria	- 5.305.581	- 530	- 5,30	- 213,0

Legenda: + aumento - diminuição

Nesta área tem-se disponível 0,018 ha/pessoa (área total de 13.638 hectares, divididos pelo total da população 738.578).

Pelas variações obtidas (Δ %) observa-se que todas as formas de ocupação do solo sofreram modificações mais ou menos intensamente. Tais modificações impostas pelas atividades humanas, amplificadas pelo contexto dinâmico do megametabolismo dos socioecossistemas urbanos da região de estudo, são profundas e trazem consigo efeitos tanto diversos como inusitados em suas redes de interações. Por esta razão, muitos autores concordam que as mudanças de uso da cobertura terrestre seja uma das fontes mais poderosas de indução das alterações ambientais globais.

Para Vitousek (1994), as mudanças no uso / cobertura da terra (solo), são agora e permanecerão por muito tempo, o mais importante dos diversos componentes interatuantes de mudança global que estão afetando os sistemas ecológicos.

Tais mudanças ocorrem de forma heterogênea, hectare por hectare, ao redor da Terra, e a sua significação resulta primariamente da soma de muitas mudanças locais em áreas diferentes, espalhadas pelo planeta.

Corroborando tal assertiva, Kates et al. (1990) concluíram que cerca de metade da superfície terrestre livre do gelo polar já foi transformada de alguma maneira pelas atividades humanas. Vitousek estima que cerca de 40% da produtividade primária bruta da Terra, já é usada ou dominada pela humanidade, como resultado das mudanças de uso da cobertura do solo.

Cerca de 4% daquela produtividade é consumida diretamente pelos seres humanos, 26% pelos sistemas dominados pelos humanos e 11% do potencial terrestre é perdido como resultado de atividades humanas relacionadas (agricultura).

As alterações que a biosfera vem sofrendo são notáveis, a despeito de se conseguir provar o seu grau de correlação ou não com as atividades humanas. De qualquer forma, na perda da biodiversidade, na degradação do solo, nas mudanças hidrológicas, atmosféricas e climáticas, o ser humano também testemunha e experimenta a perda da sua diversidade cultural.

Todas essas perdas terminam, de forma sinérgica, significando perda de qualidade de vida e, por conseqüência, perda da qualidade da experiência humana, aquela que pode justificar a presença humana na Terra, em última instância.

Meyer e Turner II (1992) sugerem que as mudanças de uso/cobertura da terra terminam formando uma categoria híbrida para estudos, uma vez que o uso da terra denota o emprego humano da terra, largamente estudada por cientistas sociais, e a cobertura da terra descreve as características físicas e bióticas da superfície da terra, amplamente estudada pelas ciências naturais.

Conectando os estudos daquelas áreas, segundo estes autores, configuram-se as atividades humanas que alteram diretamente o ambiente físico, e que refletem objetivos humanos, moldados por forças sociais.

As mudanças na cobertura da terra ocorrem de duas formas: conversão de uma categoria de cobertura para outra, e modificação, que ocorre dentro da mesma categoria. Neste estudo ambos os processos ocorreram. Áreas de cerrado foram modificadas para áreas de campo/agropastoril; áreas de campo/pastoril foram convertidas para áreas degradadas ou áreas urbanas.

A conversão é a categoria melhor documentada e mais fácil de monitorar. Em escala global, há, entretanto, um certo descontentamento com a qualidade dos dados que são oferecidos pelas diversas instituições da área de agricultura e alimentos, sobre o assunto.

Neste estudo, as mudanças observadas são discutidas a seguir.

5.1.1. Conversões para campo/agropastoril

Houve um aumento de 10% deste tipo de uso do solo, mormente de áreas de cerrado transformadas para pastagens. Além de alterar o albedo local, tais modificações terminaram contribuindo para o aumento das emissões de CH_4 pelo aumento da presença do gado nas pastagens, e conseqüentemente das atividades biológicas desprendedoras deste gás-estufa, bem como para o aumento das emissões de N_2O pela própria conversão de uso do solo (4.1.3.1.). Mesmo levando-se em conta o tamanho da área, essa mudança é significativa pois expressa uma tendência mundial de crescimento deste tipo de conversão.

Em nível global, estima-se que houve um crescimento de 466% em terras cultivadas no mundo, de 1700 a 1980, sendo que a Ásia, América Latina e América do Norte excederam a média mundial. Dados de 1989 indicam que das atividades humanas causadoras de conversões, a irrigação foi a que mais cresceu em termos percentuais

(2400%). Bilsborrow e Okoth-Ogendo (1992), ao analisarem as tendências na agricultura e uso do solo, corroboraram tais assertivas, acrescentando que se espera, até o ano 2010, um crescimento anual de 11% dessas áreas, tomando mais agudo ainda os efeitos daquelas atividades. Essa demanda, é obvio, é gerada para abastecer, em sua maior parte, as populações urbanas.

O principal processo de mudança dessas áreas ocorre através da conversão por desflorestamento para a produção de grão. A desertificação, ponto extremo da urbanização (metabolismo mínimo por m²) tem sido identificada como o resultado da excessiva pressão dessas atividades humanas, segundo Meyer e Turner II (1992.).

A Conferência das Nações Unidas sobre Desertificação (1987), em seu relatório, indicava que 6% das terras do planeta constituíam-se de "desertos feitos pelo homem" e aproximadamente 1/4 da superfície terrestre estava ameaçada por processos de desertificação.

Vale salientar que as afirmações de que os desertos são produtos do ser humano, encontram forte oposição de alguns especialistas da área, notadamente Mortimori (1989), que cita os exemplos do Saara como evoluções naturais. Entretanto, reconhece o potencial destruidor do super pastejo.

Nas áreas de cerrado, o super pastejo altera a composição florística e pode levar à eliminação das espécies. mais palatáveis e ao concomitante aumento das não-palatáveis pela diminuição ou ausência de competição interespecífica. Filgueras e Wechsler (1992) acentuam que a dispersão de sementes de invasoras pelos animais nas pastagens naturais altera a sua capacidade de suporte, constituindo-se num relevante fator de modificação/degradação das pastagens nativas, e conseqüentemente da sua sustentabilidade;

5.1.2. Destruição da mata de galeria.

Na área de estudo cerca de 213% deste tipo de cobertura vegetal foram destruídos em apenas três anos! Perderam-se 5,30 km² de uma floresta nativa que contém e protege centenas de pequenas nascentes que formam os córregos Taguatinga e Melchior. Estes corpos d'água, em ação sinérgica com a floresta, contribuem, dentre outras coisas, para o microclima da cidade de Taguatinga.

Aterrada para dar lugar a clubes, mansões, estradas, loteamentos clandestinos, invasões e pastagens, aqueles recursos foram perdidos para sempre. Desapareceram mesmo antes que se procedessem um inventário da sua biodiversidade, e até mesmo das suas possibilidades estéticas e de lazer, acopláveis aos serviços urbanos. Depoimentos de populares deram conta do desaparecimento de uma grande variedade de aves, notadamente beija-flores, tucanos e sabiás, cujo avistamento era muito comum na área. Foram encontrados mortos, durante o período deste estudo, cinco tamanduás adultos e dois filhotes - um dos mamíferos do cerrado mais vulneráveis à presença humana, por sua baixa mobilidade - dois veados e dezenas de pequenos roedores e aves abatidas por estilingues, armadilhas e armas de fogo. A massiva destruição de habitats causadas pela expansão das áreas urbanas,

segundo Colwell (1994) são as mais óbvias causas da extensão da influência humana sobre outras espécies.

Esta agonia imposta pela ignorância e pelo modelo de "desenvolvimento" e sua lógica consumista, é acompanhada de uma omissão tácita e generalizada, do Governo e da comunidade, quer pela inoperância do setor público, quer pela passividade e ignorância das pessoas e dos grupos sociais (reflexo de uma educação sem sintonia e descompromissada com os problemas ambientais; ver no Anexo D "Como deve ser a Educação Ambiental em sócioecossistemas urbanos?"). Cumpre-se a premissa popular de que florestas próximas de áreas urbanas tendem a desaparecer, historicamente.

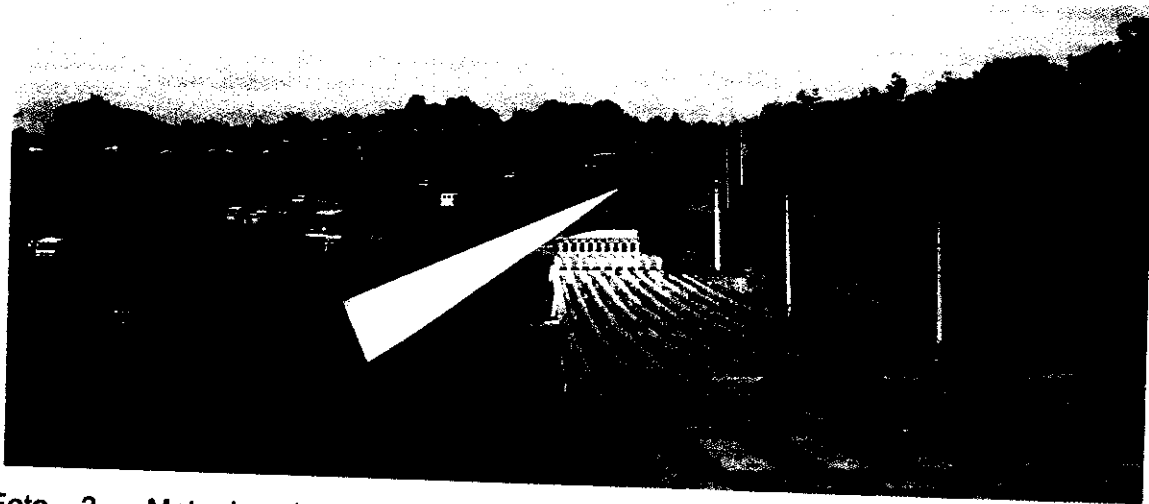


Foto 3 Mata de galeria destruída para dar lugar a mais vias urbanas.
Estrada Ceilândia-Taguatinga (Fotografia do autor)

As florestas urbanas, os parques e reservas têm, naturalmente, um grande valor estético e recreativo, além de servirem para atenuar os extremos de temperatura, reduzir o ruído e a poluição atmosférica, para fornecer *habitats* para aves e outros pequenos animais, e prevenir contra desastres naturais. A vegetação, enquanto indicador de qualidade ambiental, está associada a todos os outros indicadores (de qualidade da água, do ar, dos solos, da flora e da fauna). Para Knapp e Soullé (1996), avaliar alterações na cobertura vegetal significa avaliar modificações energéticas em todos os sistemas biológicos subseqüentes, inclusive com alterações na velocidade e intensidade dos processos abióticos.

Infelizmente estas áreas estão sendo substituídas sistematicamente em todo o Distrito Federal, quer por áreas para atividades agropastoril, quer por urbanização e sua parafemália conceitual - gramados, flores ou árvores exóticas, por exemplo. Neste caso, a mão-de-obra e a energia gasta para irrigar, fertilizar, cortar, podar, remover galhos e folhas e outras tarefas necessárias para a sua manutenção, somam-se ao custo financeiro de se morar numa cidade. Segundo Odum (1993), o gasto para manter um gramado é estimado em 528 kcal/m², aproximadamente o mesmo para uma área equivalente plantada com milho!...sem contar com a poluição sonora e do ar

atmosférico que se causa, quando da operação de máquinas de podar e veículos utilizados nas múltiplas tarefas.

Johnson (1994) anuncia que os cortadores de grama com motor movido a gasolina respondem por 5% de toda a poluição atmosférica dos Estados Unidos. Esses pequenos e ineficientes motores de 3,5 hp, em duas horas de operação, emitem a mesma quantidade de hidrocarbonetos emitidos por um carro novo que percorre 4.830 km! A EPA estima que os 89 milhões de cortadores de grama existentes naquele país, derramam 64 milhões de litros de gasolina por ano quando são abastecidos, superior ao montante derramado pelo *Exxon Valdez* no Golfo do Alasca em 1989. Essas máquinas constituem a maior fonte sem controle de emissão de monóxido de carbono na Califórnia. Neste estado, as máquinas de manutenção dos jardins poluem o equivalente a 3,5 milhões de carros percorrendo cada um 25.740 km. Adicione-se a esse impacto, a poluição sonora. Tudo isso para manter os gramados e uma diversidade de plantas exóticas, obedecendo a um modelo de estética urbana imposta pela academia européia. Segundo a percepção dessa escola, os espaços urbanos destinados a áreas verdes devem ser ocupados por esse tipo de vegetação, notadamente gramíneas, ou seja, determina-se o que o habitat deve sustentar, ignorando-se as condições naturais de sustentação de espécies vegetais como o tipo de solo, condições climáticas regionais, flora local, polinizadores, adaptações evolutivas e outros. Na concepção desses planejadores, uma área verde ocupada pela vegetação nativa é "mato" e deve ser substituída. Essa visão se espalhou pelo mundo e hoje é responsável pelos impactos acima descritos, além dos prejuízos de se exibir um tipo de preconceito contra a vegetação nativa que se manteria naturalmente, sem tais custos astronômicos.

Este é apenas um exemplo dos tantos que existem e que foram lenta e progressivamente incorporados aos hábitos humanos, e que somados, resultam nos padrões atuais de relação com o ambiente, reconhecidamente desarmônicos.

Infelizmente, as florestas estão ameaçadas mesmo longe dos centros urbanos. Em 1990, as florestas e outras áreas cobertas com vegetação mais densa cobriam 5.1 bilhões de hectares da Terra, cerca de 40 % da sua superfície (WRI / FAO, 1997).

O dramático crescimento da população humana, passando de cerca de 1 bilhão de habitantes em 1800 para quase 6 bilhões em 1998 (WRI, 1997) fez aumentar a pressão sobre o uso da terra. A necessidade de aumentar a produção de alimentos fez com que, já nos anos 90, cerca de 40% da superfície da Terra tenham sido convertidos em pastagens e áreas de produção de grãos. Tais conversões ocorreram, em sua maior parte, às custas da destruição de florestas. Nos países em desenvolvimento, em apenas três décadas – 60 a 90 -, 1/5 da cobertura florestal nativa foi perdido.

O fenômeno também ocorre fora destes limites. As florestas temperadas remanescentes no Canadá, nos Estados Unidos e na Rússia continuam sendo retiradas. Além disso, continua a destruição imposta pela poluição (chuvas ácidas, principalmente) sobre as florestas da Europa, que agora só dispõe de 40% da cobertura florestal que possuía. De qualquer forma, as florestas do mundo, como já foi citado, declinaram em 2% só de 1980 a 1990 – ou seja, 100 milhões de hectares, ou 1 milhão de km² (superior a Região Sudeste do Brasil, formada pelos Estados do Rio de Janeiro, Espírito Santo, Minas Gerais e São Paulo, que totalizam 927 mil km²) (WRI, 1997).

Quando se perde a vegetação nativa, os prejuízos vão além da expectativa, pela ação sinérgica de vários subsistemas em atuação sincronizada e interdependentes.

Além de tornar as espécies nativas mais vulneráveis, a perda de cobertura vegetal contribui para as alterações climáticas, ambos localmente e globalmente. Essas modificações infelizmente estão ocorrendo em todo o planeta.

As estimativas das mudanças de uso global dessas terras são discutíveis, com problemas de dados, definições e métodos. Os objetivos de intervenção nessas áreas variam através do mundo, porém, a forma que mais se difunde é o desflorestamento para cultivo, associados com fronteiras de colonização. Outras formas são constituídas por extração de madeira e pastagens, além da urbanização.

Segundo Raven (1994), a África, a América Latina e a Ásia dispõem de 12 milhões km² dessa fitofisionomia, onde se opera um desmatamento anual em torno de 75000 km². O autor analisa as conseqüências dessa distribuição e sugere uma correlação direta com o crescimento populacional daquelas áreas, com a pobreza e a ignorância dos princípios ecológicos. Entretanto, não se analisam, por exemplo, de forma conveniente, as causas dessa pobreza/ignorância, o que iria remetê-lo para os modelos de desenvolvimento econômico impostos pelos países ricos aos pobres, como suporte dos seu estilo de vida altamente dispendioso e insustentável, como têm demonstrado Wackenargel e Rees (1996).

Os estudos de Bilsborrow e Okoth-Ogendo (op.cit.) também são impregnados da visão neo Maltusiana e reducionista de Raven (Op.cit.), na qual não se adicionam ingredientes políticos, econômicos, sociais e culturais para a consubstanciação das afirmações defendidos por Miller (1994), segundo o qual a investigação científica das alterações globais só seriam adequadas se se incluíssem os fatores sociais e os padrões de comportamento humano que podem resultar naqueles efeitos.

A atividade agrícola também cria problemas em áreas úmidas. As mudanças impostas a essas áreas ocorrem, em sua maioria, por drenagem. Meyer e Turner II (1992) estimaram que 85-95% das conversões dessas áreas ocorreram para fins agrícolas, ficando o restante com as atividades de expansão agrícola-industrial. Os autores acreditam que as conversões estejam ocorrendo com maior velocidade nos países desenvolvidos. Mas, a julgar pela velocidade de destruição das áreas produtivas nos países em desenvolvimento (WRI, 1997), essa posição deve ser mudada;

De qualquer maneira, a perda de cobertura vegetal nativa traz mais conseqüências de que o nosso conhecimento científico e tecnológico é capaz de avaliar. Um sinal disso é que as externalidades - efeitos indesejados e incomensuráveis do desflorestamento, tratados na Economia Ecológica -, não se limitam mais aos efeitos localizados como erosão e riscos de fogo. De acordo com o GFF (Global Futures Foundation, 1997) os maiores efeitos não-pretendidos associados com o desflorestamento global são:

(i) **perda da diversidade cultural** - as florestas do mundo, particularmente as florestas tropicais, abrigam cerca de 10 milhões de membros dos últimos

sobreviventes de culturas baseadas intimamente com esses recursos. Essas culturas que conviveram milenarmente com esse tipo de *habitat* estão sendo literalmente roubadas pelos Governos e indústrias que transformam o seu capital natural em moeda corrente. Houve mais extinção de povos tribais neste século do que em outro qualquer. Só no Brasil 87 tribos indígenas foram exterminadas entre 1900 e 1950. Até nos casos raros em que as tribos são “compensadas” por tais perdas, é inexorável a erosão cultural pela devastadora expansão da cultura industrial. Dessa forma, à medida que as culturas ao redor do mundo vão se tomando cada vez mais semelhantes, a destruição de cada um desses modelos diferentes constitui uma perda profunda tanto da riqueza da experiência humana quanto da base de conhecimentos global;

(ii) **perda de biodiversidade** – a biodiversidade é importante para a saúde e resiliência do planeta, constituindo diversos processos de manutenção do equilíbrio dinâmico dos ecossistemas. Uma comunidade diversa responde melhor aos distúrbios. Um mundo sem diversidade seria frágil e amplificaria distúrbios em catástrofes, por meio do colapso dos ecossistemas que perderam as suas espécies-chaves – espécies que formam ligações (*links*) cruciais para o equilíbrio do sistema. Portanto, a redução da biodiversidade por via antropogênica, combinada com as alterações climáticas igualmente induzidas por esta via, têm o potencial de descontrolar a dinâmica ambiental e ameaçar a civilização global. Além disso, a riqueza desses ecossistemas tem contribuído para o bem-estar da humanidade, provendo-lhe alimentos, medicamentos e materiais, dentre outras coisas. Até mesmo a cultura industrial retira muitos dos seus suprimentos essenciais desse patrimônio biológico. Segundo o GFF (Op.cit.) todos os nossos alimentos foram tomados possíveis pela diversidade biológica e a maior parte dos nossos medicamentos derivam diretamente de compostos que ocorrem nos ambientes naturais. Seria tolice imaginar que a nossa dependência dessas fontes já passou. A destruição da biodiversidade engendrada pelas atividades da atual geração humana se situa como a que ocorreu no grande período pré-histórico.

Em 1995 a UNEP reuniu especialistas de todo o mundo e publicou o seu GBA (*Global Biodiversity Assessment*), um tratado sobre biodiversidade que em suas 1140 páginas analisa os aspectos sociais e biológicos deste tema. Ali as alterações impostas ao ambiente global pelas diversas atividades humanas foram analisadas profundamente.

Neste tratado Mooney et al. (1995) acentua que a espécie humana induz mudanças profundas nas características dos ecossistemas, alterando suas propriedades com respeito a troca de nutrientes, energia e sedimentos, além de adicionar novas substâncias como toxinas e fertilizantes.

Sua interferência é de tamanha magnitude que os seus processos devem ser incluídos como parte da paisagem, se se pretende entender as causas e os efeitos dessas interações. Os autores citados apresentam um modelo conceitual dos efeitos induzidos pelas ações humanas sobre a biodiversidade e sobre o funcionamento dos ecossistemas (Figura 7). Mudanças no uso da terra e no uso da água afetam diretamente a biodiversidade e simultaneamente modificam a composição da atmosfera e o clima. As alterações do uso da terra e da água incluem a superexploração dos recursos naturais,

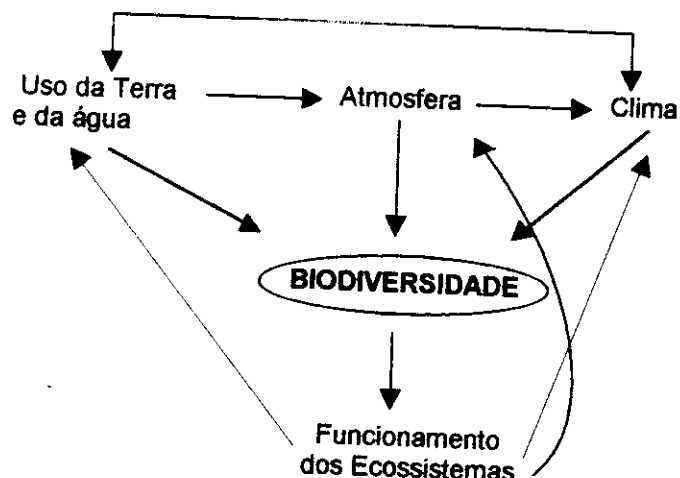


Figura 7 Modelo conceitual dos efeitos das perturbações humanas sobre a biodiversidade e o funcionamento dos ecossistemas (Adaptado de Mooney et al., 1995, p.318)

Segundo Skole e Tucker (1993) as mudanças no uso da terra são a maior causa de destruição e fragmentação de habitats, e estas, por sua vez, são a maior causa de extinções recentes e constituem a maior ameaça à biodiversidade.

As recentes alterações na composição da atmosfera terrestre são indicadores claros da ruptura da homeostase dos ciclos biogeoquímicos que ocorreram em função das atividades humanas (Schlesinger, 1991). Primeiro, os cientistas ressaltaram as perturbações no ciclo do carbono como resultado do aumento da concentração de gás carbônico na atmosfera (Keeling, 1986). Em seguida, as perturbações no ciclo do nitrogênio induzidas pela magnitude do nitrogênio fixado via atividades humanas, o aumento da emissão do óxido nítrico e os altos valores de deposição de nitrogênio (Vitousek, 1990, 1994). Essas alterações nos ciclos biogeoquímicos resultaram no enriquecimento dos ecossistemas (nutrientes), o que, na maioria dos casos, resulta numa acentuada redução da diversidade de espécies.

Por sua vez, o aumento de CO_2 na atmosfera e seu correspondente efeito fertilizante resultaram no enriquecimento de carbono nos ecossistemas que é modulado pela disponibilidade de água e nutrientes. Esse enriquecimento tem efeitos sobre a biodiversidade, alterando as interações planta-planta e o balanço competitivo entre espécies, o que pode conduzir a um decréscimo na diversidade de plantas (Mooney et al, 1991).

Tais interconexões e interdependências são de tal complexidade, amplitude e profundidade, que já se observam efeitos inusitados: Phillips e Gentry (1994) acentuam que o aumento da concentração de CO_2 na atmosfera favorece o crescimento de plantas trepadeiras (em florestas tropicais), o que pode explicar o crescimento da mortalidade observado.

Os cientistas concordam que um aumento na concentração dos gases-estufa resultarão em aumento da temperatura global e modificações nos padrões de distribuição de chuvas em todo o planeta. Segundo Mitchell et al. (1990) as incertezas correntes estão relacionadas aos padrões geográficos dessas mudanças e à velocidade

com que tais mudanças ocorrerão. De qualquer maneira, cerca de 30% da vegetação da terra experimentarão mudanças como resultado das alterações climáticas, sendo que os maiores prejuízos para a biodiversidade serão advindos da velocidade com que tais mudanças ocorrerão. Acentua-se que a magnitude das mudanças previstas devido a duplicação da concentração de gás carbônico na atmosfera, ocorreram durante as mudanças climáticas da Terra nos períodos glaciais e interglaciais. Contudo, enquanto essas mudanças ocorriam em períodos de milênios, as alterações induzidas pelas atividades humanas ocorrem em menos de um século!

A velocidade com que tais mudanças ocorrem dificultarão a habilidade de indivíduos migrarem para regiões onde as condições climáticas são similares as quais estão mais ajustados. Salienta-se que tais áreas serão largamente reduzidas. Combinando-se a alta velocidade das alterações climáticas com a baixa velocidade de migração e a redução de áreas ajustadas aos requerimentos de sobrevivência das espécies, Watson et al. (1990) concluem que como resultado haverá uma drástica redução da biodiversidade global. Tais reduções afetarão o funcionamento dos ecossistemas que, por sua vez, afetarão os seus serviços prestados aos seres vivos da Terra, inclusive os humanos.

É impressionante como os diversos e intrincados mecanismos da natureza incluem sistematicamente entre os prejudicados, aqueles que iniciaram as transformações!

Os seres humanos vêm produzindo impacto sobre a biodiversidade desde os seus primórdios, dois milhões de anos atrás. Para desenvolver as suas complexas atividades o ser humano modificou profundamente a biosfera, e atualmente se apodera de cerca de 40% da produtividade biológica da Terra (Vitousek et al., 1986). Nesse processo, alterou-se profundamente a distribuição da biodiversidade em toda a superfície da Terra. As **forças humanas indutoras** de tais mudanças foram assim nomeadas por McNeely et al. (1995, adaptado p.719):

Antes de 1500

fogo
caça e coleta
domesticação de plantas e animais
intensificação da agricultura
comércio
construção dos grandes impérios (Pérsico, Romano, Mongólico) com considerável expansão das comunicações e dos sistemas de transportes
guerras longas e expansão militar
invasões em larga escala, longas viagens marítimas
estabelecimento da economia de mercado (Ex. Veneza)

De 1500 a 1800

descoberta, colonização e exploração de outros territórios e pelos europeus
estabelecimento de novas economias de mercado (Amsterdã, Londres, por exemplo)
favorecendo a globalização das trocas comerciais

revolução nos costumes de alimentação (aumento no consumo de chá, café,
chocolate, açúcar, arroz, batata, milho e carnes)

aumento da demanda por produtos como tabaco, algodão e madeira
introdução internacional de espécies exóticas por meio de atividades de
aclimatização (jardins botânicos, zoológicos) e pela agricultura, silvicultura e piscicultura

emigração em larga escala

Desde 1800

rápida evolução dos meios de transportes
produção industrial em larga escala e surgimento de empresas multinacionais
grandes trabalhos de engenharia para a irrigação e geração de eletricidade
grande uso de produtos químicos na agricultura
mecanização da agricultura e da pesca
guerras mundiais e deslocamento de populações humanas
desflorestamento em áreas tropicais e esquemas de reassentamentos
urbanização crescente e criação de *habitats* caracterizado por espécies cosmopolitas
interdependência internacional dos mercados
lançamento de organismos resultantes da engenharia genética

Por sua vez a *Estratégia para Biodiversidade Global (Global Biodiversity Strategy)* WRI, IUCN, UNEP, 1992, identifica mecanismos que direta e indiretamente afetam a biodiversidade, e quase todos possuem componentes humanos. Os mecanismos diretos, corroborados por Soulé e Wilcox (1980), Diamond (1985) e Pimm e Gilpin (1989) incluem:

- . exploração dos recursos da vida selvagem
- . expansão da agricultura, silvicultura e aquicultura
- . fragmentação e perda de *habitat*
- . efeitos negativos indiretos da introdução de espécies exóticas pelos humanos
- . efeitos positivos indiretos da introdução de espécies exóticas pelos humanos
- . poluição do solo, da água, da atmosfera
- . alterações climáticas globais.

Os mecanismos indiretos identificados na *Estratégia da Biodiversidade Global* e que estão na base do impacto humano sobre a biodiversidade incluem:

- . organização social humana
- . crescimento da população humana
- . padrões de consumo dos recursos naturais
- . sistemas econômicos e políticos que falham em valorizar o ambiente e seus

recursos naturais
desigualdades na posse, manejo e fluxo de benefícios do uso e conservação dos recursos biológicos

Segundo McNeely et al. (Op.cit.) tais mecanismos de agressão à biodiversidade abrangem todo o espectro de possibilidades, do genético ao global. As conseqüências do desflorestamento para a biodiversidade vão desde o desaparecimento de espécies, degradação do solo, mudanças no regime das águas, aumento da sedimentação dos rios e reservatórios, mudanças no regime de chuvas, até eventos mais globais como redução do carbono estocado na biota terrestre, aumento da concentração do CO₂ na atmosfera, mudanças na temperatura e nos regimes de chuvas globais e outras mudanças no clima global impostas pelas alterações de uso da superfície terrestre.

(iii) **Perda da capacidade de estocar o carbono** - a atmosfera da terra é formada por um delicado balanço dinâmico de ciclos de gases que protegem e tomam possível a vida na Terra. Dentre esses gases presentes na atmosfera, o CO₂ contribui para a capacidade de manter a temperatura da atmosfera terrestre em valores moderados, apropriadas à vida. Atualmente, como já foi visto, experimenta-se um rápido aumento da concentração do gás carbônico na atmosfera devido à queima de combustível fóssil. Este carbono foi removido do ciclo atmosférico durante o Período Carbonífero, cerca de 300 milhões de anos atrás quando uma vasta quantidade de plantas foram soterradas pela dinâmica geológica. A reintrodução desse carbono via atividades antropogênicas está produzindo alterações climáticas globais

A maneira mais eficiente para a sua remoção dá-se por meio do crescimento da vegetação ou por meio do crescimento de recifes de corais. A madeira é um "sumidouro" de carbono pois pode mantê-lo fora de circulação por dezenas de anos e até séculos (os corais são mais permanentes). Portanto, as florestas do mundo representam um dos maiores mecanismos de armazenamento dentro do ciclo global do carbono. Quando as florestas são destruídas, não apenas se perde essa capacidade de estocagem, mas carbono adicional é liberado para a atmosfera por meio da decomposição e da combustão (15% do CO₂ liberado para a atmosfera na década de 80 foram atribuídos à destruição das florestas tropicais).

Hoje, ambos a perda da biodiversidade e o aquecimento global se tomaram perigos tão evidentes para a biosfera que são temas de tratados e acordos internacionais, como a *Convenção sobre Diversidade Biológica* (1992), *Convenção sobre as Mudanças Climáticas* (1998, Tóquio e Buenos Aires). Adicionalmente, a perda da diversidade cultural associada ao desflorestamento é tratada no Capítulo 26 de Agenda 21 (UNCED, 1992, Rio). Essas iniciativas são a mais visível manifestação do crescente reconhecimento dos custos do desflorestamento – custos tão elevados que ameaçam o futuro da civilização humana.

Em 1992 a Áustria promoveu o *Ato de Certificação de Madeiras Tropicais* (*Tropical Timber Labeling Act*), iniciativa pioneira no mercado internacional de madeiras, seguindo uma série de eventos promovidos na década de 90 por instituições ambientalistas governamentais e não-governamentais. Tratavam-se de tentativas de por limites nas atividades de retirada de madeira das florestas tropicais, intrinsecamente associadas à destruição daquele patrimônio natural. A despeito do crescimento das

práticas de conservação na produção de madeira e reciclagem, as agressões continuam, notadamente nos países em desenvolvimento.

No Brasil, pode-se afirmar que as iniciativas contra a exploração predatória das florestas são ainda limitadas, em comparação com o gigantesco aparato internacional de exploração, impulsionado por um lucro grande e fácil e alimentado pelos padrões de consumo globais. Em 1998 a imprensa brasileira denunciou a ação predatória de madeireiras asiáticas no País, principalmente da Malásia e da China (de acordo com relatório da Comissão Externa da Câmara dos Deputados, em Brasília). Segundo o *Correio Braziliense* (1998) essas madeireiras com capital, tecnologia, mercado e má fama de devastadores de florestas em todo o mundo (para cada árvore abatida, 25 outras são sacrificadas durante a derrubada daquela e deixadas para apodrecer no meio da floresta), estão *profissionalizando* a devastação da floresta amazônica.

A pilhagem praticada se estabeleceu como a forma mais comum de exploração, permitida por um misto de falta de fiscalização governamental (até mesmo por falta de pessoal e de recursos financeiros) com interesses políticos dos Estados da chamada Amazônia Legal Brasileira. Apesar do repúdio da sociedade brasileira e das pressões de instituições internacionais e transnacionais, a derrubada das florestas continua, como um tumor maligno. O motivo do crescimento dessa atividade é a existência de um mercado consumidor nos Estados Unidos, na Europa e no Japão, e até mesmo no Brasil, se bem que em proporções reduzidas.

Os asiáticos não são os únicos estrangeiros na Amazônia. Há pelo menos duas décadas empresas norte-americanas, suíças, japonesas, dinamarquesas, alemãs e portuguesas estão ali estabelecidas. O problema com os asiáticos é que as suas ações estão associadas à destruição de florestas tropicais em seus países de origem e agora se espalham pelo mundo com práticas de pilhagem. Essas práticas continuam sendo mantidas na região, muitas vezes por meio da violência. Nos últimos dois anos, cinco fiscais do IBAMA foram assassinados porque se recusaram a aceitar propina. Tais crimes ocorrem nos estados do Pará e Amazonas, justamente nos locais onde a pilhagem está ocorrendo.

Como visto, as razões que levam as pessoas a destruírem as florestas no mundo, quer grandes formações como a Amazônica ou a Atlântica, ou pequenas e localizadas como as florestas urbanas, estão assentadas na mesma origem: atender a demanda existente, imposta pelos padrões de consumo! Atrelado a isto, convergem interesses econômicos e políticos, que numa crise global de percepção, promovem a desestabilização dos sistemas que asseguram a vida na Terra.

5.1.3. Aumento da área urbana

As cidades de Taguatinga, Ceilândia e Samambaia, em termos de ocupação de solo, não ampliaram muito a sua área no período de estudo (1994-1997), em comparação com períodos anteriores (vide fotografias comparativas 1973-1992, no Anexo C). Houve um acréscimo de área urbana de apenas 4,6 %, equivalente a 3,51 km². Entretanto, a despeito desta pequena ampliação, a pressão de demanda por recursos ambientais oriundas desse componentes, em atuação sinérgica com outros,

determinam um componente poderoso de modificações ambientais, como será descrito adiante.

Dentre essas modificações, constatou-se a reprodução de várias tendências observáveis em ecossistemas dessa natureza, já expressas por Miller Jr. (1975, p.190), como as notáveis variações de temperaturas entre a área urbana e rural (ilha de calor). Esta variação sempre esteve em torno de 2 graus Celsius.

O desenvolvimento de áreas urbanas é similar em quase todo o mundo. As primeiras cidades eram pequenos assentamentos circundados por terras agrícolas. A figura 8 a seguir mostra as relações destas terras agrícolas e a cidade. Alimentos e outros produtos produzidos ali eram levados para a cidade para sustentar as pessoas que viviam lá. Em troca, a cidade oferecia instrumentos, ferramentas e outros produtos para as fazendas. As próprias fezes dos cidadãos era levadas para as fazendas e transformadas em adubo.

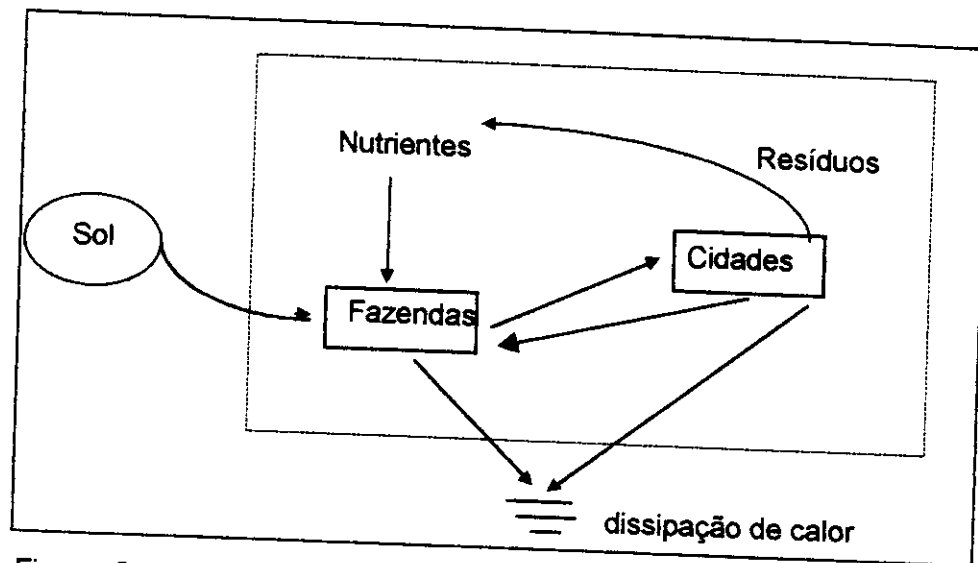


Figura 8 Diagrama das relações de uma cidade antiga com seu entorno (Adaptado de Odum, 1993)

O diagrama clarifica a ocorrência de reciclagem de nutrientes da cidade, de volta para as terras agrícolas. Este retorno foi muito importante durante os tempos passados, quando os fertilizantes ainda não eram disponíveis. Em muitas culturas ao redor do mundo, os dejetos humanos era colhidos à noite e eram levados para as fazendas para serem utilizados como fertilizantes. Desta forma, as cidades e as fazendas integravam um círculo fechado onde os nutrientes eram reciclados para manter a produtividade das terras agrícolas. Com o advento dos fertilizantes esta prática foi abandonada.

Um exemplo interessante dessas relações é dado por Todd (1990) em uma fazenda em Bandung na região central de Java. Ali um aqueduto é intencionalmente poluído ao passar pelos estábulos pelos esgotos sanitários da fazenda. Embora pudesse parecer repugnante, a parte sólida dos excrementos sofre "digestão" por alguns peixes cuja única função é fazer o tratamento primário desses efluentes. O esgoto carregado de nutrientes é, então, aerado e exposto à luz, ao passar por uma

pequena queda d'água. O esgoto serve para irrigação e fertilização de legumes. A água rica em nutrientes flui pelos canais e passa ao solo pelas laterais, para alimentar as raízes. A água proveniente dos canteiros elevados vem livre de nutrientes e numa condição equivalente ao tratamento terciário. Daí flui para um viveiro de filhotes de peixes - um sistema que necessita de água pura -, onde é reiniciado o processo de adubação pelos dejetos daqueles filhotes. Esse processo desencadeia o crescimento de algas e animais microscópicos que ajudam na alimentação dos filhotes. Tal biota é também levada pela corrente para acrescentar nutrientes e servir de alimento aos peixes maiores criados nos tanques existentes mais abaixo. Estes tanques assim enriquecidos, fertilizam as plantações de arroz que crescem rapidamente, purifica a água ao absorver aqueles nutrientes e a libera novamente para o tanque da comunidade situado mais abaixo, reiniciando o ciclo.

Mas, esse modelo adotado em Bandung é esquecido. À medida que as populações crescem, o consumo de energia aumenta, as cidades se expandem, convertendo terras agrícolas em áreas urbanas, criando dois problemas associados ao desenvolvimento urbano: perda de terras férteis, em pleno uso produtivo, e poluição dos cursos d'água, uma vez que os rejeitos passaram a ser despejados ali, em vez de serem reciclados.

As cidades cresceram e as regiões se tornaram mais "desenvolvidas", com o surgimento de novas estradas e pequenas cidades. A paisagem atual de terras rurais, estradas e cidades é o resultado de padrões de crescimento e uso de energia do passado (ODUM, 1993). A organização espacial de cidades na paisagem é descrita como *hierarquias*: muitas pequenas cidades dispersas em uma região, algumas de tamanho médio e apenas uma ou duas cidades grandes.

Uma razão para a organização hierárquica de cidades é a distribuição de bens e serviços. A cidade maior importa e manufatura bens, e age como um ponto de distribuição para as cidades médias, e destas para as menores.

Outra razão é a convergência de energia. A energia é convergida das cidades menores para as médias e destas para as cidades grandes. São necessárias muitas cidades pequenas para sustentar uma cidade grande (algo como ocorre na natureza: muitos pequenos roedores e insetos são necessários para sustentar um pássaro). Na verdade, pode-se visualizar a hierarquia de cidades como uma cadeia alimentar nos ecossistemas. A retroalimentação das cidades maiores para as menores são os "feedbacks" necessários de serviços que ajudam a controlar a cadeia inteira.

As cidades envolvidas neste estudo, Taguatinga, Ceilândia e Samambaia formam uma cadeia que abastece em serviços uma miríade de pequenas cidades do entorno do Distrito Federal, principalmente na área da saúde e abastecimento, e importa dali diversos elementos de sustentação do seu metabolismo - alimentos, água, mão-de-obra entre outros - como será visto adiante quando o metabolismo ecossistêmico for analisado.

Cada cidade tem a sua hierarquia espacial interna. Normalmente os centros das cidades são mais concentrados, com os maiores prédios, a mais alta densidade de pessoas e o maior fluxo de energia. Em torno do centro e em anéis, na maioria dos casos, a concentração das atividades vai diminuindo (exceto em alguns pontos de áreas industriais, *shoppings etc*). As ruas conectam pontos de atividades. Este arranjo é

visível à noite em foto aérea ou sobrevôo, quando as luzes da cidade lembram uma estrela, com um centro brilhante e as ruas e avenidas iluminadas os "braços".

Essa categoria de uso da terra - assentamentos humanos - inclui áreas destinadas a habitação humana, transporte e indústria, e como tipo de cobertura, inclui áreas altamente alteradas, cobertas por prédios, pavimentações etc. A estimativa da área mundial ocupada por essa categoria não é precisa. Se se considera apenas as áreas restritamente ocupadas e radicalmente modificadas, chega-se a 2,5% da superfície mundial. Mas se se considera outros elementos de representação dos assentamentos humanos, chega-se a 6%.

A expansão urbana ocorrida nas duas últimas gerações, é responsável pela criação das áreas mais profundamente alteradas da biosfera, estabelecendo ali, intensos metabolismos de alta carência energética e material para o seu funcionamento (WRI, 1997). Na verdade, foi a partir da formação dos aglomerados urbanos que as relações ser humano/natureza se tomaram mais complexas.

5.1.4. Aumento de áreas degradadas

Neste estudo a área degradada é compreendida como aquela que perdeu a sua camada produtiva/biótica de solo, onde se estabelece uma condição imprópria para o desenvolvimento até mesmo de espécies colonizadoras.

Na área de estudo, o aumento da área degradada se deu em função do aumento da retirada de materiais de solo (mineração) para construção (exploração de cascalho, argila, areia saibrosa, barro para aterros, pedras e outros fins).

Esse aumento foi atribuído ao aumento da atividade de construção civil, principalmente pequenas obras (residências), impulsionado pelas facilidades de crédito e estabilidade de preços permitidos pelo então Plano Real

Na verdade, houve a perda deste solo e com isto, perdeu-se uma série de atributos sócioecológicos deste recurso natural. É importante salientar que:

- solo é o compartimento de estocagem do carbono nos ecossistemas terrestres (nos cerrados varia entre 3 e 5 kg C/m², segundo Brossard et al., 1997). Esse elemento químico é básico para todos os compostos orgânicos. A vida na Terra requer grandes quantidades de carbono (produção de carboidratos, lipídeos, proteínas, ácidos nucleicos e outros). No solo, as suas propriedades são dependentes dos níveis e das formas de matéria orgânica presente, que constitui a fonte de energia de inúmeros organismos edáficos;

- ocorrências deste tipo, muito comuns durante o processo de expansão urbana, constituem-se em contribuições negativas de grande impacto para as alterações ambientais globais. Por outro lado, e para consolidar a complexidade deste tema nas suas infinitas possibilidades de conexões

inesperadas, a destruição do solo reduz a emissão de CO₂ para a atmosfera! Só nos 709.590 m² de solo perdidos na área de estudo deste trabalho, segundo metodologia sugerida por Raich e Potter (1996), deixou-se de emitir 468.329 kg/m²-ano de CO₂ para a atmosfera. Espera-se que este argumento não seja apossado pelos empresários do setor, para justificar a sua ação destruidora como um componente de contribuição à redução do efeito estufa!

5.1.5 Destruição de área de cerrado (*stricto sensu*)

Junto com o quase desaparecimento da Mata de Galeria da área estudada, os cerrados também foram drasticamente reduzidos, registrando-se uma perda de 213% da área original em apenas três anos! Foram perdidos 3,7 km² desta fitofisionomia, transformados em área urbana ou campo/agropastoril.

Os cerrados foram destruídos pela atividade humana de retirada de madeira, e pela substituição por área urbana.

Essa madeira foi utilizada primariamente como material de construção (madeiramento de barracos, cercas etc) e secundariamente como combustível.

Em termos de perda de fitomassa, só nesta área foram perdidas 24.050 toneladas nos três anos do estudo (370 há x 65; Troppmair, 1997).

Se se consideram todas outras áreas de vegetação chega-se a 106.306,5 toneladas (Tabela 9).

Tabela 9. Perda de fitomassa.

Tipo de vegetação	Área perdida (ha)	Média (ton/ha) (2)	Fitomassa perdida (ton)
Campo limpo (1)	71	1,5	106,5
Cerrado	370	65	24.050
Mata Galeria	530	155	82.150
Total:	971		106.306,5

(1) Equivalente à área de campo que foi degradada;

(2) Médias segundo Troppmair (1997)

Dessa perda total subtraem-se os 478 há da área que foram convertidos para campo/agropastoril, chegando-se a um total de perda de fitomassa igual a 105.828,5 toneladas.

Essas perdas de cobertura vegetal pelas atividades humanas disparam conseqüências em todas as direções, muitas delas ainda desconhecidas. Goudie (1990) sugere as seguintes interrelações (Figura 9)

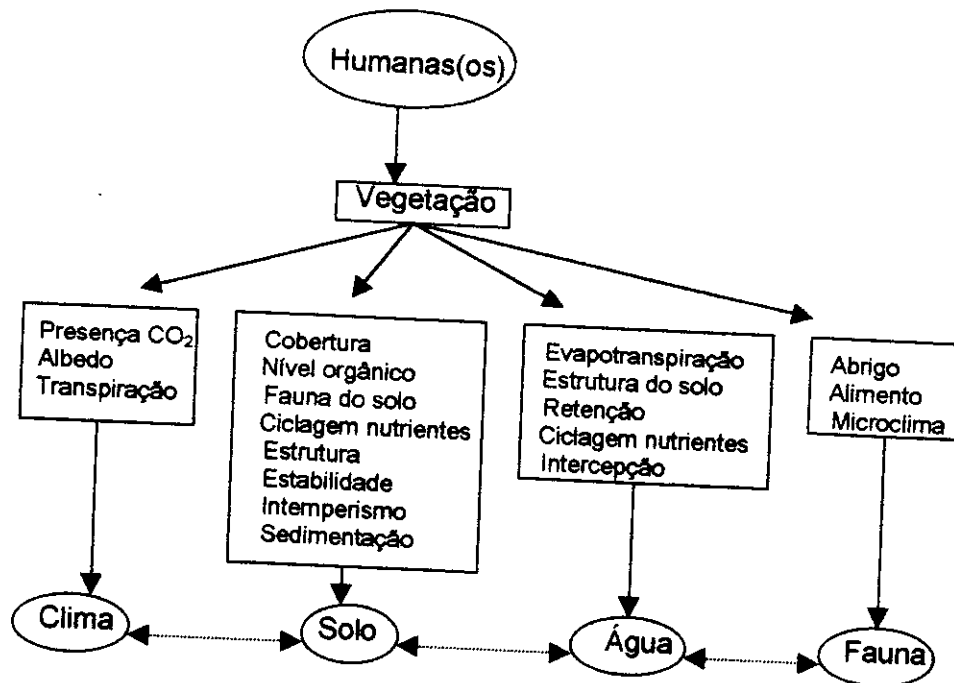


Figura 9 Algumas ramificações das mudanças induzidas pelos humanos sobre a vegetação (Adaptado de Goudie, 1990)

Na área estudada, a perda de cobertura vegetal (mata de galeria, cerrado e campo limpo) foi relevante, considerando o pequeno espaço de tempo nomeado para as comparações (1994 - 1997).

Os resultados expressos neste sub-item conformam os impactos produzidos pelas alterações de uso da cobertura do solo, e expõem a complexidade sistêmica desses processos. Os efeitos dessas mudanças são sentidos em todos os níveis de organização, do genético ao global Turner et al (1990)

5.2. Contribuições do metabolismo socioecossistêmico urbano, do crescimento populacional e dos padrões de consumo às mudanças ambientais globais

Como vem sendo visto neste trabalho, a cidade requer uma grande variedade de recursos do ambiente para sustentar o seu intenso metabolismo ecossistêmico. Água, combustíveis, eletricidade, alimentos (principalmente carne, leite e seus derivados, feijão, arroz, frutas, óleo, açúcar, sal, massas e outros), metais, madeiras, fibras, plásticos, tecidos (roupas, cama, mesa, banho, cortinas, estofados), asfalto, vidros, cerâmicas, tijolos, cimento, areia, pedras, papel, solventes, tintas e uma enorme variedade de outros produtos químicos etc,

Seria praticamente impossível a completa determinação dos materiais e da energia que integram o metabolismo diário dos socioecossistemas urbanos, e que circulam nos seus milhares de sub-sistemas, produzindo algum tipo de pressão sobre os estoques do capital natural.

Neste item será dada atenção a alguns componentes cruciais desse metabolismo, pertencentes aos grupos funcionais, aqueles que são os mais determinantes em meio aos outros, quer pela sua intensidade, quer pela sua rede complexa de interações. Integram também esta análise, como não poderia deixar de ser, elementos da dinâmica populacional e dos seus padrões de consumo.

A produção industrial de uma cidade é consumida em parte na própria cidade, e exportada para outros mercados, e junto com os serviços e outras importações, estabelecem o ciclo de dinheiro no ecossistema urbano (sentido inverso do fluxo energético).

A energia do sol, dos ventos e das chuvas nas cidades, são importantes para a indústria e para as pessoas. Aprecia-se a vegetação e os animais selvagens nos parques e gramados das áreas urbanas, mas talvez não se perceba o quanto aqueles recursos fazem para a manutenção das cidades e do cotidiano das pessoas,

O vento dissipa as emanções industriais e a água dissolve e/ou carrega resíduos sólidos e líquidos das casas, do comércio e da indústria. São apenas alguns dos inúmeros e preciosos serviços prestados pelos ecossistemas e que, embargados pela rotina da sua disponibilidade perene, não se avalia o quanto se faz para desestabilizá-los ao ponto de se tomarem inoperantes.

Outro influxo importante para os ecossistemas urbanos é a migração. A chegada de novos moradores altera abruptamente a demanda por serviços, e a depender do seu fluxo, pode provocar rupturas graves.

Nos países pobres e em desenvolvimento, a migração responde pela maior parte dos problemas criados para a sustentabilidade da qualidade de vida nas cidades (*World Resources*, 1997). Neste estudo, este componente da dinâmica populacional humana mostrar-se-á decisiva.

Pela complexidade dos sistemas urbanos, considera-se um risco supersimplificar o seu metabolismo. Os materiais que entram numa cidade podem estar disponíveis em mais de 200 subsistemas.

Há sistemas para suprimento de água e remoção de lixo e esgotos; sistemas de proteção policial, serviços de saúde e de educação, de transportes, de energia, de comunicações, e todos eles têm um impacto sobre o ambiente. Entretanto, após os estudos referentes aos grupos funcionais em Ecologia, como já citado, tomou-se possível análises ecossistêmicas com um número mais reduzido de variáveis, com relativa segurança para inferências.

5.2.1. Os padrões de produção e consumo.

Reconhece-se que a maior parte da pressão exercida pela espécie humana sobre os recursos naturais do planeta, e que contribuem para tais alterações ambientais globais, vai além das suas necessidades básicas para a sobrevivência, e tem suas raízes no comando ditado pelos padrões de consumo / estilo de vida.

Esses padrões de consumo são ditados pelos modelos de "desenvolvimento" vigentes, impostos pelos países mais ricos. Tais modelos operam influências nos sistemas políticos, de educação e informação em quase todo o mundo, resultando em uma situação sócioambiental insustentável, como foi concluído na Rio - 92. O modelo da Figura 10 procura sistematizar esta situação.



Figura 10 Conseqüências do modelo de "desenvolvimento". (Adaptado de Dias, 1998)

Tal modelo de desenvolvimento econômico se fundamenta no lucro a qualquer custo, e este, é atrelado à lógica do aumento da produção (os recursos naturais são utilizados sem que se respeite a capacidade natural de recomposição, e a

natureza é vista como um grande supermercado gratuito, com reposição infinita de estoque; onde só se observam os benefícios e se desprezam os custos).

Esta produção crescente precisa ser consumida. O consumo é estimulado pela mídia - especialista em criar "necessidades desnecessárias"-, tomando as pessoas amarguradas ao desejarem ardentemente algo que não podem comprar, e que vivem muito bem sem aquilo, antes de conhecerem as sofisticadas e ilusórias publicidades. O que se vende não é apenas um produto, mas um estilo de vida. As marcas são acompanhadas por imagens de liberdade, conquistas, riqueza, eterna juventude e outras fantasias. Onde há TV as pessoas de qualquer raça, cultura ou origem, de um modo geral, terminam desejando as mesmas coisas.

O binômio produção-consumo termina gerando uma maior pressão sobre os recursos naturais (consumo de matéria-prima, água, energia elétrica, combustíveis fósseis, desflorestamentos etc), causando mais degradação ambiental.

Esta reflete-se na perda da qualidade de vida por condições inadequadas de moradia, poluição em todas as suas expressões, destruição de *habitats* naturais e intervenções desastrosas nos mecanismos que sustentam a vida na Terra.

Muitas vezes, para recuperar o que se degradou, termina-se pedindo empréstimos ao mesmo Sistema Financeiro Internacional (SFI) que lucrou com a degradação desse ambiente, e agora lucra novamente ao emprestar dinheiro a juros extorsivos, aumentando a dívida externa dos países pobres e/ou em desenvolvimento, comprometendo as suas finanças, a sua economia interna já comalida e o seu futuro. É óbvio que este sistema é não-sustentável e os sintomas dessa insustentabilidade preenchem as manchetes da mídia, diariamente, traduzidos em graves e profundas crises sócioambientais, econômicas e políticas, em todo o mundo. Esta situação está expressa no modelo sistêmico expresso na Figura 11.

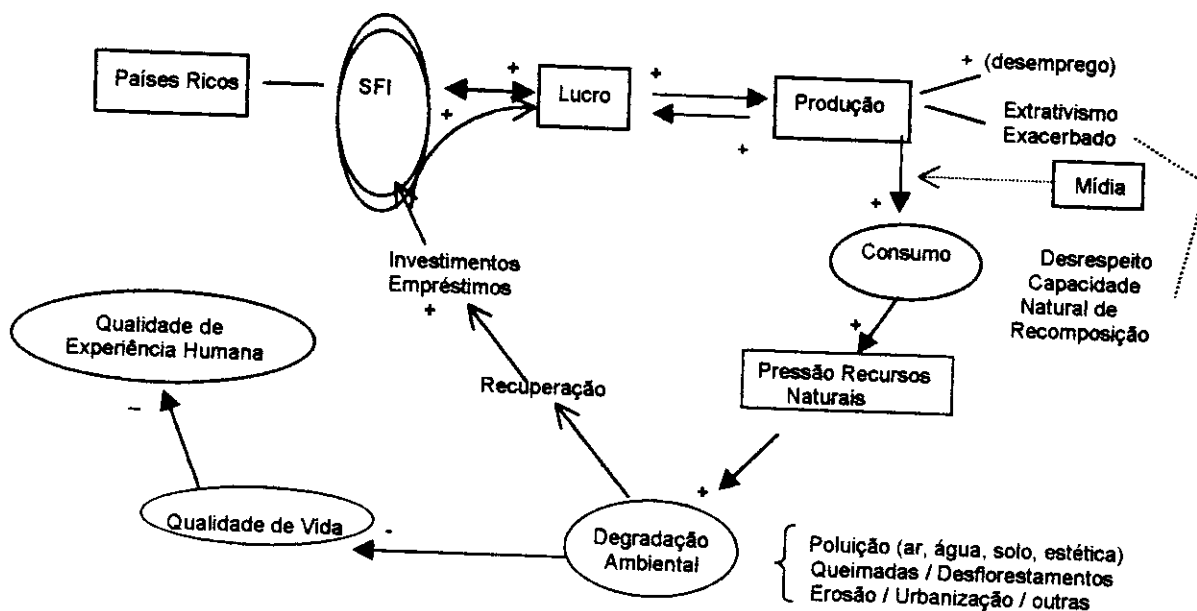


Figura 11 Expressão sistêmica da crise sócioambiental global.

Para sair desta situação, a promoção do **Desenvolvimento Sustentável** salta da utopia para assumir o papel de estratégia para a sobrevivência da espécie humana e a Educação Ambiental passa a representar um importante componente dessa estratégia em busca da promoção de um novo paradigma, de um novo estilo de vida, tão bem expresso por Mikhail Gorbachev por ocasião do Encontro Rio + 5 realizado no Rio de Janeiro em julho de 1997:

"O maior desafio tanto da nossa época como do próximo século é salvar o planeta da destruição. Isso vai exigir uma mudança nos próprios fundamentos da civilização moderna - o relacionamento dos seres humanos com a natureza"

Segundo Brown et al. (1996) a economia global praticamente quintuplicou nos últimos 45 anos. O consumo de água, grãos e carne triplicou enquanto o uso do papel sextuplicou. O uso de combustíveis fósseis e o de emissões de CO₂ cresceram quatro vezes. Esse consumo, entretanto, é restrito a uma parcela da população humana. As pessoas do grupo dos 40% mais pobres do planeta, sobrevivem com uma renda de menos de dois dólares/dia, menos de 7% da renda global. Enquanto isso, o grupo dos 20% mais ricos duplicaram o consumo de madeira, energia e aço, e quadruplicaram o número dos seus automóveis, em sustentação aos seus estilos de vida altamente dispendioso (Duming, 1996). Por sua vez, os indutores de consumo sofisticam cada vez mais as suas estratégias, ao ponto do bizarro. Da prancheta à fábrica a Gillete investiu 750 milhões de dólares para desenvolver o projeto do seu novo barbeador, o Mach 3. Ocupou 500 engenheiros com diplomas do MIT e Stanford, dois dos principais centros de pesquisa tecnológica do mundo, nesta tarefa. Para convencer os consumidores, reservou uma verba de 300 milhões de dólares destinada a campanha de divulgação. O seu objetivo é aumentar o consumo deste item em 35%. Esta é a lógica predominante, aumentar o consumo (VEJA, 29 abril 1998, p.101).

No Brasil, um exemplo contundente é o das(os) apresentadoras(es) de programas infantis. Justamente aquelas(es) que teriam uma grande parcela de responsabilidade na formação dos jovens (e adultos também), no sentido de se buscar um novo estilo de vida sustentável, são as(os) campeãs(ões) nacionais de indução ao consumismo. Os seus sorrisos estão à serviço da venda de centenas de produtos, principalmente bonecas, esmaltes, brinquedos, sandálias, alimentos, jogos, aparelhos de ginástica e roupas. Um pequeno grupo de apresentadoras(es) dividem as fatias milionárias do mercado brasileiro: Angélica, 250 produtos, faturamento em 1997 de 75 milhões de dólares e lucro de 5 milhões de dólares; Eliana, 80 produtos, faturamento anual de 45 milhões de dólares e lucro de 3 milhões de dólares; Gugu, 46 produtos, faturamento anual de 30 milhões de dólares e lucro de 2,5 milhões de dólares; e Xuxa, 30 produtos, faturamento anual de 15 milhões de dólares e lucro de 1,2 milhões de dólares.

Esse mercado não pára de crescer. Novos lançamentos ocorrem periodicamente e o objetivo geral é a busca do aumento das vendas. Ocorre também que esse fenômeno é quase global, ou seja, muitos outros países tem as suas "Angélicas e Xuxas" que igualmente estimulam o consumismo. Por esse e outros caminhos, o consumismo entrou numa escala global como estratégia absoluta de "crescimento", ou caminho por meio do qual atinge-se a "felicidade", como as propagandas apregoam.

Estima-se que até meados do próximo século o PIB mundial deverá passar dos atuais 20 para 200 trilhões de dólares. Considerando que a economia global já se depara com alguns limites biofísicos do planeta – capacidade de absorção de CO₂, por exemplo -, aumentos dessa magnitude se constituirão em sérios desafios para a escalada humana.

Diante deste quadro, tomam-se claras as preocupações emanadas da Rio-92 pela posição majoritária de que as causas primárias da degradação ambiental no mundo advinham dos níveis insustentáveis de produção e consumo vigentes nos países industrializados. O desenvolvimento sustentável só seria alcançado se os brutais impactos desse modelo fossem drasticamente reduzidos e, concomitantemente, se buscassem formas de controlar o crescimento populacional (Brandsma e Eppel, 1997).

O reconhecimento desta situação deu-se em todas as sessões da Comissão de Desenvolvimento Sustentável da ONU e se consolidou por meio do Capítulo 4 da Agenda 21 onde essa idéia está expressa. Firmou-se o princípio das responsabilidades comuns mas diferenciadas, segundo o qual todos os países devem promover novos padrões sustentáveis de produção e consumo, cabendo a liderança aos países industrializados.

Ocorre que dado ao processo multifacetado da globalização, esses padrões de produção e consumo não estão mais restritos apenas aos países industrializados. Nesse sentido Ribemboim (1997) observa que o discurso inquisitório de apor a culpa das desigualdades entre as nações, da miséria e das injustiças sociais aos países ricos, está ultrapassado. O mesmo se dá com o discurso que atribui às populações desses países ricos, a exclusividade das práticas perdulárias e insustentáveis. Acentua que Argentina, China, Índia, Formosa, Coréia do Sul, Tailândia e Brasil reúnem 720 milhões de pessoas, cujos padrões de consumo são similares aos 880 milhões de consumidores de classe média dos países desenvolvidos.

Para esse autor os ricos degradam o meio ambiente por meio de sua enorme capacidade de consumir, desperdiçar e gerar resíduos poluentes. Os pobres, por sua vez, por dependerem dos recursos ambientais diretamente para a sua subsistência, desenvolvem uma relação estreita e frágil com os recursos naturais, degradando-os. A miséria humana empobrece o meio ambiente, e este, empobrecido, afeta os seres humanos. Esta relação é corroborada por Boyden et al. (1981) no "triângulo da ecologia humana" já vista neste trabalho.

Para a resolução desses problemas, frisa Ribemboim (op.cit.), costuma-se prescrever, de forma simplista, a necessidade de mudanças dos padrões de produção e consumo dos ricos e a necessidade de mudança nos padrões de crescimento populacional dos pobres. Urge um modelo de desenvolvimento não mais direcionado para o aumento/estímulo da capacidade de consumir, mas um paradigma alicerçado no compromisso com a equidade social (princípio ético de solidariedade intrageracional) e com a sustentabilidade (princípio ético de solidariedade intergeracional), uma profunda mudança do próprio padrão civilizatório.

A Comissão de Desenvolvimento Sustentável da ONU reconheceu que políticas públicas voltadas para tais mudanças devem estar relacionadas com aspectos sociais, econômicos e ecológicos do desenvolvimento sustentável, ou seja, que se

utilize um enfoque integrado economia/meio ambiente, tanto pelo lado da oferta (produção) quanto pelo lado da demanda (consumo).

Isto significa que os serviços prestados pelos ecossistemas - normalmente ignorados em seu valor pelas leis de mercado - , passem a compor os elementos constituintes da economia. Essa forma de integração foi apresentada por Belia (1996), que afirma haver uma assimetria no consumo dos dois tipos de bens, uma vez que o consumo dos bens produzidos é relativamente proporcional à renda apropriada pelo indivíduo, enquanto os serviços do meio ambiente se distribuem de forma mais ou menos equitativa numa determinada região.

Brandsma e Eppel (op.cit.) corroboram tais assertivas ao afirmarem que muitos dos problemas decorrentes de padrões insustentáveis de produção e consumo são devido ao fato de que os bens e serviços ambientais encontram-se subavaliados e conseqüentemente desperdiçados, tanto no processo produtivo quanto durante o consumo. Atribuem a falhas institucionais pela externalização dos custos ambientais. Citam a poluição como exemplo clássico, apontando o caso do preço da gasolina nos Estados Unidos ser inferior ao da água mineral. Acrescentam que se fossem consideradas todas as externalidades - contribuições para a poluição do ar, efeito estufa, aumento dos ruídos e outros -, o preço da gasolina seria seis vezes mais caro.

Esses autores acrescentam que é muito freqüente o estímulo a práticas insustentáveis por meio de políticas equivocadas de subsídios que não internalizam os custos ambientais (setor agrícola, por exemplo). Myers (1996) estima que o total de subsídios equivocados cheguem a cerca de 600 bilhões de dólares por ano, destinados ao desenvolvimento não-sustentável, justamente o valor equivalente ao montante necessário para se implantar a Agenda 21 no planeta.

As relações padrões de produção-consumo / serviços ecossistêmicos e destas com o crescimento populacional têm se tornado cada vez mais complexas, interatuantes e importantes. Neste trabalho estas relações serão analisadas, utilizando-se traços resultantes do metabolismo gerado pelos seus intensos processos.

5.2.2. O crescimento da população humana

Conforme já foi descrito, a área deste estudo abriga as cidades-satélites de Taguatinga, Ceilândia e Samambaia, no Distrito Federal, submetidas a um intenso crescimento populacional, em média 2,8% ao ano (CODEPLAN, 1998). Grande parte deste crescimento é advindo da migração. Segundo Mendes (1998) na década de 60 os migrantes correspondiam a 79,9% do crescimento populacional do Distrito Federal. Atualmente a contribuição é de 48,1%. Destes valores, 48,5% são oriundos da região nordeste e 22,9% da região sudeste

O seu entorno cresce a estonteantes 5,7% (a cidade de Águas Lindas de Goiás, a 42 km do Plano Piloto de Brasília, por exemplo, tinha apenas cinco mil habitantes em 1991, passando para 120 mil habitantes em apenas sete anos!). Somente nos últimos três anos 100 mil migrantes chegaram a Brasília e se espalharam pelas suas cidades-satélites (Zanatta, 1998).

Como era esperado, dentre todos os elementos formadores do perfil ambiental do Distrito Federal, e conseqüentemente desta área de estudo, o que sofreu a maior alteração nos últimos tempos foi a variável demográfica.

O crescimento populacional ocorrido no Distrito Federal, sempre acentuado em comparação com as demais unidades da Federação, foi agravado no final da década passada, por uma seqüência de decisões políticas equivocadas que viriam induzir uma forte corrente migratória para Brasília, ainda presente nos dias atuais, em menor intensidade, mas ainda a taxas preocupantes.

Segundo Pontes (1994) "...em 1989 o Distrito Federal tinha 62 favelas e invasões. Para resolver o problema o Governo do Distrito Federal lançou o *Programa de Assentamento das Populações de Baixa Renda*, no início de 1989. Desde então, foram distribuídos 120 mil lotes". Estariam lançadas as bases para o estímulo a um fenômeno migratório contínuo, agravando uma situação já presente em Brasília, desde a sua fundação.

Silva (Op.cit.) atribui à ampliação do programa para atender também aos "inquilinos de quintal" o estopim da bomba populacional que se seguiria. Com pouco mais de 1.300.000 habitantes em 1988, em apenas cinco anos o Distrito Federal chegaria aos quase 2.000.000, com o acréscimo repentino de 700.000 migrantes "numa impressionante taxa de crescimento nunca experimentada em lugar nenhum do mundo, sequer em tempos de guerra".

Um acréscimo populacional dessa natureza, em qualquer parte do mundo, representaria a geração de problemas graves na estrutura e na dinâmica de uma cidade, comprometendo a qualidade e até mesmo a operacionalização dos seus serviços essenciais - transportes, educação, segurança, lazer, saúde, saneamento e preservação - por sobrecargas.

Dessa forma, são frustradas todas as tentativas de políticas de gestão ambiental urbana, arrebatadas que são pelos números explosivos que inviabilizam qualquer planejamento, notadamente pela grave e crônica limitação de recursos financeiros destinados à ampliação e a melhoria dos serviços essenciais das cidades, quadro comum na América Latina.

O crescimento populacional rápido verificado no Distrito Federal, a despeito de ocorrer em todas as cidades satélites, concentrou-se no eixo Samambaia-Ceilândia, cidades satélites vizinhas à Taguatinga, e criadas mais recentemente.

A maior parte dos lotes doados concentrou-se na região de Samambaia, de onde partiu a maior pressão sobre os serviços de Taguatinga. Acrescente-se aqui a pressão do enorme contingente vindo do entorno do Distrito Federal em busca dos serviços dessa satélite, principalmente nos setores de saúde, emprego e educação.

Quando não evoluem conjuntamente, oportunidades de emprego / oferta de serviços urbanos com o aumento populacional, reunimos aí os ingredientes suficientes para a configuração de estresse socioecossistêmico urbano, com expressões de degradação ambiental generalizada, o que significa perda da qualidade de vida e conseqüentemente, perda da qualidade da experiência humana (Boyden et al., 1981).

Por meio de pesquisa oral, com questões não induzidas, buscou-se diagnosticar como as pessoas estavam percebendo aquelas mudanças. Durante dois meses, a equipe de auxiliares de pesquisas entrevistou 500 pessoas, em locais e horários estocásticos da área de estudo, em 1987 e 1998, adicionando-se dados de 1995 de um jornal local (Tabela 10).

Tabela 10 Análise de Insatisfação em Taguatinga
(N= 500. Valores em %)

Reclamações	1987	1995(*)	1998
Desemprego	5	35	39
Violência	12	23	22
Saúde	21	13	21
Educação	19	11	3
Lazer	14	11	2
Transporte	29	10	10
Meio Ambiente	-	-	3

(*) Fonte: Lu (1995); N não informado.

No contexto atual, o desemprego passou a ocupar a maior preocupação das pessoas, ao lado da violência e dos péssimos serviços de atendimento de saúde (não pela qualidade dos profissionais, mas dado ao aumento da demanda com a permanência do mesmo quadro de pessoal e à crônica falta de recursos).

É de destacar-se a baixa percepção dos habitantes em relação à perda da qualidade ambiental, o que denota a ineficiência e/ou inexistência de programas de educação ambiental nos níveis formal e não-formal, capazes de sensibilizar as pessoas e torná-las mais participativas nas ações de manutenção e melhoria da qualidade de vida. Outro aspecto observado neste estudo, ainda que de forma preliminar, e com um N muito baixo para permitir maiores inferências, foi a baixa escolaridade dos migrantes. Numa entrevista informal com 300 pessoas em uma quadra da Samambaia, apenas 27 tinham o primeiro grau concluído!

Um dos elementos da dinâmica sócioambiental da região que apresentou um crescimento exacerbado foi a violência. Em 1996 houve, em Brasília, um aumento de 10% nos homicídios, 17% nos assaltos e 13% nos roubos/furtos de carros. A média anual de homicídios / 1000 habitantes no Distrito Federal (28,2) foi superior à nacional (20) e muito superior à dos EUA (11), porém ainda inferior a de São Paulo (47) e Rio de Janeiro (56). As satélites do Gama + Santa Maria registraram 36, Ceilândia 33, Samambaia 31 e Taguatinga 12 (Vital, 1996).

Estes dados, de alguma forma, corroboram as afirmações de Ferreira (1995) de que "Taguatinga importa violência. A cidade recebe, das vizinhas que a cercam - Ceilândia, Samambaia, Santa Maria, Recanto das Emas e Parque da Barragem - a maioria dos marginais..." "Dos quarenta presos que estão aqui, só um ou dois moram em Taguatinga" queixava-se o delegado titular da 12a. DP. Turiba (1995) confirmava a precariedade da situação "A segurança ostensiva e preventiva de Taguatinga está falida. A Polícia Militar não tem mais condições operacionais de policiar a cidade.

...somente três carros e 150 homens estão disponíveis para uma população superior a 300 mil habitantes."

Outros elementos considerados no metabolismo socioecossistêmico urbano de Taguatinga, identificados através de dados não intrusivos (Tabela 11), corroboraram o estúdio acima descrito. É o caso das placas de sinalização de trânsito, em diversas vias de Taguatinga, por exemplo.

Tabela 11 Evolução do número de placas de sinalização de trânsito perfuradas por projéteis de armas de fogo.

%	1988	1992	1998
Placas Perfuradas	5	27	46

(N= 50)

As placas foram cadastradas e mapeadas aleatoriamente em diversas vias da cidade e remapeadas nos períodos indicados. Foi desprezada a taxa de substituição das mesmas, pela natureza estocástica da substituição e do próprio cadastramento.

Outros elementos que poderiam contribuir para a análise seriam as taxas de destruição dos equipamentos públicos (telefones, ônibus coletivos, árvores recém-plantadas, iluminação pública, placas de sinalização de endereços, sanitários públicos etc).

Taguatinga, Ceilândia e Samambaia ainda têm poucas opções de lazer, notadamente ligadas ao contato com a natureza. Possui uma Área de Relevante Interesse Ecológico - ARIE, Parque JK, que engloba as ARIEs dos córregos Cortado e Taguatinga, o Parque Boca da Mata, o Parque Três Meninas e o Parque Saburo Onoyama (Vai-Quem-Quer). Este, criado em 1989, recebe em torno de 15 mil pessoas nos fins de semana, com uma estrutura subdimensionada para um público tão elevado, e sofre os efeitos da sobrevisitação. Os demais ainda não dispõem de estrutura para visitantes.

A despeito de serem escassas as oportunidades para essas vivências, as áreas potenciais para tanto, como as do Núcleo Rural de Taguatinga, por exemplo, estão sendo engolidas sofregamente pelo mercado imobiliário. Mesmo assim, na cidade ainda se encontram vastas áreas de mata ciliares com nascentes de águas límpidas. Os córregos assim formados, infelizmente perdem a sua qualidade algumas dezenas de metros adiante, pelos despejos de esgotos domésticos.

Por outro lado, como resposta adaptativa-cultural, desenvolveu-se em Taguatinga, de forma vertiginosa, um setor de diversões noturnas - Pistão Sul -, composto por bares, boates, clubes, danceterias, restaurantes, áreas para espetáculos e afins, para onde um grande número de pessoas converge todos os dias, e mais freneticamente nos finais de semana. A despeito de tanto descaso, as pessoas

terminam desenvolvendo mecanismos compensatórios interessantes, e ainda acreditam na reversão do quadro vigente: em uma amostra de 350 pessoas, como resposta à pergunta "Você trocaria esta cidade por outra?" 227 (65%) responderam não!

O crescimento da população no DF (Tabela 12) suscita discussões acaloradas intermináveis, notadamente pela não aceitação dos dados oficiais referentes à evolução do crescimento. Os dados apresentados por Silva (1995) não encontram convergência com os dados oficiais.

Tabela 12 Evolução do crescimento da população por localidade (x 1000)

Localidade	1959	1960	1970	1980	1986	1988	1990	1992	1998 (*)
Taguatinga	3	26	107	192	230	243	238	235	253
Ceilândia	-	-	84	280	350	373	374	376	392
Samambaia	-	-	-	-	0,4	1,7	67	131	144

(*) Estimativa CODEPLAN

Fonte: Anuário Estatístico CODEPLAN 1994 e Silva (1995)

Existem divergências quanto aos valores absolutos das populações das cidades-satélites nomeadas para este estudo. Os valores apresentados pelas pesquisas das suas respectivas administrações diferem significativamente dos números encontrados pela CODEPLAN. Neste estudo, vamos seguir os números oficiais.

Segundo os números oficiais, as cidades-satélites estudadas apresentam o seguinte quadro de crescimento populacional (Tabela 13):

Tabela 13 Crescimento populacional na região do estudo

Localidades	1994 (*)	1998(**)	2020(**)
Taguatinga	224.026	229.828	418.800
Ceilândia	351.291	360.389	641.400
Samambaia	144.616	148.361	237.500
Total	719.933	738.578	1.297.700

(*) Fonte: CODEPLAN

(**) Fonte: CODEPLAN, DITEC-GEPRO-NEP considerando a taxa média de crescimento projetada para 1998 (2,59) e 2020 (1,70).

Uma das conseqüências diretas desse crescimento da população para a qualidade ambiental da cidade, e como componente no somatório das contribuições desse sócioecossistema urbano às alterações ambientais globais, foi o aumento da frota de veículos e, conseqüentemente, das emissões de poluentes para a atmosfera urbana.

5.2.3. O consumo de combustíveis fósseis.

Como já foi visto, o consumo de combustíveis fósseis em diversas atividades humanas, representa uma das maiores fontes de emissão de diversos gases-estufa para a atmosfera, principalmente gás carbônico. Nos sócioecossistemas urbanos, essas emissões ocorrem majoritariamente devido ao transporte, ao uso do gás de cozinha e às incinerações.

5.2.3.1. Os transportes e as emissões

Os transportes consomem cerca de 20% de toda a energia produzida globalmente. Deste montante, em torno de 60-70 % são destinados a conduzir pessoas. O restante, para conduzir cargas. Este setor cresce a uma média global anual de 2,7% , maior do que qualquer outro setor da atividade humana (World Energy Council, 1993).

A rápida urbanização que acontece na maioria dos países, significa não apenas mais pessoas que estarão vivendo e trabalhando nas cidades, mas também que mais pessoas e mercadorias estarão fazendo mais viagens dentro dessas cidades. Essa demanda crescente sobre as viagens urbanas tem implicações para o ambiente, para a eficiência econômica e para a habitabilidade dessas áreas. Tradicionalmente, a resposta para essa demanda tem sido a ampliação e construção de vias para acomodar o crescente número de veículos, criando uma nova forma urbana esparramada. Os veículos motorizados oferecem vantagens inegáveis como velocidade, conforto, independência. Entretanto, os custos crescentes da dependência dos veículos já são muito aparentes. Inclui gastos incessantes com manutenção e construção de mais vias, congestionamentos que minam a produtividade econômica, altos níveis de consumo de energia com seus respectivos impactos sobre o ambiente e sobre a economia, aumento da poluição atmosférica e sonora, acidentes e desigualdades sociais que aumentam quando os pobres encontram os seus serviços de transporte público cada vez mais deficientes. Tais problemas ocorrem em todo o mundo, porém, são mais visíveis onde a população urbana está crescendo mais rapidamente, como é o caso dos países em desenvolvimento, transformando o setor de transportes na fonte de poluentes que mais cresce no mundo. (WRI, 1997).

De acordo com Andres et al. (1996), no momento, cerca de 80% da emissão anual de CO₂ para atmosfera, ocorre em função da queima de combustíveis fósseis (carvão, e derivados de petróleo). Essa combustão também libera outros componentes químicos para a atmosfera, como o nitrogênio.

Dessa forma, os combustíveis fósseis desempenham o papel de pivô no orçamento global do CO₂, atuando ambos como fonte deste gás e como fonte de nitrogênio atmosférico que pode fertilizar a biosfera e estimulá-la a seqüestrar carbono. Os combustíveis fósseis, na atualidade, jogam para atmosfera cerca de 5,5 GtC (Gt = bilhões de toneladas métricas) ao ano. Da destruição das florestas tropicais são emitidos cerca de 1,6 GtC /ano. Os oceanos absorvem 2,0 GtC/ano e o crescimento das florestas absorvem 0,5 GtC/ano. Isto daria um acúmulo anual de 4,6 GtC!

Entretanto - e felizmente -, medidas atuais acusam um acúmulo anual de 3.3 GtC (a diferença de 1.3 GtC/ano é atribuída ao "missing sink", termo utilizado para expressar as diferenças entre as estimativas das fontes e as estimativas das absorções).

Essa desigualdade tem crescido consistentemente desde 1920 e mais intensamente desde 1950. Sabe-se que existe um "sumidouro" de gás carbônico, mas a maneira como ele funciona e as evidências de suas operações nos ecossistemas ainda não foram medidas ou estabelecidas.

Como pode se depreender desses dados, a utilização de combustíveis fósseis é crucial para o desequilíbrio do orçamento global do carbono. Este desequilíbrio contribui para o efeito estufa e este para as alterações climáticas globais.

Os problemas relacionados com o transporte na maioria das cidades do mundo originam-se de uma série de fatores interrelacionados. As forças sociais indutoras de tais processos compõem-se de fatores demográficos (urbanização, aumento da população), econômicos (aumento da renda, redução dos preços dos veículos e facilidades de aquisição), culturais (associação da posse de veículos com *status*), e políticos (*lobbies* poderosos que induzem os governos a considerarem a expansão da indústria automotiva como um importante gerador de crescimento econômico) ((NIUA, 1994). Esse tipo de visão, aliada ao contexto de rápido crescimento da população e expansão urbanas, bem como momentâneo favorecimento econômico, levou a região envolvidas nesse estudo a aumentar significativamente a sua frota de veículos (Tabela 14).

Tabela 14 Frota de veículos no Distrito Federal

Ano	1994	1997	1998
Veículos	564.529	707.953	736.705

Fonte: Detran -DF, 1998

Entre 1994 e 1997 houve um estonteante crescimento de 25,4% na frota de veículos do Distrito Federal, cerca de 8,4% ao ano! Esse crescimento foi atribuído ao Plano Real que, dentre outras facilidades, ampliou os prazos de financiamentos de veículos em geral. Em 1988, já por influência da crise financeira internacional, houve uma retração de 4,34% e o crescimento ficou em cerca de 4,06% .

Segundo Marsicano (1998) a cada mês 6 mil novos carros são adicionados à frota do Distrito Federal e cerca de 5 mil novos motoristas são habilitados no mesmo período. O trânsito na região se transformou em um forte componente de estresse e degradação de qualidade de vida. Além do tempo perdido e dos prejuízos materiais e ambientais imponderáveis, os engarrafamentos passaram a compor a lista cotidiana de sofrimentos das pessoas. Só na Estrada Parque Contorno de Taguatinga (DF- 001 ou EPCT) foram registrados em 1997, 1.638 acidentes com 24 mortes. Na Estrada Parque Taguatinga-Guará (DF-085 ou EPTG) 1.180 acidentes com 12 mortes, e na Ceilândia 19 pessoas morreram na Avenida Hélio Prates e nas vias M2 e N2-Oeste, no mesmo período.

Do número total de veículos, segundo o Detran-DF, cerca de 40% pertencem a proprietários que vivem em Taguatinga, Ceilândia e Samambaia (294.682 veículos). Esses dados são indiretamente corroborados pelo aumento do fluxo de veículos na avenida central de Taguatinga, principal via de escoamento do tráfego daquelas cidades (Tabela 15).

Tabela 15 Evolução do tráfego na via central de Taguatinga (x 1000)

Ano	1986(*)	1990	1993	1998 (**)
Nº. veículos/dia (ida/volta)	23	65	68,5	75

Fontes: Departamento de Estradas e Rodagem (Período medido: 6 às 18 h)
(*) Pesquisa Lab. Ecologia / UnB (Período medido: 6 às 18 h. Dias, 1986)
(**) Centro de Pesquisas UCB (Período medido: 6 às 18 h); Dias (1998)

Esse movimento diário de veículos nessa via surpreendeu as estimativas mais extremas. Em 1993, Marsicano descrevia que a expectativa era de que o tráfego desta via atingisse 50 mil veículos/dia no ano 2000, mas em 1993 já superava este limite com mais 10 mil veículos/dia.

De 1986 a 1993 houve um crescimento de 163 % no movimento de veículos automotores que cruzam a cidade de Taguatinga. o que significa, pelos parâmetros da Resolução 018/86 do CONAMA, no mínimo, a cada quilômetro rodado, um total de 150 kg de óxidos de nitrogênio e 1.800 kg de monóxido de carbono despejados diariamente na atmosfera da cidade somente em 1 km daquela via. Estes valores considerados para períodos anuais podem demonstrar a dramaticidade do impacto.

A região TCS (Taguatinga, Ceilândia e Samambaia) consome **20.187.690 litros de combustível por mês**, distribuídos em seus 45 postos. Cerca de 60% desse consumo é de gasolina, ficando o álcool hidratado com 35% e o óleo diesel com 15%. Essa região possui uma frota de **294.682 veículos**, que uma vez abastecidos, vão despejar seus poluentes na atmosfera global.

As emissões provenientes da queima desse combustível são complexas e aqui serão considerados os parâmetros do tipo de combustível preponderante, ou seja, a gasolina.

De uma forma geral, essa queima libera monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio e enxofre, gás carbônico, nitrogênio, material particulado e cerca de 500 tipos de hidrocarbonetos.

Em termos relativos os poluentes oriundos da gasolina e do diesel são emitidos nos termos plotados no Quadro 3.

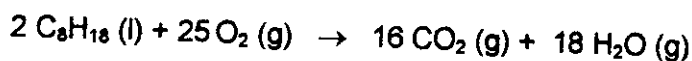
Quadro 3 Emissões relativas

Poluente	Tipo de Combustível	
	Gasolina	Diesel
Gás carbônico	***	*
Monóxido de carbono	****	**
Hidrocarbonetos	****	***
Óxidos de nitrogênio	****	**
Material particulado	**	****
Aldeídos	****	***
Benzeno	****	**
Dióxido de enxofre	*	****
1,3 butadieno	****	***

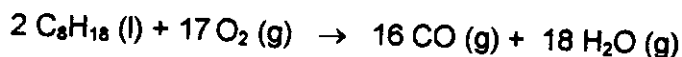
Legenda
 **** concentração extra
 *** concentração alta
 ** concentração média
 * concentração baixa

Fonte: Fuelsaver Oversears Ltda

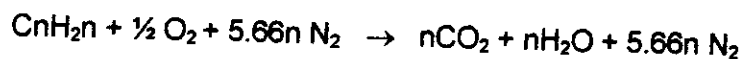
De uma forma simplificada a queima da gasolina em um veículo bem regulado é assim expressa:



Entretanto, como os motores se comportam melhor quando há um excesso de combustível e uma deficiência de oxigênio na mistura, tem-se combustões incompletas, com formação de monóxido de carbono (CO) em lugar do gás carbônico.



De uma forma mais detalhada, a reação pode também ser assim escrita:



Na equação acima não se tem definidos os totais dos produtos resultantes. A razão é que esses compostos são resultados de combustões incompletas e assim muitos hidrocarbonetos não são queimados ou parcialmente oxidados em CO, sendo então exaustados. O fator que decide quanto de CO, HCs (hidrocarbonetos) ou NOx (óxidos de nitrogênio) serão liberados na combustão, depende do taxa de ar presente na combustão (*airfuel ratio*), que indica quanto de ar é necessário para queimar uma dada quantidade de combustível. Cada motor tem a sua taxa específica na qual opera melhor, mas em geral se situa em torno de 14:8. Quando a mistura ar-combustível tem pouco O₂, os hidrocarbonetos são apenas parcialmente oxidados para CO, sendo exaustados. Quando há mais O₂ disponível na mistura, o N₂ é transformado em óxidos de nitrogênio. Muitos veículos operam com uma mistura "rica" em oxigênio para ganhar mais potência (necessita operar com uma taxa em torno de 12:1; a maior eficiência termal requer uma taxa de 17:1).

A partir dos anos 70 teve início a evolução dos equipamentos visando a redução das emissões por meio de conversores catalíticos e processos mais eficientes de combustão (culminando com a atual injeção eletrônica). As regulamentações foram sendo implantadas na maioria dos países. No Brasil, por meio da Resolução nº 18 de 6 de maio de 1986 o CONAMA criou o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE, com o objetivo de reduzir as emissões dos

poluentes, promover o desenvolvimento tecnológico, criar programas de monitoramento e promover a sensibilização da população.

Mas, a escalada do ser humano na Terra não se faz sem surpresas. Muitas "soluções tecnológicas" encontradas e que naquele momento representavam saídas brilhantes da inventividade humana, mais tarde trariam graves problemas - a exemplo do que ocorrera com os CFCs. A EPA concluiu que o uso de catalizadores nos veículos pode ser a causa do atual crescimento da concentração atmosférica do óxido nitroso (N₂O). Este gás seria 310 vezes mais eficiente do que o CO₂ para bloquear o calor que deixa a Terra e induzir o efeito estufa. Nos Estados Unidos, a concentração do N₂O cresceu 44% entre 1990 e 1996, e já representa 7% dos gases ligados ao aquecimento global.

Os combustíveis são pródigos na criação de problemas. As suas emissões extrapolam a queima. Uma outra fonte de emissão se dá por meio da evaporação. Esse processo ocorre quando os veículos estão sendo reabastecidos (a entrada do combustível líquido, expulsa para a atmosfera o vapor aprisionado no tanque) e durante a circulação do combustível nos motores. Como não ocorre reação química nesse processo, o que é liberado para a atmosfera são os próprios hidrocarbonetos da gasolina. Esse tipo de emissão é difícil de quantificar e mais ainda de controlar, e tem se constituído em motivo de preocupação para as pessoas que trabalham nos postos de reabastecimento, quanto para as autoridades de controle da área.

Todos os componentes de emissões dos combustíveis apresentam algum potencial de dano à saúde humana. O monóxido de carbono é tóxico para os seres humanos (não representa perigo para as plantas e materiais). Sendo aspirado, pode reagir com a hemoglobina tomando o lugar do oxigênio, tornando o sangue venenoso. A ocorrência de redução de oxigênio no cérebro pode causar desde simples náuseas até a morte, dependendo do tempo de exposição e da concentração dos gases aspirados.

Os óxidos de nitrogênio são prejudiciais às plantas. Nos seres humanos, quando inalados podem causar irritações nos pulmões ou mesmo dano sério ao oxidar as superfícies internas. Por serem fortes oxidantes, causam irritação nos olhos, bronquite e pneumonia.

Alguns hidrocarbonetos são cancerígenos e causam efeitos adversos nas plantas. Além desses impactos, os efeitos diretos dessas emissões vão desde danos à vegetação em geral (inclusive na agricultura), má visibilidade e danos materiais (corrosão, enegrecimento e outros). Mas as propriedades desses poluentes que mais tem preocupado os ambientalistas é a sua habilidade em reagir na atmosfera e formar poluentes secundários. Os óxidos de nitrogênio (óxido nitroso, especificamente), por exemplo, tem um papel decisivo na formação do ozônio, oxidando o O₂ para O₃ na presença da luz:



O processo também pode acontecer ao contrário, entretanto, o óxido nitroso prevalece mais na atmosfera e a reação tende a ir para a direita. Quando o NO é convertido em NO₂ algum ozônio será consumido, mas, dada a outras reações que ocorrem na atmosfera, a sua concentração termina sendo mantida (a menos que novas intromissões sejam procedidas).

O monóxido de carbono, relativamente inerte e com uma vida média de um mês, pode participar de um conjunto de reações químicas que culminam com a produção de mais ozônio. O problema com o ozônio (sempre presente quando há muitos veículos em operação e muita luz solar) é que esse gás causa uma série de transtornos para a espécie humana (irritação nos olhos, na garganta e pode até mesmo causar danos irreversíveis aos pulmões), para a vegetação e até mesmo para materiais como borrachas e pinturas. Essa sua habilidade é atribuída ao alto poder oxidante.

Convém notar que as emissões oriundas da queima de combustíveis fósseis são formadas por constituintes químicos que contribuem direta ou indiretamente para as alterações ambientais globais, quer induzindo efeito estufa e conseqüentemente alterações climáticas, quer produzindo efeitos localizados, que, no somatório global, terão impactos relevantes.

Em 1950 existiam no mundo 50 milhões de veículos. Atualmente são 580 milhões e estima-se que em 2010 sejam 816 milhões de veículos (FOL, 1998; WRI, 1997); o Brasil representa uma força nesse mercado. Em 1970 possuía uma frota de 3.111.890 veículos; em 1980 passou para 10.826.198, em 1990 para 13.070.000, em 1996 para 16.054.300, chegando aos atuais 18 milhões de veículos.

As emissões produzidas por esses veículos dependem de vários fatores. Variam em função do tipo de combustível utilizado, do tipo de mistura combustível-ar atmosférico, do equipamento (tecnologia, taxa de compressão, número de cilindros, do tipo de exaustão etc), da temperatura ambiente, da altitude, e da manutenção. Um exemplo das fontes de variabilidade das emissões é a potência: um veículo movido a gasolina, de quatro cilindros, equipado com quatro válvulas por cilindro produz 45-60 kW/l enquanto que outro com apenas duas válvulas por cilindro chega apenas a 30-45 kW/l; um veículo diesel aspirado naturalmente produz 20-28 kW/l, enquanto que um turbinado chega a 38 kW/l e um turbinado-intercooler chega aos 40 kW/h por exemplo. Essas especificações produzem emissões diferenciadas (FOL, 1998).

A despeito de todos os prejuízos causados ao ambiente e conseqüentemente ao ser humano (não apenas pela queima de combustíveis fósseis para movimentar a gigantesca frota global, mas os danos causados pelo mau uso – acidentes, congestionamentos, individualismo, ocupação de espaços antes destinados a fins mais comunitários), ainda não há uma sinalização de que isso possa mudar a curto prazo.

As montadoras transnacionais exercem forte influência sobre os governos federais e estaduais, que ainda acreditam (pelo menos anunciam) ser a instalação de indústrias automotivas, elemento preponderante de desenvolvimento. Este discurso fez com que muitos governadores, com o intuito de atraírem montadoras para os seus respectivos Estados, oferecessem vantagens e isenções ilegais para os empresários, em detrimento de recursos públicos (redução ou dispensa de cobrança de impostos, oferta de terrenos e outras facilidades). Essa estratégia beneficia as montadoras e privilegia o transporte individualizado, enquanto reduz as possibilidades do Estado oferecer transporte coletivo de boa qualidade, pela própria redução dos seus recursos, dentre outras causas.

Segundo Lucena (1998), o Brasil produz 1,6 milhões de veículos por ano, mas a previsão da Anfavea (Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores) é de que se chegue logo aos 2,5 milhões/ano. Com isso o Brasil saltará da 8ª posição para a 4ª posição na montagem de veículos no mundo, atrás apenas dos Estados Unidos, Japão e Alemanha. Estão se instalando no Brasil novas montadoras da Chrysler (picape Dakota), Volkswagen (Audi A3 e Golf), e Renault (Clio e Scénic) no Paraná; General Motors (Projeto Blue Macaw) no Rio Grande do Sul; Honda (Civic), Toyota (Corolla), Land Rover (Defender) e Kia Motors (Bongo) em São Paulo; Mercedes Benz (Classe A) em Minas Gerais, e negociações para o Rio de Janeiro (Citroen e Peugeot). Essas montadoras, algumas delas já presentes no mercado brasileiro, a exemplo da General Motors, Volkswagen e Toyota, foram atraídas pelos resultados iniciais do Plano Real. Apenas o tempo dirá se tais iniciativas serão realmente concretizadas.

De qualquer forma, o que fica patente nesse momento, é a lógica dominante do “desenvolvimento”, nitidamente favorecendo o transporte individual em detrimento do coletivo. A preocupação é vender e cada vez mais. Não são levados em conta os custos dessa estratégia. O que vem ocorrendo na Capital de São Paulo, por exemplo, poderia ser um alerta para o mundo, mas a crise de percepção é aguda. Ali os 5 milhões de veículos são responsáveis por 92% da poluição atmosférica! Estima-se que esse número chegue a 7 milhões em 2005. Para uma cidade que dispõe de apenas 3 m² de área verde por habitante (o ideal recomendado pela OMS é de 12 m²/habitante), vislumbram-se problemas ainda mais graves.

A concentração de esforços nos transportes individuais é um sintoma significativo do comportamento social do tipo “*todos contra todos*”, resultado de uma das formas emergentes de subjetividade globalizada orientada para a individuação egoísta (Viola, 1996).

Neste estudo, um exemplo cabal dessa situação foi constatado ao observar-se a ocupação média dos veículos em trânsito na via central de Taguatinga (que é utilizada para escoamento do tráfego da Samambaia e Taguatinga): notou-se que de cada cem veículos (particulares) que passavam, cerca de 75% deles conduziam apenas uma pessoa.

O resultado desse processo é um sistema de transporte caro, lento e danoso, além de gerar proporções inesperadas, quando comparamos esta situação com outros lugares (Tabela 16).

Tabela 16 Proporção de carros por 1000 habitantes em diversas regiões do mundo.

Regiões	Carros/1000 hab
Africa	14,2
Ásia oriental	28,9
Ásia do sul	3,1
Europa central/oriental	71,5
Oriente médio	44,6
América Latina	37,9
China	1,5
Estados Unidos	561,0
OECD	366,0
Brasil	114,9 (*)
Curitiba	333,0
Área deste estudo	400,0 (*)

Fontes: Zegras (1997, p.82)

(*) cálculos da pesquisa (v. metodologia)

A proporção de veículos por 1000 habitantes encontrada para a área de pesquisa é desconcertante e funciona como um indicador dos padrões de consumo adotados e das políticas públicas escolhidas pelos seus gestores, claramente decididas pelo transporte individualizado, que só pode ser entendida pelos interesses e benefícios pessoais e de grupos envolvidos. Tais padrões de consumo exibido pela população terminam refletindo respostas adaptativas aos péssimos serviços de transporte público disponíveis, curiosamente acompanhados de uma intensa oferta dos chamados carros "populares" (1000 cc), responsável em grande parte pelo aumento do número de veículos nas ruas. Por outro lado, a própria concepção urbanística da região (cidades-satélites, longas distâncias de percurso) termina exigindo dos seus habitantes, sem outras opções, que se "opte" pela condução individual. A forma da cidade influencia grandemente e é influenciada pelos padrões de transporte.

As cidades adensadas como algumas do Japão e da Europa, por exemplo, permitem que os seus residentes realizem 30-60% de suas viagens urbanas à pé ou de bicicleta. Em contraste, as cidades dispersadas, como algumas da Austrália e dos Estados Unidos, encorajam ou exigem o uso do veículo individual. Este é o caso das cidades de Taguatinga, Samambaia e Ceilândia, concebidas de forma a exigir, ou um eficiente e complexo sistema de transporte público (trens, metrô, linhas e ônibus integradas e em vias exclusivas), ou então a opção mais cara, própria dos países ricos, o carro! Sai caro para a comunidade, para o País e para o ambiente. Lamentavelmente, um número crescente de cidades em todo o mundo vem se desenvolvendo de forma difusa e de modo a depender cada vez mais do transporte individualizado.

Para avaliar o impacto do transporte individualizado no orçamento familiar, procedeu-se um breve levantamento. Em um grupo de cem pessoas, perguntou-se de forma não-intrusiva, quanto do orçamento familiar era dispendido para custear o carro. As respostas foram surpreendentes (Tabela 17).

Tabela 17 Gastos relativos do orçamento familiar para se manter um carro na região do estudo (pessoas consultadas estocasticamente: 100)

N = 100	% do orçamento
36	30
29	20
23	10
12	5

Nesta parte da pesquisa registrou-se um caso curioso, que pela sua excentricidade não foi acrescentado ao N observado. Tratou-se de um chefe de família que investia 65% do seu orçamento doméstico para manter um carro (combustível + manutenção (taxas, lavagens, pneus, segurança etc) + pagamento das 36 prestações). Um caso típico de sacrifício extremo para se seguir um padrão de vida ditado pela mídia, mas inatingível para a maioria das pessoas. Sacrifica-se até uma provável poupança, para fazer parte dos que "ostentam" esta capacidade de deslocamento. A indústria automobilística sabe, de forma muito eficiente, como utilizar-se fundamentalmente desse lado da vaidade humana, para vender seus produtos. Curiosamente, o Distrito Federal é a unidade da federação brasileira que mais adquire carros zero quilômetro, segundo a Federação do Comércio.

O jogo de interesses que se constituem nessas decisões pelo transporte individualizado se tornam evidentes quando se comparam os custos médios dos diversos meios de locomoção (Tabela 18).

Tabela 18 Capacidade, custos e emissões de vários tipos de transporte. (Adaptado de Zegras, 1997, p.93)

Modo de transporte (a)	Pessoas conduzidas por hora	Custo por passageiro por km (em US\$) (b)	Emissões por passageiro por km (em gramas) (c)
Caminhada	1.800	desprezível	desprezível
Bicicleta	1.500	desprezível	desprezível
Motocicleta	1.100	x	27.497
Carro	500 - 800	0,12 - 0,24	18.965
Ônibus	1.000 - 15.000	0,02 - 0,05	1,02
Trem (d)	20.000 - 36.000	0,10 - 0,15	0,62
Metrô (e)	70.000	0,15 - 0,25	0,71

Fonte: Zegras, 1997, p.93 (adaptado)

(a) assumindo alta taxa de ocupação e eficiência

(b) inclui os custos de capital e de operação

(c) incluem CO, NOx, SOx, aldeídos, hidrocarbonetos e MPS

(d) e (e) movidos a óleo combustível

(x) não disponível

Na tabela 18 não foram incluídos os trens movidos a energia elétrica, certamente o de menor impacto ambiental e menor custo operacional. De qualquer maneira, os transportes coletivos denotam uma nítida vantagem, tanto econômica quanto ecológica. Isto não parece interessar aos governantes brasileiros pois a malha ferroviária nacional foi brutalmente desmontada - justamente em um País com dimensões continentais, próprias para este tipo de transporte -, para dar lugar aos caminhões de carga que infemizam as estradas e tomam o frete um componente muito pesado para os preços finais. Os próprios trens de passageiros que atendiam a área deste estudo, foram desativados - Trem Bandeirante, que fazia a linha Brasília /São Paulo -, restando apenas os trens de carga, que transportam, principalmente, combustível para os automóveis!

Em decorrência desses condicionantes, o consumo de combustíveis na região estudada, como era esperado, é extremo, em termos comparativos, e as contribuições danosas à atmosfera pela sua queima é impressionante. Os 242.252.280 litros vendidos anualmente em seus 45 postos emitem para a atmosfera (Resolução CONAMA, 18/1996):

58.140,5 ton/ano de monóxido de carbono	(24g CO/km rodado)
4.845,0 ton/ano de óxidos de nitrogênio	(2g NOx/km rodado)
5.087,3 ton/ano de hidrocarbonetos	(2,1gHC/km rodado)

Considerando a metodologia sugerida por Silva (1975), emite ainda:

58,1 ton/ano de amônia	(0,24g amônia/l)
484,5 ton/ano de óxidos de enxofre	(0,00kg SOx/l)

Considerando a metodologia de VINE et al. (1991) esse consumo emite também:

637.123,5 ton/ano de gás carbônico	(2,63kg CO ₂ /l)
------------------------------------	-----------------------------

Para assimilar esta quantidade de CO₂ são necessários 353.957,5 ha/ano (em média 1 ha de floresta absorve 1,8 ton CO₂; Wackernagel e Rees, Op.cit., p.73). Isto significa que nessa área só para atender a sua demanda por combustível é necessário 0,47 ha/pessoa/ano!

Libera ainda $1,8 \cdot 10^{12}$ kcal para o ambiente imediato (MME.DNC,1996) (11.220 kcal/l), contribuindo ainda mais para a formação da "ilha de calor" da cidade.

Tudo leva a crer que a comunidade internacional só ficará livre dos transtornos e prejuízos causados pelo consumo de combustíveis fósseis quando esses forem substituídos por uma nova geração de soluções tecnológicas mais limpas, como o uso da eletricidade e outros processos em teste e pesquisa (Curitiba foi a primeira cidade brasileira a testar os benefícios do carro elétrico. Uma parceria reunindo a Prefeitura, a Copel - Companhia Paranaense de Energia e a Fiat, permitiu a utilização de veículos modelo Panda Elettra pela população. As pessoas estacionavam seus carros em uma área afastada da cidade e ali alugavam esses veículos elétricos para se deslocarem ao centro da cidade. Com autonomia de 60 km, velocidade máxima de 70 km/h e um consumo de 0,25 kWh/km - equivalente a um freezer de 300 l -, esses

veículos são alugados a R\$ 1,80 a hora, sendo que o período máximo de utilização é de duas horas. Essa estratégia já é utilizada em Turim, na Itália, onde as pessoas já utilizam carros elétricos com quatro lugares e que chegam à velocidade de 100 km/h. (URBS, 1998).

De qualquer maneira, o transporte individualizado hoje responde por grande parte da perda de qualidade de vida das pessoas em muitas cidades do mundo. Mesmo que os meios de propulsão mudem, muitos problemas continuarão, como a disputa por espaço, perda de tempo em congestionamentos, trânsito violento, estresse cumulativo, individualismo exacerbado pelo consumismo e outros. O que se busca é uma mudança mais profunda, onde a solidariedade tenha vez.

Iniciativas como a carona solidária (a SEMA de São Paulo cadastra as pessoas e as integram em grupos) são esforços pontuais para a redução da poluição. Porém, outros sinais da reação já são sensíveis. Segundo Wassermann (1998) grupos de ativistas, inimigos do automóvel, já começam a invadir a Internet – rede mundial de computadores, com mensagens e campanhas contra o “vilão”, acusado de ser o responsável por um número de mortes superior ao de todas as guerras, pela maior parte da poluição no mundo, pelo fim do convívio social nas ruas e pelo isolamento das pessoas. Na verdade, as estatísticas corroboram de certa forma tais assertivas. No Brasil os custos com os acidentes anuais chegam a 5 bilhões de dólares, o suficiente para construir 400 mil casas populares. Morrem 25 mil pessoas por ano em acidentes de trânsito; em São Paulo, onde os congestionamentos atingem 200 km, adotou-se o rodízio como tentativa de redução das emissões. Por conta de situações como estas, eclodem grupos de ativistas contrário aos carros, provocando obstruções nas vias públicas, para liberá-las aos pedestres e ciclistas. As idéias divulgadas vão desde projetos para a construção de cidades totalmente livres de carros, bloqueio de ruas movimentadas até grupos que defendem a total moratória na construção de novas estradas. Os principais grupos organizados são os chamados *Multidão Crítica* (*Critical Mass*) que são integrados por ciclistas que organizam passeios por avenidas movimentadas das grandes cidades, fechando-as para as bicicletas e pedestres (“*nós não estamos bloqueando o tráfego, nós somos o tráfego*”). O movimento começou na Praça Justin Hermann, São Francisco, Califórnia, em 1993, reunindo 50 participantes. Hoje reúne 5 mil pessoas e os grupos se espalham pelo mundo e já existem em algumas dezenas de grandes cidades nos Estados Unidos, Canadá, Austrália e na Europa. Esses movimentos têm como objetivo a construção de ciclovias; a melhoria das condições de segurança nas vias públicas e a crítica aos atuais padrões de uso do veículo com estes exercendo domínio sobre ciclistas e pedestres, a partir da concepção dos “urbanistas” até os gestores públicos. Denunciam o excessivo individualismo e a falta de coesão da sociedade. (sentimento de responsabilidade social).

Na Alemanha, o *Platform Binnenstad Autovrij*, um dos grupos anti-automóveis mais importantes, promovem em Amsterdã “dias voluntários sem carros”. No Brasil os ciclistas do movimento *Night Bikes* de São Paulo, *rejeitam a posição radical e o confronto. Acreditam que o novo Código de Trânsito já produziu uma mudança sensível no comportamento dos motoristas.*

Para o então presidente do Partido Verde, responsável pela instalação de ciclovias no Rio de Janeiro, enquanto o usuário de carros – um meio muito confortável

de deslocamento -, não tiver que pagar um ônus por isso, ele não o trocará pelo transporte público.

Mesmo nas cidades brasileiras onde existem ciclovias e um bom sistema de transporte urbano implantado, a exemplo de Curitiba, o uso das bicicletas é reduzido e os carros particulares infemizam o trânsito.

A área onde este estudo foi conduzido reúne cidades com relevos suaves, quase todas planas e desenvolvidas dentro de um plano urbanístico. Este, entretanto, como a maioria deles, não expressa qualquer preocupação com ciclovias ou com pedestres. O eixo da concepção é o transporte individualizado. Cada vez mais os veículos ocupam mais espaço dentro da malha urbana, seja ampliando as suas vias de escoamento, seja ampliando as áreas de estacionamento, dentre outras coisas. Os ciclistas são obrigados a aventuras diárias, competindo com os carros em vias rápidas e perigosas; os pedestres a se recolherem à sua insignificância, quando não estão espremidos em calçadas estreitas e tomadas pelos próprios veículos.

Segundo Wassermann (Op.cit.), algumas cidades já começam a ser projetadas sem contar com o automóvel. Em outubro de 1998 um grupo de arquitetos, engenheiros e urbanistas reuniram-se em Lyon, na França, com o objetivo de discutir soluções para eliminar da vida das cidades a figura do automóvel. No encontro foi gerado o *Protocolo de Lyon*, que dá algumas indicações de como podem ser transformadas as cidades de modo a se viver sem os carros. Um dos principais expositores, o engenheiro e *designer* holandês J.H.Crawford, vem projetando cidades para alguns milhões de habitantes que funcionariam sem a necessidade de uso do automóvel e onde os deslocamentos máximos de um extremo ao outro da cidade não levariam mais do que 30 minutos. Seus projetos prevêem diversos minicentros circulares ligados entre si por linhas de transporte de massa sobre trilhos.

Na verdade, os veículos individuais respondem por uma grande parcela dos impactos ambientais negativos gerados pelo megametabolismo dos sócioecossistemas urbanos no mundo, que contribuem para as alterações ambientais globais. Não apenas as suas emissões oriundas da queima de combustível fóssil, mas de toda a parafernália com antecede a sua fabricação, que acompanha o seu uso (e as conseqüências deste uso) e a sua destinação final. O carro, além de estratificar ainda mais a sociedade humana – pois saltou de meio de transporte para símbolo de *status* – ainda serve como meio de exploração pelo estabelecimento de inúmeros monopólios transnacionais (combustíveis, pneus, montadoras, acessórios, peças de reposição etc). Infelizmente, a tendência mundial aponta para um crescimento contínuo da aquisição de veículos individuais, em detrimento de investimentos em transportes coletivos (Tabela 19).

Tabela 19 Aquisição de veículos motorizados no mundo (x milhão)
(Adaptado de Zegras, 1997, p.83)

Países	A n o s				
	1970	1980	1990	2000	2010
Desenvolvidos	280	400	600	700	800
Em desenvolvimento	50	100	140	200	300

Uma mudança nesses hábitos requer um eficiente e contínuo trabalho de Educação Ambiental, sensibilizando as pessoas e os diferentes grupos sociais para a necessidade de se buscar e atingir um novo estilo de vida. Tem que se manter em mente que toda a estrutura viária dos carros foi construída nos últimos 100 anos, e mais intensamente nos últimos 50 anos. Em mais 50 anos pode-se muito bem modificar isso tudo para um sistema mais inteligente, mais solidário, mais a serviço da escalada evolucionária do ser humano.

Neste estudo buscou-se ampliar a análise das conseqüências do aumento da frota de veículos, além das suas emissões que contribuem mais diretamente para as alterações ambientais globais. Uma série de outros componentes derivados desse processo também foram investigados.

Essa quantidade de veículos atravessando a cidade, além dos poluentes citados, deixam atrás um número significativo de partículas provenientes dos desgastes mecânicos expulsos juntos com a exaustão dos gases, do desgaste dos pneus e do desgaste das próprias vias, que vão compor o ar atmosférico da cidade, com a poeira, grãos de pólen e esporos de fungos, vírus, restos orgânicos e cinzas de incinerações, além da poluição sonora e do aumento das vibrações locais.

A evolução da quantidade de partículas em suspensão foi estimada neste trabalho (Tabela 20)

Tabela 20 Material Particulado em Suspensão (MPS) no centro de Taguatinga (Média das amostras. Partículas presentes / 2,41 mm² / 5 h. Mês referência: outubro)

Ano	1980	1990	1994	1998
MPS	279	855	923	955

A esses elementos adicionem-se alguns tipos específicos de contribuições: (a) as produzidas pela destruição da cobertura vegetal, comuns durante a construção dos recentes assentamentos em Brasília. A destruição da cobertura vegetal facilita a remoção de partículas coloidais do solo por redemoinhos, e estas, flutuam, indo juntar-se ao aerossol; (b) o aumento da frota de veículos após o Plano Real, notadamente de carros ditos "populares", pelas facilidades de financiamento; (c) os incêndios em áreas de cerrados circunjacentes; (d) o aumento da queima de lixo e de pneus, prática comum nos assentamentos, com o objetivo de afastar pemilongos que infestam a região, ou como método de "eliminação" do lixo (o que denota, dentre outras coisas, a falta de informação sobre os danos ambientais causados por essa prática)

A presença de partículas no ar atmosférico desta parte da cidade, agindo de forma sinérgica com outros poluentes, foram "sentidas" pelos bioindicadores mapeados naquela via (líquenes) (Tabela 21).

Tabela 21 Presença de líquenes em árvores da Via Central de Taguatinga (Área crostosa / 15 árvores Método Draw-upon. *Parmelia sp*)

Anos	1990	1992	1994	1996	1998
Área crostosa (cm ²)	595	358	145	9	9

O estudo da poluição do ar não é simples, mormente porque os níveis de poluentes, mesmo nas piores áreas, flutuam muito ao longo do dia. Variam com as condições climáticas (estado higrométrico, temperatura, velocidade e direção dos ventos, nebulosidade, intensidade da radiação solar e outros). Medições ao acaso, feitas em determinados horários, teriam precisão limitada visto que as emissões ocasionais poderiam ser perdidas. Por isso medidas no regime de 24 horas podem ser mais significativas. Para esta finalidade os líquenes são especialmente adequados. Particularmente sensíveis à presença do SO₂ e muito susceptíveis à poluição atmosférica em geral (Mellanby, 1980), podem revelar, na sua dinâmica de crescimento (positivo ou negativo), o estágio do ambiente em relação a qualidade do ar. Segundo Xavier (1979) os líquenes crescem, em média, 1 cm por ano.

De acordo com Andre ((1994) quando as concentrações de SO₂ são altas, não há presença de líquenes, formando o "deserto de líquenes", conhecido na literatura. Praticamente, ausência de líquenes em uma determinada área indica a existência de ar impuro, apesar de algumas espécies tolerarem altos índices de poluição como *Lecanora conizaeoides* (150 µg/m³ SO₂). Em contraste, outros são muito sensíveis e só são observados em áreas com ar puro.

Sloof e Wolterbeek (1993) consideram que o uso deste bioindicador oferece meios para que se possa estimar preliminarmente as fontes de poluição, sua localização e dispersão.

Neste estudo, estabeleceu-se uma estreita correlação entre o aumento do fluxo de veículos na área e das demais atividades descritas que contribuem para a formação do aerossol atmosférico urbano, com a diminuição da área foliar dos bioindicadores.

Neste ponto, seria interessante reunir dados sobre a evolução de atendimentos nas especialidades de pediatria, otorrinolaringologia, dermatologia e alergologia nos Postos de Saúde e Hospitais da rede pública e particular da área de estudo para um possível exercício de correlação. Entretanto, imersos em múltiplas e crônicas crises produzidas pelo acúmulo de atendimentos em função do aumento da pressão de demanda, pela ausência de novos investimentos e atravancados pelos mecanismos burocráticos cartoriais, os serviços públicos de saúde locais não conseguiram sistematizar esses dados. Por outro lado, as instituições privadas não permitiram o acesso a tais informações. Assim, não se tem como oferecer dados que permitam identificar quais os pacientes atendidos pertenciam à região em estudo (um levantamento preliminar indicou que de cada 100 pacientes atendidos em Taguatinga,

apenas 12 eram desta cidade-satélite), inviabilizando qualquer estudo mais acurado de correlação.

Tais elementos de degradação da qualidade do ar atmosférico desta área, felizmente são contrabalançados pela intensa arborização. O que preocupa é que esta cobertura vegetal, em sua maior parte composta por árvores frutíferas plantadas nos quintais das residências, uma prática comum nestas cidades, vem sendo sistematicamente substituída por áreas impermeabilizadas quando aquelas casas são demolidas para dar lugar a prédios. Um aspecto que contribui para contrabalançar a situação é que a região tem relevo alto e ventos moderados que conduzem a deposição do material particulado, para outros locais (transferência de impacto negativo).

Outro componente do conforto ambiental urbano, a qualidade de intensidade sonora, como era esperado, sofreu muito com a nova dinâmica. Apesar de serem conhecidas as patologias dos efeitos causados por intensidades sonoras elevadas, notadamente relacionadas à capacidade de indução de estados de estresse, este item tem sido sistematicamente relegado a um plano infinitesimal de consideração. Aliás, este fato, misto de desleixo, irresponsabilidade e incompetência técnica, repete-se nacionalmente, na falta de especificações, desde a construção civil à fabricação de utensílios/eletrodomésticos.

Aqui, acrescenta-se o fato que o aumento da frota de veículos não produziu danos maiores à qualidade sonora do ambiente estudado, porque os veículos mais recentes são mais silenciosos e menos poluentes, uma vez que atendem às normas do PROCONVE - Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores do IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e dos Recursos Naturais Renováveis, vinculado ao Ministério do Meio Ambiente e da Amazônia Legal. Entretanto, o número de veículos com mais de 10 anos de uso, na área de estudo, é muito alto (constata-se visualmente), o que contrabalança esta vantagem.

No centro de Taguatinga, por exemplo, as intensidades sonoras sempre estiveram acima de 55 dB (A) (limite máximo recomendado, internacionalmente), conforme Tabela 22.

De acordo com as normas brasileiras (Resolução CONAMA 001/90 sobre Poluição Sonora e NBR 10152 da ABNT sobre Níveis de Ruído para Conforto Acústico) sempre estiveram acima dos 70 dB (A) estabelecidos como limite para vias públicas. Este componente de degradação do ambiente local parece ser uma tendência em quase todos os centros urbanos do mundo.

Segundo Zegras (Op.cit.) cerca de 100 milhões de pessoas nos países da OECD estão expostas a ruídos superiores a 65 dB(A), 10 a mais do que o máximo aceitável (55 dB(A)). Os efeitos dessa situação estão refletidos nos índices de doenças de origem nervosa e estados de estresse contínuo, sendo estes considerados como epidêmicos pela OMS. No Brasil, a Sociedade Brasileira da Otologia (1988) avaliou os índices de deficiência auditiva, examinando 60.263 pessoas em 25 Estados, e 63% delas apresentaram algum grau de perda auditiva. Os resultados foram atribuídos ao ruído de fundo do meio urbano e à automedicação.

Tabela 22 Evolução dos níveis de intensidades sonoras no centro de Taguatinga (MR: Decibelímetro Digital (IPT), Ref. dB(A) . Valores médios)

	1987(*)	1993	1996	1998
Intensidade Sonora dB(A)	69	78	84	86

(*) Fonte: Laudo Técnico COAMA/SEMATEC, GDF

5.2.3.2. Gás de cozinha e as emissões

Ao se sobrevoar uma cidade pode-se imaginar que cada indivíduo que ali habita, precisa se alimentar e, que os seus alimentos são preparados, em sua maioria, em fogões alimentados por gás liquefeito de petróleo (GLP). Mesmo nas favelas, a sua presença é certa (além do receptor de TV!).

O ser humano, com a criação das cidades, desenvolveu uma série de subsistemas de dependência crescentes e hoje quase não se apercebe disto. A utilização do GLP para a preparação de alimentos é uma dessas dependências quase que ignoradas. A menos que uma greve dos petroleiros ou dos distribuidores alterem a sua disponibilidade (como a que ocorreu em 1993, causando inúmeros transtornos), há uma aceitação tácita em não se tocar no assunto.

Entretanto, neste estudo, além dessa dependência perigosa e frágil da sociedade urbana, um outro aspecto se soma. A queima do gás de cozinha, composto principalmente por butano (C_4H_{10}), libera quantidades significativas de gás carbônico para a atmosfera.

A população estudada consome 1.329.440 botijões de GLP por ano! Considerando que a combustão da mistura de gases dos 13 kg do botijão doméstico produz em média 88 kg de CO_2 , tem-se uma emissão de 146.238,4 ton CO_2 /ano, o que requer uma área de 81.243,5 ha de áreas naturais para a sua absorção. Dividindo-se este valor pela população local, tem-se o requerimento individual para a demanda deste item de consumo, ou seja 0,11 ha/pessoa/ano.

5.2.4. A produção de resíduos

Como já foi visto, as áreas urbanas afetam o ambiente majoritariamente por meio de três vias: conversão de terras para uso urbano, consumo de recursos naturais e disposição de resíduos do seu metabolismo (WRI, 1997). À medida que a cidade se expande, as terras agrícolas e as florestas circunvizinhas são progressivamente transformadas para áreas ocupadas por estradas, prédios, casas, indústrias e todos os componentes da multifisionomia urbana. Nessas áreas o ser humano desenvolve atividades que requerem uma grande quantidade de recursos naturais, e como resultado do megametabolismo do sócioecossistema urbano, "excreta" resíduos

sólidos, líquidos e gasosos, em tal quantidade que logo supera a capacidade de assimilação dos ecossistemas locais.

A escala de consumo urbano e geração de resíduos varia dramaticamente de uma cidade para outra, dependendo de diversos fatores, dentre eles, o poder aquisitivo da população e seus padrões de consumo e o tamanho da população. Segundo o IWR (1997, p.57) o mais alto consumo e maior geração de resíduos tendem a ocorrer entre os grupos de melhor poder aquisitivo, portanto, cidades de países ricos tendem a contribuir de forma desproporcional para os problemas ambientais globais. Em contraste, o uso de recursos naturais e o nível de geração de resíduos *per capita* entre populações pobres tendem a ser baixos.

Para o WRI (1997, p.69/70) o crescente nível de consumo é uma característica das populações de áreas urbanas, que leva à geração copiosa de resíduos, principalmente sólidos. O impacto dessa poluição é experimentado, ambos localmente e a grande distâncias. Tais resíduos contaminam o ar, o solo e a água com nutrientes e produtos tóxicos, que por sua vez afetam a flora e a fauna. Todas essas ocorrências fazem parte dos processos que integram as alterações ambientais globais. O agravante é que a geração desses resíduos continua crescendo em todo o mundo, tanto em valores *per capita* quanto em termos absolutos.

Nos Estados Unidos em 1960 uma pessoa gerava 1,2 kg de resíduos por dia. Em 1995 passou a gerar 2,0 kg. Segundo Figueiredo (1994) esse aumento observado, além de inviabilizar economicamente a adoção de técnicas de aterragem, vem se apresentando como um problema ainda não equacionado naquele país. Mas, o exemplo mais contundente de aumento da geração de resíduos urbanos vem da China. O país mais populoso da Terra vem experimentando um crescimento econômico de 9% ao ano nas duas últimas décadas. Sem compromissos com o controle ambiental, aquele país se transformou no lugar mais poluído do globo. Suas cidades estão imersas em atmosferas densamente poluídas, seus rios recebem esgotos domésticos e industriais sem qualquer tratamento, bebe-se água contaminada (60% da população) e o lixo é acumulado na periferia das cidades formando montanhas inacreditáveis, ou simplesmente é atirado aos rios.

Os efeitos da entrada da China na sociedade de consumo estão produzindo prejuízos de 32 bilhões de dólares, cerca de 5% do seu PIB, só para as despesas médicas (1,7 milhões de casos de bronquite por ano; 178 mil mortes prematuras pela poluição atmosférica). A chuva ácida provoca prejuízos anuais à agricultura em torno de 2,8 bilhões de dólares.

O fenômeno do aumento de consumo também ocorre no Brasil e nos últimos anos mais intensamente devido a estabilização econômica do Plano Real (não se sabe até quando) e ao aumento do poder aquisitivo da população de baixa renda. Segundo a UNILIVRE (1997) a geração de lixo (1995-1996) em Belo Horizonte e Belém cresceu 20%, em Curitiba, 27%, em São Paulo, 12%. O Distrito Federal teve um aumento de 1,5% entre 1993 para 1994, e registrou um aumento de 25% no período de 1995 a 1996 (pico de consumo do Plano Real). Na área desse estudo a tendência não foi diferente (Tabela 23).

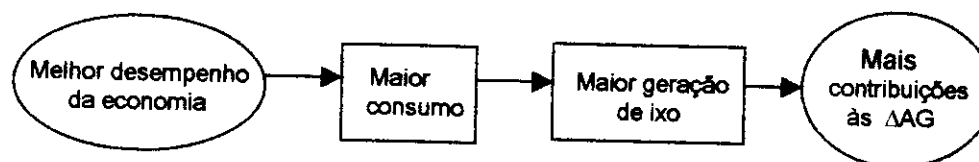
Tabela 23 Lixo coletado em Taguatinga, Ceilândia e Samambaia no período 1987-1997 (em toneladas por ano)

Ano	Taguatinga	Ceilândia	Samambaia	Total
1987	43.595	31.006	-	74.601
1988	41.438	39.758	-	81.196
1989	46.823	43.668	-	90.491
1990	58.285	48.574	-	106.859
1991	67.583	64.370	8.487 (*)	140.440
1992	82.452	57.329	12.600	152.381
1993	59.716	46.797	11.899	118.412
1994	53.387	43.449	10.586	107.422
1995	56.817	54.414	20.138	169.955
1996	71.818	83.146	29.992	184.956
1997	65.677	76.332	42.162	184.171

$\Sigma = 1.410.884$

Fonte: Assessoria de Planejamento do Serviço de Limpeza Urbana do Distrito Federal
 (*) início dos trabalhos de coleta em Samambaia, com a criação do Distrito.

Os resultados dessa coleta corroboram as assertivas do WRI e da UNILIVRE. Primeiro, porque a geração de resíduos é crescente – até mesmo pela expansão urbana e aumento da população –; segundo, porque o pico de consumo realmente ocorreu em 1996. Tem-se aqui, uma nítida intercorrelação entre o desempenho econômico de um país ou região, a produção de resíduos e as contribuições às alterações ambientais globais, que termina estabelecendo um dilema, e clarificando as impossibilidades do sistema de desenvolvimento vigente (Figura 12).



ΔAG: Alterações ambientais globais

Fig. 12 Dilema e insustentabilidade do modelo de “desenvolvimento”

Ainda há de se considerar que na área de estudo, apesar de haver coleta de lixo sistemática, e cobrindo toda a área, alguns moradores ainda despejam lixo nas vias públicas e em terrenos baldios. Obviamente estes valores não são computados. De qualquer forma, a produção de resíduos sólidos em Taguatinga, Ceilândia e Samambaia extrapolam o esperado, aproximando-se dos padrões de consumo de São Paulo, por exemplo. Outrossim, configura-se claramente a tendência mundial de crescimento contínua de geração de resíduos em áreas urbanas. A cidade de Samambaia quintuplicou a sua produção em apenas seis anos! Nesse mesmo período (1991 – 1997), Taguatinga e Ceilândia mantiveram um crescimento apenas discreto, reforçando a premissa que cidades novas em expansão urbana e populacional apresentam geração de resíduos exacerbada (Tabela 24).

Tab. 24 Comparação da geração de resíduos sólidos *per capita*

Cidades	kg. <i>per capita</i> / ano
Abidjan	200
Quito	281
Bangkok	321
São Paulo	352
Washington	1.246
Área de estudo	256

Fonte: WRI, 1997, p.70 (adaptado)

Considerando apenas o total de lixo produzido em 1997 na área de estudo (184.171 toneladas), tem-se uma emissão de 61.390 ton CO₂ / ano! (método DeCicco, et al. 1991) Adicione-se aí um montante equivalente de CH₄ (metano), pois segundo a EPA (1995), as emissões de gases provenientes de lixões são compostas por 50% de gás carbônico e 50% de metano, aproximadamente. Para absorver tais emissões são necessários 68.211 ha/ano de áreas naturais, ou 0,09 ha/pessoa/ano. Pensando em termos globais, levando-se em conta quantas cidades no mundo estão fazendo a mesma coisa e de forma crescente, tem-se uma idéia das dimensões do problema.

Alem do mais deve-se levar em conta que nos lixões ocorrem outros tipos de emissões de compostos químicos cujos efeitos ainda não foram avaliados e portanto, podem até ser indutores de mudanças ambientais globais. Dentre os compostos químicos considerados perigosos, que desprendem gases orgânicos quando colocados em lixões, a EPA destaca:

metil clorofórmio	1,1,2,2-tetracloroetano	etilideno dicloreto
vinilideno cloreto	etileno dicloreto	propileno dicloreto
acrilonitrilo	dissulfito carbônico	tetracloroeto de carbono
1,1,2-tricloroetano	sulfeto carbonil	clorobenzeno
etil cloreto	clorofórmio	cloroeto de metileno
etil benzeno	hexano	metil etil ketona (MEK)
metil isobutil ketona (MIBK)	Percloroetileno	tricloroetileno
cloroeto de vinil	xileno	benzeno
tolueno		

Na verdade, grande parte dos resíduos de natureza químico-sintética que compõem o lixo urbano, são lançados no mercado sem avaliações de ação sistêmica. Os órgãos de fiscalização e controle desses produtos não conseguem acompanhar a alucinante velocidade de lançamento de novos produtos em todo o mundo. Pesquisas para avaliações sistêmicas demandam tempo, e normalmente os empreendedores não esperam por isso. Dessa forma, as cidades estão imersas num oceano de produtos químicos cujas conseqüências de uso e disposição estão longe de serem avaliadas mais profundamente.

A composição do lixo no Distrito Federal foi estudada por Junqueira (1995). Segundo esse autor, 50% dos resíduos são formados de matéria orgânica, 15% de

papel, e o restante em composições variadas de plásticos (duro e fino), papelão, madeira, alumínio, latas e vidros (garrafas).

Desse material não orgânico, a maior parte dos resíduos está relacionada com embalagens (sabe-se que 60% dos plásticos utilizados em embalagens são Polietilenos, plásticos rígidos utilizados em embalagens de óleos lubrificantes, leite, filmes e outros; 11% são Poliestireno ou Styrofoam, utilizado em estofamentos, isolamento térmico etc; 10% são Polipropilenos, utilizados em fraldas descartáveis, embalagens de alimentos e outros) e compõem um grupo de materiais de alta persistência no ambiente, variando de 50 a 200 anos.

Gay (1992), considera que muitos desses produtos que compõem o lixo são perigosos para a saúde humana e para o meio ambiente, não apenas por causa das suas características físicas e químicas e destino final, mas pela quantidade e concentração e pelas formas impróprias de tratamento, armazenagem, transporte e uso.

Um agravante é que o número desses produtos químicos que entram no metabolismo dos socioecossistemas urbanos não param de crescer. Só nos Estados Unidos foram registrados na última década 60.000 novos produtos, sendo que os efeitos tóxicos da maioria não são realmente entendidos. Cerca de 10% têm sua venda restrita, retirada ou banida do mercado após estudos mais aprofundados. Muitas vezes esses produtos de efeitos sistêmicos desconhecidos são queimados nos lixões, liberando gases tóxicos para a atmosfera - o que ocorre com a queima de plásticos, partes de computadores, medicamentos e uma grande variedade de embalagens à base de produtos petroquímicos, com destaque para as embalagens de pesticidas, herbicidas e outros biocidas que liberam dioxina (carcinogênica e teratogênica).

Os compostos à base de cloro também integram os lixões, provenientes de solventes utilizados para diversos fins (como fluidos de limpeza - tricloroetano; desengordurantes - tetracloreto de carbono), como integrantes de equipamentos elétricos (PCBs - bifenil policlorados, carcinogênico, utilizado como isolante em instrumentos elétricos e como fluido hidráulico). Contam ainda com fibras de asbestos, pequenas quantidades de mercúrio, chumbo, cobre, níquel e zinco.

O problema de geração e disposição de resíduos nos socioecossistemas urbanos ainda está longe de ser resolvido. Para a maioria desses ecossistemas ainda está longe até mesmo o seu equacionamento. Enquanto isso, o consumo mundial aumenta e um número cada vez maior de cidades - que também aumenta - produz quantidades crescentes de resíduos. É um fenômeno global, cujas conseqüências sistêmicas não estão sendo avaliadas na intensidade e profundidade que a sua importância requer.

Por outro lado, essa situação tem gerado episódios que mesclam a falta de ética com a crueldade. Nações ricas enviam seus resíduos tóxicos para Nações pobres. O caso mais escabroso se deu entre a França e Benin. Foi feito um acordo para Benin importar lixo radioativo e industrial da França, em troca de financiamento de 1,6 milhões de dólares e "assistência" econômica durante 30 anos! O próprio Brasil já se viu às voltas com a importação de resíduos tóxicos dos Estados Unidos para áreas de Pernambuco, nos anos 80. A importação ainda ocorre, agora disfarçada de importação de carcaças de baterias e de pneus usados (UNESCO, 1981). Este tipo de "comércio"

ainda existe, de forma clandestina, em muitos países pobres, sob o manto da corrupção e do egoísmo.

5.2.5. Impactos do consumo de eletricidade

O filme "O efeito dominó" (*The trigger effect*, Dirigido por David Koepp, EUA, 1996) mostra os efeitos de um blecaute em um subúrbio de uma cidade na Califórnia. Um casal entra em desespero quando precisa encontrar urgentemente um medicamento para dar ao seu bebê que está com uma grave infecção. Paralelamente, mostra a progressiva e gradual decadência da ordem social da cidade à medida que as horas vão se passando e o fornecimento de energia elétrica não é restabelecido. Medo, pânico, fome, desordem, mudanças comportamentais, violência e crime integram um espectro de conflitos de toda ordem. A Região Centro-Sul do Brasil viveu momentos dessa natureza durante o "apagão", blecaute ocorrido em março de 1999.

Situações semelhantes a estas já foram experimentadas por inúmeras pessoas em diversas cidades ao redor do mundo. Elas demonstram a perigosa e pouco percebida relação de dependência da eletricidade que a sociedade humana estabeleceu para o funcionamento dos centros urbanos. Ao lado desta falta de percepção, adicionam-se diariamente novos instrumentos de consumo, criando novas dependências. Ao mesmo tempo, mantêm-se padrões de consumo elevados e uma grande margem de desperdício. A energia elétrica é vista como algo em disponibilidade infinita e praticamente sem custos ambientais, e raramente fazem parte das preocupações das pessoas. O reflexo disto é que o Brasil desperdiça 17% da energia elétrica produzida, segundo o PROCEL (Programa de Conservação de Energia Elétrica, Ministério da Indústria e do Comércio).

No setor industrial a perda chega a 25% da energia consumida. Além disso, o País perde 5 bilhões de dólares anualmente devido a equipamentos obsoletos, máquinas desreguladas, banhos demorados e luzes acesas desnecessariamente. Adicione-se ainda a esse repertório alguns componentes culturais que intensificam o consumo, como o uso de chuveiro elétrico - exclusividade brasileira -, equipamento altamente dispendioso (o PROCEL estima que o Governo tem que investir cerca de US\$ 8.000,00 para atender cada chuveiro elétrico instalado!), ou a TV ligada sem telespectadores por perto, geladeiras abertas por muito tempo e outros muitos exemplos.

Na verdade, a conta de energia elétrica no Brasil ainda é acessível. No Distrito Federal 1 kWh custa apenas R\$ 0,15319. Uma casa com um consumo médio mensal de 280 kWh pagará em torno de R\$40,00, ou seja, R\$1,3 por dia para movimentar a sua incrível e complexa parafernália eletrodoméstica.

A despeito de todas as dificuldades enfrentadas pelo País, o consumo de energia elétrica continua crescendo a estonteantes 3.5% ao ano nos últimos dois anos. Isto significa que se não houver um programa de novos investimentos no setor elétrico (acompanhado de medidas de conservação de energia e do desenvolvimento de formas alternativas de energia), o Brasil passará pelos vexames de um racionamento. O curioso é que os recursos do Sistema Financeiro Internacional destinados a este setor só respondem por 10% das necessidades do País.

Acompanhando esta tendência, o consumo de energia elétrica na região deste estudo apresentou o seguinte quadro evolutivo (Tabela 25):

Tabela 25 Consumo de energia elétrica na área de estudo (MWatt/h)

	1980	1985	1990	1995	1997
Taguatinga	83.933	110.065	191.726	265.806	306.459
Ceilândia	60.103	86.757	247.334	311.331	335.120

$\Sigma = 738.030$

Fonte: Companhia Energética de Brasília, Área de Mercado, GESP/DT.

(*) dado de 1989, ano em que teve início a medida de consumo da Samambaia

Conforme foi descrito neste trabalho, a cidade de Ceilândia surgiu após a cidade de Taguatinga. Atualmente ela encerra 50% dos consumidores do Distrito Federal, conforme a Associação do Comércio de Brasília (razão pela qual existe uma grande concentração de construção de centros de compras no local) e isto ficou registrado no aumento do seu consumo de energia elétrica, já superior ao de Taguatinga.

O crescimento de consumo da Samambaia é sintomático. Ele expressa a tendência geral quando da expansão de ecossistemas urbanos, fenômeno em andamento na maior parte das cidades do mundo. Neste caso específico, em menos de uma década registrou-se um aumento de 2.090 %. Tais valores são a expressão viva do drama da insustentabilidade das atividades humanas, situadas em patamares de expansão que desafiam a resiliência da Terra e a inventividade humana.

A análise destas tendências ganhou um novo instrumento de avaliação introduzido por DeCicco et al. (1991; p.127). Trabalhando com um grupo de cientistas para o Conselho Americano para uma Economia com Eficiência Energética (*American Council for na Energy-Efficient Economy*) desenvolveu uma "dieta" de CO₂ para a sociedade reduzir o aquecimento global, por meio de uma série de atitudes individuais no cotidiano doméstico. Afim de quantificar tais ações, foram estabelecidos vários fatores de conversão, dentre eles, o que estabelece uma relação entre o consumo de energia elétrica (hWh) e a emissão de CO₂ (libras), ou seja, 1,5 lb / kWh. Baseando-se nesta relação, tem-se que para atender o consumo de energia elétrica da população da área de estudo (738.030 mWh) emite-se cerca de 502.147 ton CO₂/ano, que requer uma área de 278.970,5 ha/ano para ser absorvido (ou seja, cada habitante se apodera de 0,38 ha/p/ano para atender o seu consumo de eletricidade).

Além do mais, o provimento de energia elétrica no Brasil é oriundo, em sua maioria, de usinas hidrelétricas. Logo, o consumo de eletricidade termina contribuindo também para o estabelecimento de impactos ambientais negativos gerados pela instalação, operação e manutenção daquelas usinas. Os efeitos danosos mais conhecidos – considerando que muitos deles estão em curso, porém desconhecidos

ainda -, incluem: impedimento à migração de peixes, modificação do teor de oxigênio dissolvido na água (pelo longo tempo de permanência da água nos reservatórios = anoxia nas camadas mais profundas), proliferação de macrófitas aquáticas, aumento do teor de nutrientes sólidos, materiais flutuantes e húmicos (decomposição dos vegetais submersos com a conseqüente produção de gás sulfídrico e amônia), diminuição do transporte de sedimentos à jusante, alterações na cor da água e no regime fluvial, mortandade de organismos aquáticos, alterações na paisagem natural, instabilidade das margens (por causa da oscilação sazonal), desflorestamentos, surgimento de doenças e pragas, drástica redução no estoque pesqueiro nativo, além dos impactos biopsíquicos e sócio-culturais impostos aos povos ribeirinhos e indígenas, desfigurando os seus modos de vida, os seus recursos e a sua qualidade de vida (Dias, 1998, p.205).

Na maioria das vezes, aquele(a) cidadão(a) confortavelmente instalado(a) no seu escritório ou em sua residência, não nutre a menor idéia das conseqüências dos seus hábitos de consumo (e nem o próprio sistema de educação lhe estimula a fazer tais exercícios de reflexão, análise, crítica e autocrítica). A cidade tem esse poder de envolver as pessoas numa falsa atmosfera de independência.

5.2.6. Impactos do consumo de água

A água é um fator limitante vital para as espécies que vivem na Terra. A espécie humana, mesmo com o seu progresso científico e tecnológico, não consegue viver sem esse serviço ecossistêmico. Todavia, a despeito desta dependência umbilical, e de outras dependências desses serviços, como já foi visto, parece não se aperceber dessa sua dependência.

A aparente abundância de água na natureza talvez justifique, em parte, a negligência histórica dos seres humanos nas suas relações com os recursos hídricos.

É conhecido que não existe tanta água potável disponível para a espécie humana como a paisagem parece mostrar. Da água existente na Terra (1.370.000.000 km³), 97% estão nos mares (1.320.000.000 km³). De água doce tem-se apenas 3%. Destes 3%, 76% estão sobre a forma de gelo polar, portanto, indisponíveis. Logo, como água potável restam apenas 0,03% do total de água do Planeta (sendo a maioria na forma de águas subterrâneas: 8.850.000 km³; e apenas 125.000 km³ em lagos e rios) (Kulke, 1998). Esta minúscula parcela, dada a sua importância para a sobrevivência dos seres humanos, deveria receber todas as suas atenções e cuidados. Mas não é isto o que se observa, como é sabido, pois esta minúscula parcela restante sofre todo o tipo de agressões. Quando uma espécie negligencia os seus recursos vitais, tem-se caracterizada uma perigosa crise de percepção.

Como resultado, há escassez de água potável no mundo. Cerca de 1,3 bilhões de pessoas não tem acesso à água potável, e a sua ausência causa mais mortes na infância do que qualquer doença (WRI, 1997). A demanda continua crescendo junto com o crescimento econômico e com o aumento da população. De 1940 a 1990 a demanda cresceu quatro vezes (aumento na irrigação, consumo industrial e doméstico; Shiklomanov, 1993). Ao mesmo tempo, cresceu a degradação das águas por todo o tipo de poluição e a degradação das suas fontes por diversas pressões do crescimento das atividades humanas, decrescendo efetivamente a

disponibilidade de água potável. Para complicar mais ainda, os recursos hídricos são distribuídos de forma irregular na Terra (Tabela 26) e são previstos conflitos por causa desse recurso nos próximos decênios.

Tais conflitos já estão na ordem do dia da política internacional, com muitos conflitos fronteiriços. A Síria já colocou até tropas na fronteira com a Turquia para impedir que o vizinho utilize as suas reservas de água. Na fronteira de Israel a situação é semelhante (sua política de colonização é controversa também por causa do abastecimento de água). No Cairo o governo ameaça iniciar uma guerra, caso as Nações do curso superior do Nilo levem adiante o plano de construir uma barragem. No Sudeste da Ásia o Laos está em conflito com a Tailândia pela intenção deste em represar o Mekong (drenaria o Laos). Estão também em conflito a Mauritânia e o Senegal, a Eslováquia e a Hungria. A perspectiva é de que esses conflitos cresçam em todo o mundo. No Distrito Federal a situação poderá se tornar grave. Um crescimento populacional ainda exagerado, aliado a padrões de consumo que demandam volumes crescentes de água e à pressão sobre os recursos hídricos (desflorestamentos operados pela expansão das atividades agropecuárias intensivas e pela urbanização) configuram os elementos essenciais para o esgotamento desse recurso.

Tabela 26 Total de recursos de água disponíveis em alguns países (km³)

País	Total de água em reservas (km ³)
Alemanha	171,0
Arábia Saudita	4,6
Brasil	6.950,0
Canadá	2.901,0
China	2.800,0
Espanha	111,3
Estados Unidos	2.478,0
França	198,0
Índia	2.085,0
Israel	2,2
Kwait	0,2
Reino Unido	71,0
Rússia	4.498,0
Suiça	50,0
Suriname	200,0

Fonte: WRI, 1997, p.306-7.

O Brasil é um País privilegiado em termos de disponibilidade de água. Dispõem de 12% das reservas de água do mundo.

O total de água disponível por Nação não representa um índice que demonstre a sua condição de abastecimento. Esta condição aparece quando tem-se a disponibilidade relativa, ou seja, a disponibilidade em função da sua população. Aqui, revelam-se as situações dramáticas de muitos países, dando formas a um esboço do

que será a questão da água, em pouco tempo transformada em assunto de segurança alimentar. Muitos países de economia poderosa são vulneráveis nesse ponto, conforme pode-se depreender da tabela 27 a seguir.

Tabela 27 Disponibilidade de água por habitantes em alguns países

País	Disponibilidade de água (m ³ /pessoa)
Alemanha	2.096
Arábia Saudita	254
Brasil	42.957
Canadá	98.462
China	2.992
Espanha	2.809
Estados Unidos	9.413
França	3.415
Índia	2.228
Israel	382
Kuwait	103
Reino Unido	1.219
Rússia	30.599
Suíça	6.943
Suriname	472.813

Fonte: WRI, 1997 p.306-7.

Essa situação fez com que a partir de 1990 fosse introduzido o conceito de *índice de estresse de água* (water stress index) que expressa os recursos renováveis de água anuais por pessoa, disponíveis para a agricultura, indústria e uso doméstico (Falkenmark e Widstrand, 1992). A disponibilidade de menos de 1000 m³/pessoa/ano foi tomada como o limite abaixo do qual as nações experimentam escassez crônica de água em uma escala suficiente para impedir o desenvolvimento e causar danos à saúde humana. Por esta medida, 20 países já sofrem de escassez crônica de água, dentre eles, a Argélia, Israel, Jordânia, Quênia, Kuwait, Malta, Singapura, Tunísia, Emirados Árabes e Iêmen.

Esse índice está sendo utilizado para projetar a situação da água potável para o mundo. Segundo projeções de Engelman e LeRoy (1993), o número de pessoas que vai viver sob escassez crônica de água subirá de 132 milhões (1990), para 653 a 904 milhões (projeções de baixo e alto crescimento populacional) em 2025. Em 2050 a projeção indica que 1,06 bilhões a 2,43 bilhões de pessoas viverão sob tais condições.

Somente decisões políticas realistas e eficientes, não apenas voltadas para o gerenciamento dos recursos hídricos, mas também de educação ambiental, poderão afastar a humanidade dessa prospectiva nefasta. Os ingredientes dessa mistura explosiva já estão configurados pelo aumento da demanda e redução da oferta.

A tendência global de aumento de consumo, como era esperado, foi também encontrada na área de estudo (Tabela 28).

Tabela 28 Consumo anual de água na área de estudo (x1000m³)

	1989	1990	1991	1993	1997
Taguatinga	16.287	17.009	15.401	15.507	19.226
Ceilândia	19.550	19.696	19.566	19.644	25.399
Samambaia	-	780	5.362	6.865	10.525

Fonte: Superintendência de Operação e Tratamento de Sistema de Água
Caesb

$\Sigma = 55.150$

Depreende-se que a tendência de aumento de consumo é generalizada, mesmo nas cidades já estabelecidas há mais tempo, como é o caso de Taguatinga. O surgimento da Samambaia a partir de 1989, terminou impondo, em menos de uma década, uma sobrecarga de dez milhões de metros cúbicos ao sistema de abastecimento local, forçando novos investimentos, ampliações e novas captações, ampliando portanto a configuração de impactos sobre o ambiente natural.

Grande parte das alterações ambientais globais induzidas pelas dimensões humanas, ocorrem de formas indiretas, e este é o caso do consumo de água. A captação, o armazenamento, o tratamento, a distribuição e a manutenção de todo o sistema envolve investimentos financeiros colossais, acompanhados em sua magnitude de criação de pressão sobre os recursos naturais. Esta pressão vai desde o barramento, com suas influências sobre áreas naturais, curso dos rios, sua biota e as populações ribeirinhas, conforme visto em item anterior, até o consumo de combustíveis fósseis, eletricidade, materiais para escritório e construção e outros afins, necessários para sustentar a operação do sistema. Considerando-se que este processo é comum à maior parte das cidades do mundo, tem-se uma idéia da contribuição que este sistema acrescenta às alterações ambientais globais.

A espécie humana é a recordista na aceleração do metabolismo da água no planeta. Nenhuma outra espécie apresenta requerimentos de água tão altos quanto ela. Neste estudo, cada habitante consome **580 l/dia!** Nem um elefante, com aquela massa corporal dezenas de vezes superior à humana, utiliza esta quantidade.

Para atender a demanda exagerada da área de estudo (55.150.000 m³/ano), a sua população se apropria de 35,46% da produção total da Barragem do Descoberto (155.520.000 m³/ano). Considerando a área da bacia de captação (444 km²), tem-se que ela exige **15.744 ha** de área natural ou **0,02 ha/pessoa/ano** de área natural para atender somente as suas necessidades de água potável. Se as outras espécies animais tivessem requerimentos sequer próximos destes, a água disponível no planeta seria insuficiente para manter a biodiversidade como a concebemos.

Um fator agravante é que se deve acrescentar a esses requerimentos de água para a higiene, indústria, comércio, alimentação (principalmente produção de

came, como será visto adiante), lazer e manutenção, o expressivo volume que é desperdiçado (cerca de 30% da água tratada!). Adicionem-se ainda as perdas na rede física, por vazamentos e outros, que chegam a 28% (Gonçalves, 1998).

A forma como uma comunidade trata os seus recursos hídricos é um espelho da sua consciência ambiental e da competência e comprometimento da sua administração. Sob esse ponto de vista, a administração do Distrito Federal da década de 90, em relação aos recursos hídricos foi catastrófica: a Bacia da Barragem do Descoberto, a que abastece 60% de sua população, em vez de receber todos os cuidados de proteção dos seus mananciais, foi invadida por assentamentos humanos. Agora, a cidade de Águas Lindas, sem infra-estrutura, despeja naquela bacia os esgotos dos seus 130 mil habitantes que ali chegaram em menos de sete anos!

Este episódio demonstra, como outros casos espalhados pelo mundo, o que ocorre com os recursos naturais de uma dada região, e especificamente com os seus recursos hídricos, quando há uma expansão urbana explosiva, impulsionada por pressões poderosas, cujas tensões são originadas por fatores diversos e em regiões diversas. Neste caso, tem-se uma histórica migração rural-urbana cujas raízes são bem conhecidas e estudadas: a estrutura fundiária rural. O que vem a seguir, são conseqüências, mescladas com contexto econômico desfavorável e políticas sociais desastradas.

Fica uma grande indagação: se até mesmo um recurso ambiental vital como a água está ameaçado, o que esperar para os demais?

5.2.7. Impactos do consumo de madeira e de papel

Dentre os diversos produtos importados para o consumo nas cidades, a madeira é certamente um dos mais significativos, não apenas em termos quantitativos, mas em termos da extensa teia de impactos gerados e agregados ao seu consumo.

Milhares de áreas nativas além das fronteiras da cidade são destruídas para que aquele produto chegue ao comércio local. Dezenas de impactos ambientais negativos são gerados por essa atividade, devido a forma predatória como as madeiras são extraídas. Em cada peça de madeira que chega à cidade, ali vão imbutidas ações que contribuíram e estão contribuindo para a perda da biodiversidade, ameaças à diversidade cultural (inclusive sítios arqueológicos e a nefasta aculturação e dizimação dos povos indígenas), perda da cobertura vegetal (e possíveis contribuições às alterações microclimáticas locais e climáticas globais), erosão e empobrecimento dos solos, assoreamento dos rios e danos à vida aquática, inundações, doenças, estabelecimento de monoculturas... (essa lista de possíveis interações é infindável e termina se comunicando com toda a ecosfera).

Não que se condene o uso de madeiras, mas a forma como ela é obtida. Em sua maioria, explora-se sem replantio, sem manejo (ou um plano de manejo fictício, existente apenas no papel para cumprir exigências burocráticas), sem respeito à capacidade de regeneração dos ecossistemas e à condição de ameaça de extinção de muitas espécies da flora e da fauna. Estabelece-se uma relação exclusiva de predação.

O comércio de madeiras hoje no mundo é representado por *lobbies* poderosos em todos os países, capazes de eleger políticos "renomados" que vão defender os interesses daqueles grupos nos seus parlamentos, criando legislações truncadas e enfraquecendo as existentes, exercendo influências sobre políticas para o setor, apoiando programas particulares e enfraquecendo a ação dos grupos ambientalistas. Por estas e outras razões os cientistas políticos já acreditam na caducidade da democracia praticada nos moldes atuais, incapaz de responder à complexidade da sociedade, a despeito da sua importância histórica.

Tem-se encontrado diversas formas de burlar as Leis ambientais e poucas formas de serem cumpridas. Com isto, testemunha-se a drástica redução dos estoques naturais do mundo, como já foi visto.

É óbvio que a exploração de madeira existe porque existe um mercado consumidor, que geralmente não questiona a fonte dos produtos que consome nem os impactos que eles geram (mesmo que tais impactos venham a significar ameaças à sua sustentabilidade).

Na área deste estudo a situação encontrada não foi diferente das demais cidades do mundo. As madeiras estão lá, as movelarias e todo o aparato paralelo de negociação de produtos madeireiros. A fiscalização é inoperante, dentre outros fatores, pela carência de pessoal e pela deficiência de sua formação, pelos poucos recursos destinados a tal atividade, e por uma omissão histórica dos meios de comunicação e da própria população, que em última instância, será a mais prejudicada. Por outro lado, à exceção da indústria de celulose que já encontrou formas adequadas de abastecimento da sua demanda através do reflorestamento para corte programado, não existe alguma evidência de preocupação pelos comerciantes da área em promover formas de reaproveitamento ou reciclagem de móveis. A verdade é que são encontrados no lixo, madeiras trabalhadas plenamente reaproveitáveis. Por outro lado, a durabilidade dos móveis tem sido reduzida drasticamente, pela opinião dos próprios vendedores. Acreditam que são formas de caducidade programada para induzir novos consumos prematuramente.

Nas 32 madeiras visitadas na área deste estudo revelou-se que a maior parte das madeiras vêm do Estado do Pará, seguidos do Maranhão e Mato Grosso e algumas de Rondônia. Ou seja, o consumo majoritário se dá às custas da destruição da floresta amazônica uma vez que aquelas áreas integram a Amazônia Legal. As árvores predominantes são Ipê, Maçaranduba, Angelin, Mogno, Cedro e Muiracatiara. São oferecidas na forma de assoalhos, portas, portais, rodapés, forros, lambris, compensados, madeirite, esquadrias, vigamentos, tábuas em geral, pranchas, madeiras "bruta e aparelhada" e outras.

Só na região estudada as 32 madeiras vendem cerca de 2.400 m³ por mês, ou 28.800 m³ por ano! Isto equivale a 96 carretas por mês (média de 25 m³ por carreta) ou 1.152 carretas por ano!

Considerando que a produtividade média das florestas tropicais é de 2,3 m³/ha/ano (Wackernagel e Rees, 1996, p.81), tem-se que só para manter o consumo das três cidades estudadas da área deste estudo, são destruídos 12.521 ha/ano! Dividindo-se este valor pelo total da população (738.578 habitantes) tem-se que cada pessoa requer de área natural para atender o seu consumo 0,017 ha/ano.

Essa destruição, por seu turno, além de causar os prejuízos acima descritos, ainda contribui para o efeito estufa e para as alterações climáticas globais. É que cada hectare de floresta tropical pode absorver cerca de 1,8 tonelada de carbono (Wackemagel e Rees, 1996, p.73). Como foram destruídos 12.521 ha/ano, cerca de 22.537 ton C deixam de ser absorvidas pela floresta derrubada e são acumuladas na atmosfera, contribuindo para a retenção de calor e conseqüentemente para o efeito estufa.

Saliente-se que para estas estimativas não foram consideradas uma variedade de usos da madeira, cuja determinação seria demasiadamente complexa. Incluem-se neste grupo a utilização da madeira como combustível (lenha para fogões, fabricação de carvão - se bem que aqui a madeira utilizada é proveniente de áreas de reflorestamento, mas termina significando a ocupação de áreas para essa finalidade), carroçarias, estaqueamentos e móveis em geral, espalhados pelas 112 movelarias do comércio local.

Um fato curioso é a falta de percepção dos consumidores sobre o assunto. Questionados sobre a origem da madeira ou dos móveis que estavam comprando, deixaram claro um misto de ignorância conveniente com omissão disfarçada, uma curiosa mescla de cumplicidade, culpa e abstração (Quadro 4).

Quadro 4 Avaliação da percepção do consumidor de madeira

	Consumidores em madeireiras	Consumidores em movelarias
Conhecem a origem da madeira	27 %	5 %
Conhecem os danos ambientais	78 %	23 %

N = 100

O consumo da madeira bruta parece deixar as pessoas mais próximas da sua identidade, enquanto que a madeira já trabalhada, envernizada e adornada na forma de móveis, parece se transformar em um produto mais afastado da sua condição natural, como se fosse algo fabricado em unidades industriais independentes dos recursos naturais.

Outro aspecto relevante é a resistência do mercado em aceitar novas espécies de madeiras como produtos confiáveis. Nesse sentido o IBAMA por meio do seu Laboratório de Pesquisas em Produtos Madeireiros tem oferecido ao mercado nacional e internacional, resultados de pesquisas que demonstram o grande potencial de dezenas de espécies nativas adequadas ao manejo florestal, ou seja, de rápido crescimento e de especificações técnicas adequadas ao consumo. A utilização dessas espécies poderia livrar outras da predação e riscos de extinção, como é o caso do mogno e da castanheira. O mogno leva cerca de 50 anos para atingir o "ponto e corte", e não se conhecem plantios de mogno!

Apenas o setor de papel e celulose entendeu essas novas possibilidades. Este setor, na última década, alcançou aperfeiçoamentos notáveis no seu relacionamento com os recursos naturais. Acusada de ser uma indústria poluidora e devastadora de áreas ambientais, investiu em pesquisas de melhoramento de espécies e encontrou nas plantações manejadas de eucalipto (*Eucalyptus urograndis*), formas eficientes de deixar as florestas nativas em paz. Antes, eram necessários 100 anos de produtividade de floresta amazônica para produzir 300m³ de madeira. Este mesmo volume agora é produzido entre 7 e 10 anos. É obvio que a utilização de espécies exóticas não se faz sem controvérsias. Acusado de reduzir a disponibilidade de água no solo e de formar "florestas mortas", ou seja, quase sem fauna, essas plantações em monoculturas estão longe de ser uma unanimidade. A reciclagem e o reaproveitamento também reduziram substancialmente o impacto ambiental dessas atividades. Entretanto, está no excessivo crescimento do consumo, e no desperdício de papel os problemas desta área (além daqueles causados pelos efluentes líquidos e gasosos gerados nas plantas industriais).

O consumo mundial de papel não pára de crescer e as novas tecnologias têm produzido pressões crescentes de demanda (Tabela 29), a exemplo do advento das impressoras e outros. Nesse mercado mundial o Brasil é o 7º produtor de celulose e o 12º de papel. Abriga 220 empresas em 16 estados (Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel - ABTCP).

Tabela 29 Consumo de papel no mundo

Pais	Consumo <i>per/capita</i> (kg/ano)
Estados Unidos	317,0
Canadá	247,0
Brasil	51,0 (*)
Índia	2,0
Média mundial	44,0

Fontes: (*) Aracruz Celulose, CC (1997)
Wackernagel e Rees (1996, p.85)

Só esse componente já é suficiente para destacar as extremas diferenças de apropriação dos recursos naturais feita pelas nações, para sustentar os seus terametabolismos (Tera=10¹²). Um americano consome cerca de oito vezes mais papel que um brasileiro. Nada mais natural que para manter aqueles níveis dos países ricos, mais áreas naturais ou de produção de alimentos nos países pobres sejam convertidas para plantações de eucaliptus ou afins.

Na área de estudo, o consumo de papel foi de 37.667,4 ton/ano, o que equivale a 67.801,4 m³ de madeira/ano. Para sustentar esse consumo aquela população ocupa uma área de 29.478,9 ha/ano, o que dá 0,04 ha/pessoa/ano (um canadense ocupa 0,19, um número 4.7 vezes maior, para se ter uma idéia).

O consumo de produtos madeireiros pela população urbana é apenas um dos exemplos dos tantos que existem dentro do metabolismo dos socioecossistemas urbanos, que de forma semelhante, contribuem para as alterações ambientais globais e

portanto produzem impactos negativos sobre a biosfera, notadamente sobre ecossistemas localizados distantes da área de consumo, e que certamente por esta razão não são incluídos no rol das preocupações da sociedade.

5.2.8. Impactos do consumo de carne bovina

É um componente do megametabolismo urbano, relativamente fácil de ser quantificado, e que contribui de forma expressiva e variada para as alterações ambientais globais. Integra os elementos de consumo que entram no ecossistema urbano, significando a apropriação e importação da produtividade de outras regiões.

Segundo o Sindicato do Comércio Varejista de Carnes Frescas do Distrito Federal, o consumo local tem uma média de 28 kg/pessoa/ano. Isto significa que somente para atender as cidades de Taguatinga, Ceilândia e Samambaia que formam a área deste estudo, são consumidos **20.680 ton/ano!** Considerando que cada boi mede 230 kg (apenas a carne comercializada nos pontos de vendas), aquela população consome anualmente 89.913 bois! Considerando que na área de cerrado são necessários quatro hectares para "criar" um boi (4 ha/boi), aquela população precisa de **359.655 ha** de áreas naturais apenas para atender ao seu consumo anual de carne bovina (isto significa que cada pessoa se apodera de **0,48 ha**), ou seja **26 vezes** o tamanho da sua própria área (13.638 ha). Ainda, se se considera que para produzir 1kg de carne bovina são necessários 4 mil litros de água (Kulke, 1998, p.39), aquela população utiliza **82.720.000 m³** de água adicionais, para obter a sua carne bovina. Isto significa que são necessários mais **0,03 ha/pessoa/ano** de áreas naturais para manter o seu consumo de carne bovina.

Na verdade, a carne bovina como componente da dieta dos humanos constitui um dos setores mais poderosos de pressão sobre os recursos ambientais. Ele responde pela maior parte da transformação de uso do solo junta com a agricultura. A *pata do boi* tem ocupado áreas crescentes em todo o mundo, substituindo áreas naturais, arrastando em seu espectro o desflorestamento e todas as suas conseqüências (já vistas neste trabalho).

Adicione-se a intensa produção de metano, liberado para a atmosfera (desde as atividades de pastejo até a queima do carvão na preparação dos churrascos; item 4.1.3.1.), e os prejuízos causados pela compactação do solo na área de pastejo (a compactação reduz a porosidade e conseqüentemente o arejamento, prejudicando a ação dos microorganismos que dão vida ao solo).

Adicione-se ainda a este espectro, as atividades dos matadouros e frigoríficos que invariavelmente despejam os seus resíduos *in natura* nos corpos d'água. Tais resíduos ricos em materiais orgânicos, requerem alta demanda bioquímica de oxigênio para a sua degradação, o que significa redução do O₂ dissolvido, prejudicando a biota aquática e todo o seu equilíbrio ecológico. Além disso, veicula uma variedade de agentes patogênicos que vão disseminar várias doenças, bem como comprometer a potabilidade desse recurso.

Essa forma de produção de proteínas para o consumo humano precisa ser reavaliada. Até o presente ela tem sido viável graças à degradação do capital natural,

ou seja, sem que se leve em conta as externalidades. Caso sejam incluídos os custos ambientais nessa atividade, ela se tornará praticamente inviável nos moldes concebidos hoje. A discussão da eficiência energética desse setor já se arrasta por várias décadas (iniciada por MacFadyen em 1964; demonstrou que o gado que cresce em campos de grama, consome somente 1/7 da produção primária total). Phillipson, em seu estudo clássico de ecologia energética (1977) contestou os métodos tradicionais de produção de alimentos, e salientou que para o ser humano fazer o uso máximo da energia solar acumulada pelas plantas (na forma de compostos orgânicos complexos), deveria tornar-se predominantemente herbívoro.

Parcelas enormes da superfície da Terra são ocupadas por esta atividade de baixa produtividade. Tem-se buscado aumentar essa produtividade por meio do aperfeiçoamento genético de linhagens mais produtivas, rações especiais e até mesmo o confinamento. Neste caso, há apenas uma transferência de impactos, isto é, livram-se as áreas naturais do pastejo mas as ocupam para a produção de grãos, particularmente soja, produto principal para a ração. Por outro lado, a inadequação de manejo nesta área já forneceu inúmeros exemplos de degradação ambiental, principalmente no Centro-Oeste brasileiro onde extensas áreas estão em pleno processo de areificação.

Outro aspecto da questão do consumo de carne bovina, refere-se às acusações que este tipo de alimento vem sofrendo. Segundo a bancada de juizes reunida no 17º Congresso Mundial de Câncer (Rio de Janeiro, agosto, 1998), só o cigarro pode ser mais perigoso do que a carne vermelha. Os cancerologistas agora atribuem ao consumo da carne vermelha, 35% das mortes por câncer. Segundo Burgierman e Maia (1998) nos anos 90 a preocupação era com os males da gordura animal para o coração (aumento da taxa de colesterol, um entupidor de artérias). Até 1990 apenas o câncer no intestino, o terceiro que mais mata no mundo, havia sido associado ao consumo de carne vermelha. Mas apareceram em seguida os da boca, faringe, seios, próstata e do estômago, o recordista de mortes no País. O segredo destes casos está associado à absorção exagerada de hidrogênio no estômago do consumidor, por *dessulfovibrio* (bactérias que combinam o enxofre e o hidrogênio para obter energia, e nesse processo liberam o dióxido de enxofre, que é cancerígeno). O alcatrão contido na fumaça do churrasco e o próprio sal (combina com a N-nitrosamida e se transforma numa toxina cancerígena) estão na lista dos agentes causadores de problemas. O Instituto Nacional de Câncer prevê a morte de 13.200 brasileiros em 1998 por estas razões.

Tudo indica que boa parte dos humanos já percebeu esta situação. Na Inglaterra 46% dos consumidores cortaram a carne vermelha e nos Estados Unidos o consumo de vegetais cresceu 20% desde 1973. Na Europa o consumo de carne bovina decresceu 20% e 7% nos Estados Unidos. Em contrapartida o consumo de carnes brancas cresceu 20% na Europa e 40% nos Estados Unidos. No Brasil este aumento foi de 100% (em seu incitante ensaio sobre a sustentabilidade, Viola (1995) sugere que em 2050 a dieta do brasileiro será predominantemente vegetariana). Em decorrência, os preços internacionais da carne bovina despencaram e o consumo nos países pobres aumentou (em média 40%)! Por outro lado, a carne bovina ganhou adeptos no Oriente. Na Coréia do Sul e no Japão, os casos extremos, o consumo dobrou em dez anos. Esta imitação retardatária dos hábitos ocidentais está ceifando a vida de muitas pessoas. Os cânceres do sistema digestivo, antes quase inexistentes, estão surgindo com alta frequência.

Os especialistas em reeducação alimentar recomendam uma dieta variada com alimentos que contenham, de forma balanceada, proteínas, gorduras, calorias, vitaminas, sais minerais e fibras. O nome de vegetarianos famosos, em fases tão distintas da história humana (Pitágoras, Sócrates, Leonardo Da Vinci, Isaac Newton, Charles Darwin, John Lennon, Brigitte Bardot, Dustin Hoffman e outros), entretanto, deixam claro que a discussão ainda não terminou, mas deve estar num momento especial de efervescência. Nos Estados Unidos a cada ano cerca de um milhão de pessoas se tomam vegetarianas e surgem em diversos países movimentos como o *Meatless Day* (Um dia sem carne) e o de tratamento ético dos animais.

Por outro lado, a pecuária vem progressivamente perdendo terreno para outras formas de produção de proteínas, como é o caso dos viveiros de peixes. Em Goiás e Minas Gerais, incentivados pela EMATER, já existem 230 criadores de peixes. A *Saint Peter*, uma variação melhorada das tilápias, é o grande sucesso de produção.

Uma coisa é certa, testemunha-se um momento de mudanças de hábitos, de reeducação alimentar. É muito atual a observação do dramaturgo francês Molière (1622-1673): "devemos comer para viver, e não viver para comer". Na verdade, o ato de colocar na boca os produtos da Terra, representa uma profunda interação com ela. A reeducação alimentar pode até mesmo melhorar as relações do ser humano com a Terra, reduzindo os impactos criados por atividades deste tipo e tomando o seu modo de vida mais harmônico.

A teia de interações e impactos negativos sobre o ambiente, gerados pelas atividades para a produção de alimentos da espécie humana, é extensa. Se se consideram outros elementos básicos da dieta local como feijão, arroz e outros, essas contribuições assumem números ainda mais espantosos. Áreas apropriadas e alteradas para plantio (com desflorestamento e todas as suas conseqüências), água para irrigação (à medida que a demanda por irrigação aumenta, aumenta também a superexploração das águas subterrâneas, salinização do solo, impacto do uso de biocidas e fertilizantes, uso de combustíveis fósseis e eletricidade para mover tudo isso, e ainda as alterações na capacidade de absorção de gás carbônico, são apenas alguns dos elementos da longa lista de agressões ao ambiente e à sustentabilidade. Esta situação é sistematizada na Figura 13.

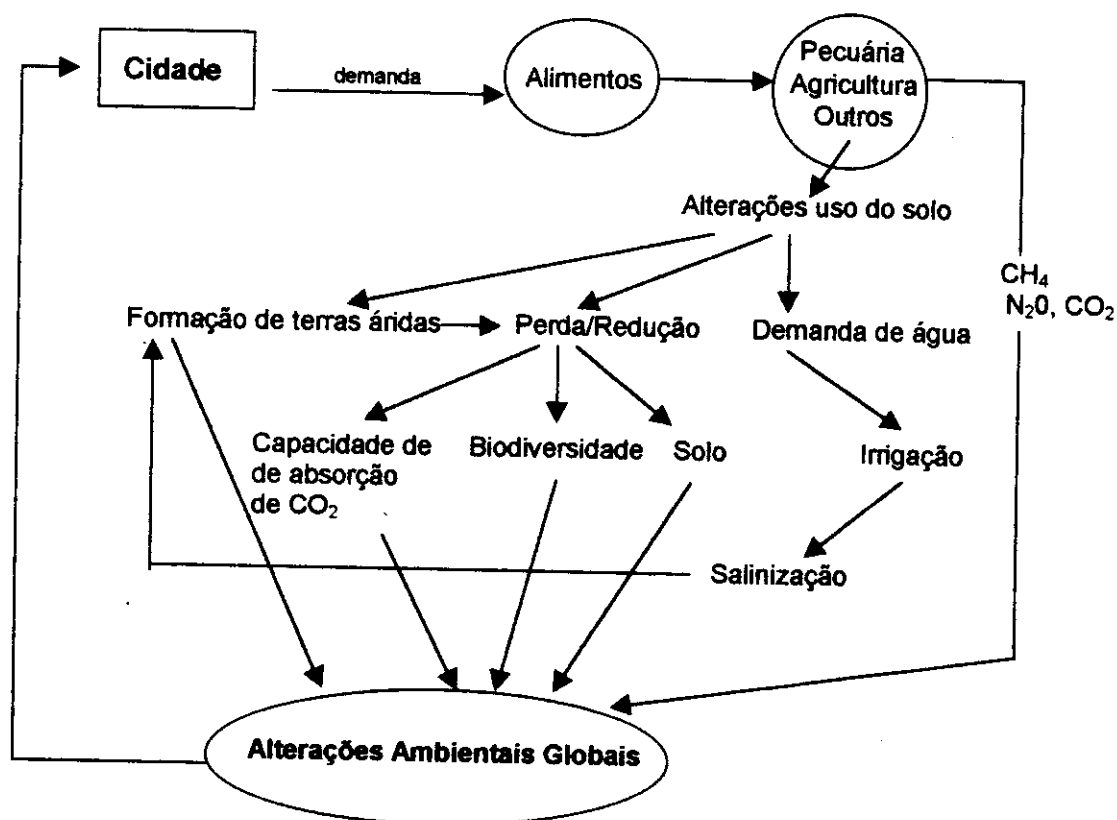


Figura 13 Alimentação da espécie humana x carga ambiental

A Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO, 1995) estima que aproximadamente metade dos 90 milhões de hectares que podem ser convertidos para a produção de grãos até o ano 2010, nos países em desenvolvimento, estão em áreas de florestas (excluindo a China). Isto representa um significativo potencial de perda de absorção de gás carbônico e perda de biodiversidade. A FAO projeta uma expansão de seis milhões de hectares em terras áridas, o que pode aumentar ainda mais a pressão sobre as pastagens remanescentes.

Reunindo todos esses elementos, pode-se entender porque a agricultura é considerada uma das fontes antropogênicas que mais contribuem para a emissão de gases-estufa, principalmente o metano (70%) e o óxido nitroso (90%).

Considere-se ainda que a agricultura é responsável apenas por parte da alimentação humana.

Análises dessas situações e de outras afins, dentro da ampla temática ambiental, corroboram a premissa de que a sustentabilidade da espécie humana na Terra vai requerer profundas mudanças inclusive nos seus hábitos alimentares.

Este é apenas um exemplo da carga sobre os recursos ambientais gerados pelo megametabolismo de manutenção das cidades.

5.2.9. Componentes pontuais do ecometabolismo urbano

Os socioecossistemas urbanos possuem componentes dentro do seu metabolismo, ocultado em seus milhares de subsistemas, que durante décadas têm passado despercebidos nos exercícios de avaliação praticados. Dentre esses componentes, incluem-se uma variedade de fontes pontuais de contribuições à degradação da qualidade de vida e às alterações ambientais globais, formadas pelo uso, armazenagem e disposição final de produtos químicos tóxicos.

Tais produtos estão nas mesas dos lares, em seus banheiros e salas, nas roupas, tintas, vernizes, material de limpeza e cosméticos, cigarros veículos, eletrodomésticos e utensílios diversos. Compõem uma extensa variedade de itens, cujos danos à saúde e ao ambiente só agora começam a ser investigados.

É óbvio que os volumes gerados desses poluentes nestes processos é reduzido, porém, se se considera que tais processos estão ocorrendo na maioria das cidades do mundo, e que as cidades estão crescendo e com elas o consumo, tem-se uma idéia dessas contribuições no balanço global. Esse quadro se torna mais preocupante quando se sabe que milhares de novos produtos chegam anualmente ao mercado, sem os devidos estudos de atuação sistêmica.

5.2.9.1. Parafernália doméstica

Ott e Roberts (1998) iniciaram um estudo pioneiro, por meio do qual avaliaram a qualidade do ar dentro das residências e escritórios e concluíram que a regulamentação ambiental melhorou o ar atmosférico exterior, mas em quase nada influí na qualidade do ar interior. Ao redor do mundo, as pessoas estão diariamente expostas a poluentes tóxicos em suas casas ou no trabalho, de forma quase que imperceptível, por meio de "inocentes" objetos ou produtos de consumo.

A pesquisa iniciada pelo *Research Triangle Institute* (Carolina do Norte, Estados Unidos) abrangeu 15 estados e uma província do Canadá. Examinou a exposição das pessoas a compostos orgânicos voláteis, monóxido de carbono, pesticidas e partículas perigosas oriundas de diversas fontes, no interior de suas residências, escritórios e automóveis, locais onde se supunha predominar um ar menos poluído do que o ar atmosférico exterior.

Foram encontrados níveis elevados de (i) paradiclorobenzeno (cancerígeno), utilizado em repelentes, desinfetantes sanitários e desodorantes; (ii) clorofórmio (gás cancerígeno, em altas concentrações) gerado quando a água tratada com cloro é aquecida em chuveiros, máquinas de lavar roupa e no cozimento de alimentos; (iii) monóxido de carbono (periculosidade já descrita). Os estudos de Ott e Roberts (Op.cit.) demonstraram que atualmente a exposição da população dos Estados Unidos a este poluente já é maior dentro de casa do que do lado de fora. O CO é liberado principalmente pela má operação de fogões, fornos e torradeiras; (iv) partículas finas, isto é, de diâmetro igual ou menor a 10 μ (nestas dimensões passam a ser tóxicas pois são capazes de se instalar nos alvéolos pulmonares. A estas partículas são

atribuídas mortes prematuras de bebês.). Elas são oriundas de combustões que ocorrem dentro de casa, como por exemplo no uso de tabaco, no uso de fogões, fornos, velas ou similares.

(v) Concentrações de pesticidas de cinco a 10 vezes mais altas do que no ar atmosférico externo. Muitos outros biocidas foram encontrados dentro de casa, principalmente formicidas, trazidos pelos sapatos das pessoas. Tais pesticidas podem permanecer ativos por muitos anos nos carpetes, uma vez que estão protegidos contra a degradação causada pela luz solar e pelas bactérias.

(vi) Benzeno (produto capaz de causar leucemia) encontrados no ar interior, provenientes de combustíveis, fluidos, fumaça de tabaco (esta tem mais de 4.000 componentes químicos) e outros utensílios domésticos, foram três vezes superior aos níveis do ar exterior inalado. Estimou-se que 45% da exposição das pessoas ao benzeno, são devidos ao cigarro; 36% devido à evaporação de combustíveis e gomas; 16% devido aos vernizes e tintas, e apenas 3% devido à poluição industrial.

A contribuição que o consumo de tabaco traz para as alterações ambientais globais tem sido praticamente ignorada. Representando um dos mais poderosos *lobbies* existentes no mercado internacional, o vício do fumo faz milhões de vítimas anualmente, mas é tacitamente aceito pela sociedade e mais ainda pelos sistemas governamentais globais, dada a colossal geração de recursos pela alta carga tributária que encerra. Além de possuir fortes componentes culturais, conta ainda com a cumplicidade de diversos setores, como o automobilístico, por exemplo (os veículos já trazem como equipamento de série, instrumentos de apoio ao fumante, como isqueiro e cinzeiros – mas não trazem recipientes para recolhimento do lixo!).

A despeito de serem conhecidos os efeitos danosos à saúde e da intensa campanha mundial contra o tabagismo com fortes restrições de uso em diversos ambientes, o fumo continua em sua rota de destruição de vidas humanas. Em alguns lugares chega a assumir proporções catastróficas. É o caso da China onde a cada dia morrem duas mil pessoas por alguma doença relacionada ao tabagismo (Oliveira, 1998). Mais de 40% dos chineses com mais de 15 anos são fumantes. Cerca de 100 milhões deles morrerão até o ano 2050 por causa do tabagismo. Nos Estados Unidos, atualmente este vício é o responsável pela morte de 33% dos homens. Nas duas últimas décadas a mulher passou a fazer parte desses números, que são crescentes na maioria dos países do mundo e envolvem pessoas cada vez mais jovens.

A combustão lenta dos cigarros libera para a atmosfera principalmente monóxido de carbono e alcatrão (a nicotina fica retida no(a) fumante). O teor desses componentes varia com a categoria ou qualidade do cigarro. Cigarros considerados "fortes" liberam 14 mg de alcatrão, 1,1 mg de nicotina e 15 mg de CO; os mais "fracos" 10 mg de alcatrão, 0,5 mg de nicotina e 12 mg de C.

Os dados sobre o vício do fumo no Brasil são ostensivamente protegidos pelas indústrias. Pouco se conhece sobre o consumo *per capita* ou mesmo o consumo médio de uma dada região, tomando difícil a determinação das emissões relativas. Entretanto, foi experimentado um exercício de determinação aproximada do consumo, por meio de entrevistas, e chegou-se que cerca de 10% das pessoas daquela amostra eram fumantes (N=200, escolhidas pela aparência de idade, ou seja, superior a 18 anos, sem distinção de sexo). O consumo médio desta amostra foi de 0,5 cartelas de cigarro

por dia (10 cigarros). Considerando a pirâmide de idade do DF, onde a faixa após os 18 anos representa mais de 65 da população (população total da área de estudo: 738.578 habitantes: 65% = 480.075) tem-se que 48.007 (10%) são fumantes. Isto significa que por ano são consumidos 172.824.200 cigarros ($48.007 \times 10 \times 360$). Considerando o teor médio dos cigarros (12 mg de alcatrão por cigarro; 13 mg de CO por cigarro), esse fumantes emitem para a atmosfera 2 ton. alcatrão/ano e 2,2 ton CO₂/ano.

Mesmo considerado a inadequação do tamanho da amostra para o tamanho da população, e que o vício do fumo está associado a inúmeras outras variáveis como estado de tensão do fumante, intensidade da dependência da nicotina e outras pressões, o exercício pôde demonstrar que tais elementos pontuais do metabolismo socioecossistêmico urbano não podem ser ignorados.

A listagem das possíveis contribuições é longa, entretanto podem ser destacadas:

- a queima do gás de cozinha (a combustão libera CO, CO₂ e calor);
- a utilização de pilhas (dispostas em lixões, vazam líquidos que contêm metais pesados, que percolando lentamente, atingem o lençol freático);
- a utilização de celulares (além da poluição eletromagnética, ainda não devidamente avaliada, que veio se somar aos fornos de microondas, aos aparelhos de TV, inclusive monitores de microcomputadores, às estações de TV e rádio AM e FM, às linhas de transmissão de eletricidade e até mesmo às radiações emitidas pelas lâmpadas incandescentes e pela fiação elétrica interna);
- lubrificantes (muitos produtos são volatilizados ao serem aquecidos durante a operação);
- os cosméticos (representam atualmente um número significativo de produtos que entram nas casas das pessoas. Toneladas desses produtos químicos são utilizados diariamente e são volatilizados para a atmosfera. Uma outra parte segue para o ambiente aquático levada pela rede de esgotos. Não há avaliação da ação sistêmica desses produtos);
- os medicamentos compõem outro setor de *lobbies* poderosos. A indústria farmacêutica gasta até 80% do seu faturamento em *marketing* (Bomfim, 1998). Financia congressos, revistas, distribuem amostras grátis e não são nada discretos na luta pelos lucros – na revista de divulgação ABIFARMA (fev.98, 146 p.): “Zalain, para arrebentar de vender”; “Pravacol, salva vidas e salva lucros”; “Voltaren, uma nova forma de creditar lucro ao seu caixa”; “Chegou Rennie para o seu lucro estar sempre à mão”. Esse mercado sem escrúpulos movimentava 296 bilhões de dólares no mercado mundial e 10,3 no Brasil, o 4º consumidor, atrás apenas dos EUA, Alemanha e França. O Brasil tem 664 laboratórios, 20% dos quais são multinacionais que abocanham 65% do mercado. São vendidos anualmente 1,74 bilhões de unidades no mercado nacional, muitas delas falsas. Os medicamentos, um mosaico infundável de drogas químicas, voltam ao ambiente natural de várias

formas, mas principalmente por meio da urina, da transpiração, da incineração ou da simples disposição em aterros. Em termos globais, as cidades acumulam milhares de toneladas desses produtos, e o que eles são capazes de causar, ainda é uma incógnita.);

- utilização de água tratada (pouco se conhece do que ocorre nos seres humanos e no ambiente, quando são expostos a baixas concentrações de compostos químicos utilizados no tratamento de água, por períodos de 20 a 30 anos. O conhecimento toxicológico e as conseqüências da bioacumulação gerada pelas ações a longo prazo são uma incógnita, e exigem pesquisas para avaliar os seus danos à saúde humana e aos mananciais e sua biota. Segundo Batalha (1997) a tecnologia convencional de tratamento de água não remove as microdoses tóxicas. As enfermidades crônicas geradas pela ingestão das microconcentrações de contaminantes, ao longo de décadas, tanto provenientes dos mananciais como de subprodutos da desinfecção, somente podem ser removidos por meio de tratamentos avançados. A aplicação de sulfato de cobre para controlar a proliferação de algas libera no meio neurotoxinas (alcalóide que atinge o sistema neuro-muscular, podendo ocasionar a morte de animais em minutos) ou hepatotoxinas (polipeptídeo, atingem as células do fígado, podendo causar a morte de animais em horas ou dias) que não são removidas pelo sistema, nem mesmo quando se aplica carvão ativado. Por outro lado a desinfecção com cloro produz a reação com substâncias húmicas e fúlvicas resultantes da decomposição da biota, produzindo clorofórmio e outros trihalometanos com potencial cancerígeno. Além disso, tem sido encontrado nas águas de abastecimento público, mais de 700 substâncias orgânicas, das quais 20 são cancerígenas, 23 suspeitas de serem cancerígenas, 18 promotoras de câncer e 56 mutagênicas);
- acumulação de carbono na forma de prédios, móveis, livros e outros (em muitos estudos do ciclo de carbono o metabolismo das áreas urbanas tem sido ignorados. Segundo Bramryd (1980) os sócioecossistemas urbanos contém mais carbono por unidade de área do que muitos ecossistemas naturais. Grandes quantidades de carbono orgânico são acumuladas na forma de (i) biomassa - animais, árvores, gramados e outras plantas; (ii) materiais de construção - principalmente cimento, tijolos e areia -, móveis e papel de um modo geral; (iii) em aterros e lixões. Essa acumulação de carbono nas cidades pode ser considerada como um mecanismo que pode afetar o ciclo global e pode ser comparado com alguns processos naturais, como a formação de turfas. A quantidade de carbono estocada nas cidades do mundo, estimado em $27 \cdot 10^9$ ton já apresenta a mesma magnitude do carbono estocado em ecossistemas de florestas. Um outro componente desse item é o desprendimento de íons de cálcio, alumínio, ferro e silício para o ar atmosférico, que terminam entrando em grandes quantidades na circulação global, e cujas conseqüências ainda não se avaliou, segundo Fergusson, 1992));
- dispersão global de contaminantes atmosféricos (por meio do processo de transporte atmosférico e deposição, muitos produtos tóxicos das

áreas urbanas chegam a pontos remotos do planeta. Tais produtos são tóxicos, bioacumuláveis e podem permanecer por um longo tempo representando ameaças ao meio biológico. Embora considerado primariamente como uma ameaça à saúde humana, há uma crescente preocupação que possa causar efeitos ecológicos deletérios. Segundo Moser et al. (1992, p.135) e Fergusson (1992, p.129) esses contaminantes são emanados de uma variedade de atividades humanas desenvolvidas principalmente nas cidades como a queima de combustível fóssil (libera Al, As, Ba, C, Cd, Co, Hg, Ni, Sb, Se, V e Zn), o uso de pneus (libera As, Ba, Cd, Cr, Mn e Zn), o uso de carpetes (C, Cd, Cu, Pb e Zn), o uso e a corrosão de metais (Cd, Co, Cr, Fe, Ni, V e Zn), o envelhecimento de tintas (C, Pb, Ti e Zn), plásticos, papel, incineradores, lavanderias e muitas outras fontes. Na agricultura (uso de biocidas, queimadas). As emissões ocorrem diretamente para a atmosfera, ou indiretamente por meio da volatilização ou despejo acidental ou deliberado no solo. Nas cidades são utilizados cerca de 63 mil compostos químicos (e cerca de um mil novos produtos são sintetizados anualmente e incorporados são ao "repertório químico"). A maior evidência do transporte e deposição global dessas substâncias tóxicas, são as concentrações encontradas em regiões remotas do globo, como na cadeia alimentar marinha e terrestre do ambiente ártico. A acumulação dessa "poeira química" pode reduzir o crescimento das plantas e a decomposição da matéria orgânica por microorganismos do solo, reduzindo a disponibilidade de nutrientes. Pode também interromper os processos bioquímicos de fotossíntese e respiração das folhas. Indiretamente pode afetar os animais através da cadeia alimentar. Reduz ainda a cobertura vegetal de *habitats*, tomando os animais mais susceptíveis à predação e à doenças, decrescendo a reprodução e aumentando a mortalidade e a emigração. Os impactos e a sinergia causadas pela deposição crônica de produtos químicos tóxicos sobre vários níveis de organização dos ecossistemas, ainda são perigosamente desconhecidos.

Este são apenas alguns exemplos da carga sobre os recursos ambientais gerados pelo megametabolismo de manutenção das cidades.

5.2.10. A respiração humana e o CO₂

Um dado curioso e normalmente não incluído nos estudos dessa natureza, é a contribuição da respiração da população humana ao aumento da concentração dos gás carbônico na atmosfera. Segundo Goodman (1993) em um dia, um adulto inspira 10 mil litros de ar atmosférico, composto por 21% de O₂, 78% de N₂, 1,3% de argônio, neônio, hélio e kriptônio, e 0,03% de CO₂ e expira igual quantidade de N₂ e gases raros, e 16% de O₂, 1% de vapor d'água e 4% de CO₂. Remove cerca de 355 l de O₂ e adiciona 295 l de CO₂ diariamente. Considerando-se a população total da área deste estudo (738.578 habitantes em 1998) tem-se que somente pela respiração daquela população são retirados diariamente cerca de 262.195.190 litros de O₂ e acrescentados diariamente cerca de 217.880.510 litros de CO₂ na atmosfera terrestre. Isto significa

que são acrescentados 428 ton CO₂/dia ou 154.080 ton CO₂/ano. Convém observar que esses valores são válidos para pessoas em repouso. Quando trabalham o valor dobra e se em exercícios vigorosos podem aumentar até dez vezes. Portanto, esses valores estão subavaliados.

Se se considera a população humana e todos os outros animais que participam deste metabolismo no planeta, tem-se uma idéia da magnitude dessas contribuições à concentração dos gases-estufa na atmosfera terrestre. Os seres, obviamente, precisam respirar, logo, pareceria também óbvio argumentar que deveria ser mantida uma margem larga de segurança para a assimilação dos gases-estufa provenientes desse metabolismo e de outros considerados vitais, buscando a redução dos demais, quando se negociassem os termos de tratados para a redução das emissões.

5.3. A pegada ecológica dos sócioecossistemas urbanos.

No item referente à metodologia deste estudo, faz-se uma observação sobre a sua natureza interdisciplinar e se acentua a necessidade da utilização de diversos métodos de investigação para clarificar diferentes aspectos da questão.

A análise da pegada ecológica surgiu como um instrumento adicional de avaliação ambiental, e dada a sua adequação à situação em estudo, é utilizada neste trabalho.

5.3.1. Bases conceituais

A Terra tem uma superfície de 51 bilhões de hectares dos quais 13,1 formam o ecúmeno (terras não cobertas por gelo ou água). Deste total, apenas 8,9 bilhões de hectares são terras ecologicamente produtivas. Dos 4,2 bilhões de hectares restantes, 1,5 são desertos e 1,2 semi-árido. Os outros 1,5 bilhões de hectares são ocupados por pastagens não utilizadas e 0,2 ocupados por áreas construídas e estradas.

Aparentemente, os humanos poderiam dispor de 8,9 bilhões de hectares para desenvolver as suas atividades, mas deste total subtraem-se 1,5 das áreas sob proteção ambiental, destinadas à preservação, engajadas em promover uma variedade de serviços de suporte à vida (reserva de biodiversidade, regulação do clima, estocagem de carbono e outros). Portanto, restam somente 7,4 bilhões de hectares de terras ecologicamente produtivas disponíveis para o uso humano (observar que aqui não se consideram os requerimentos para outras espécies!).

Essas terras ecoprodutivas disponíveis por habitante do globo vêm diminuído de forma abrupta desde o século passado e mais intensamente nas últimas décadas (Tabela 30). Atualmente cada habitante da Terra dispõe apenas de 1,5 ha (15.000 m² ou uma área de 100m x 150m), dos quais apenas 0,24 ha são aráveis.

Tabela 30 Involução da disponibilidade de terras ecoprodutivas *per capita*.
(Adaptado de Wackernagel e Rees, 1996, p.14)

	A n o		
	1900	1950	1995
Terras ecoprodutivas disponíveis <i>per capita</i> (mundo) (ha)	5,6	3,0	1,5
Terras apropriadas <i>per capita</i> (*) (ha)	1	2	3-5

(*) países ricos.

A humanidade está enfrentando um desafio sem precedentes: concorda-se que os ecossistemas da Terra não podem sustentar os níveis atuais das atividades econômicas e o consumo de materiais. Mas, as atividades econômicas globais estão crescendo a 4% ao ano (medido em Produto Global Bruto = *Gross World Product*; cresceu de 3.8 trilhões de dólares em 1950 para 19.3 trilhões de dólares em 1993. Isto quer dizer que a cada 18 anos o PGB dobra! (Worldwatch Institute, 1994) A população mundial que era de 2,5 bilhões em 1950, atinge 6 bilhões na virada do milênio, e o consumo *per capita* de energia supera esse crescimento. Tudo leva a uma rota de colisão.

Essa corrida pelo consumo não se deu sem produzir desigualdades profundas. Enquanto 20% da população mundial gozam de bem-estar material sem precedentes, consumindo até 60 vezes mais do que os 20% mais pobres, amplia-se o fosso entre ricos e pobres e instala-se a insustentabilidade social, política, econômica e ecológica.

O corolário dessa crise encontra-se nas cidades. Aqui as pessoas facilmente esquecem os elos de ligação com a natureza. Os alimentos são comprados em supermercados - que estão sempre abastecidos -, consumidos e os seus resíduos são despejados nas lixeiras que funcionam como "sumidouros mágicos" dos seus detritos. Os dejetos "somem" nos vasos sanitários levados por água quase sempre disponíveis e abundantes. Os metabólitos do megaconsumo humano são convenientemente escondidos dos olhos das suas populações, à exceção daqueles miseráveis que vivem dessas sobras, autênticos detritívoros humanos.

Uma vez que a maioria dos humanos agora vive em cidades, e consome produtos importados de diferentes e longínquos ecossistemas, tendem a perceber a natureza meramente como uma coleção de comodidades ou lugar para recreação, mais do que a fonte verdadeira da sua vida.

A despeito dos esforços envidados para tornar os cidadãos do mundo mais sensibilizados para as questões ambientais, os diversos índices de avaliação ambiental permanecem convergindo para um ponto: as mudanças ainda são tímidas e insuficientes para provocar uma mudança de rota e livrar a espécie humana da desadaptação. Os instrumentos então produzidos para promover tais mudanças, como a Educação Ambiental, a Legislação Ambiental, a Avaliação de Impacto Ambiental e o Licenciamento Ambiental, as Unidades de Conservação, as certificações e outros mecanismos de Gestão Ambiental, mostraram resultado pálidos.

A busca de novos instrumentos e o aperfeiçoamento dos atuais continua. Dentre esses esforços, destaca-se um modelo de análise que permite estabelecer, de

forma clara e simples, as relações de dependência entre o ser humano, suas atividades e os recursos naturais necessários para a sua manutenção: trata-se da Análise de Pegada Ecológica (*Ecological Footprint Analysis*) desenvolvida por Wackernagel e Rees (1996), cuja discussão vem causando uma grande turbulência na área acadêmica. A verdade é que o modelo desses autores, economistas e engenheiros, é contundentemente simples, objetivo e bem fundamentado (não livre de controvérsias, obviamente).

Mas, o que é mesmo a *análise da pegada ecológica*? É um instrumento que permite estimar os requerimentos de recursos naturais necessários para sustentar uma dada população, ou seja, quanto de área produtiva natural é necessária para sustentar o consumo de recursos e assimilação de resíduos de uma dada população humana.

5.3.2. As cidades como exemplo

Os autores utilizam a cidade para exemplificar o seu modelo. Tomam como ponto de partida a seguinte reflexão. Imagine-se uma cidade envolta em um hemisfério de vidro ou plástico, uma espécie de bolha, que permite a entrada da radiação solar mas impede a entrada ou saída de qualquer material (como o projeto "Biosfera II" no Arizona, Estados Unidos). A saúde e a integridade desse sistema humano assim contido dependeria inteiramente do que tivesse sido "capturado" no hemisfério inicialmente. É óbvio que tal cidade teria as suas funções interrompidas em pouco tempo e os seus habitantes estariam em perigo. A população e a economia contidas na bolha teriam desconectadas as suas ligações com os seus recursos vitais, levando os à fome e à sufocação ao mesmo tempo! Em outras palavras, o ecossistema contido na bolha imaginária, uma espécie de terrário, teria capacidade de suporte insuficiente para atender a carga ecológica imposta pela população ali contida.

Agora, para completar a analogia, imagine-se que ao redor desse hemisfério exista uma paisagem composta por pastagens, campos agrícolas, florestas e demais constituintes de terras ecologicamente produtivas, representadas em proporção à sua abundância na Terra, além de combustíveis fósseis suficientes para manter os níveis correntes de consumo com a atual tecnologia. A partir deste ponto, imagine-se que esta bolha seja elástica, e possa se expandir. A questão que se configura é a seguinte: que tamanho o hemisfério deve ter, de modo que os recursos nele existentes sejam suficientes para sustentar indefinidamente e exclusivamente aquela população ali contida? Em outras palavras, qual seria o total de área de ecossistemas terrestres necessário para manter continuamente todas as atividades sociais e econômicas daquela população.

Deve-se levar em conta que tais áreas são necessárias para produzir recursos, para assimilar resíduos e para desempenhar diversas funções de suporte da vida, ainda desconhecidas. Considere-se também que, por questão de simplificação do modelo, não se inclui as áreas necessárias para a manutenção de outras espécies. Dessa forma, é possível calcular quanto de área produtiva e água são necessários para manter uma dada população. Por definição, a área total de ecossistemas que é essencial para a existência contínua de uma cidade é sua *pegada ecológica* sobre a Terra.

As estimativas dos autores sugerem que as áreas das cidades atuais estão com ordens de magnitudes maiores do que as áreas fisicamente ocupadas por elas, porquanto sobrevivem de recursos e serviços apropriados dos fluxos naturais ou adquiridos por meio do comércio de todas as partes do mundo. Portanto, a pegada ecológica também representa a apropriação da capacidade de suporte da população total.

Logo, a pegada ecológica termina demonstrando a dependência contínua da humanidade dos recursos da natureza, ao revelar quanto de área da Terra é necessário para manter uma certa população, com um certo estilo de vida, indefinidamente.

A atual pegada ecológica de um cidadão americano típico é de 4-5 ha, e representa cerca de 3 vezes mais a área que lhe cabe na divisão global. Na verdade, se todos os habitantes da Terra vivessem como a média dos(as) americanos(as), seriam necessários mais três planetas para sustentar a vida humana. Se a população mundial continuar a crescer e chegar aos 10 bilhões de habitantes em 2040 como previsto, cada ser humano terá apenas 0,9 ha de terra ecoprodutiva (assumindo que não haja mais degradação do solo!). Viver sob tais condições pode significar a absoluta inviabilidade ou desmonte da forma atual de organização e estrutura da sociedade humana.

Um mundo sobre o qual cada um impõe a sua pegada ecológica, não é sustentável se os seus limites físicos, químicos e biológicos são ultrapassados. A pegada ecológica da humanidade como um todo deve ser menor do que a porção da superfície do planeta ecologicamente produtiva.

A noção de que o atual estilo de vida dos países industrializados não pode ser estendido a todos os humanos da Terra, de modo seguro, incomoda muitas pessoas. Entretanto, ignorar esta possibilidade e promover cegamente o "desenvolvimento" nos moldes vigentes, significa instalar a ecocatástrofe e o caos geopolítico. Os autores (Op.cit.) asseguram que somente uma pegada ecológica menor poderá prover alguma resiliência ecológica para se enfrentar as alterações ambientais globais.

A economia tradicional vê a Terra como uma área expansível em todas as direções, sem impedimentos sérios para o crescimento econômico. Em contraste, a economia ecológica reconhece o mundo como uma esfera finita (todos os recursos vêm da Terra e retornam a ela na forma degradada). O único recurso externo é a radiação solar que proporciona energia aos ciclos materiais e às teias da vida. A atividade econômica, portanto, é condicionada à capacidade regenerativa da ecosfera.

Estes princípios estão sendo ignorados e como consequência disto, muitas pessoas dos países ricos já vivem às custas da redução da área disponível global de outras, e às custas do declínio ecológico global.

Para exemplificar considere-se o caso da Grã-Bretanha, tomando-se como parâmetro apenas o consumo de madeira. Para sustentar a sua demanda são necessários 6,4 milhões de hectares de áreas florestadas espalhadas pelo mundo, fornecendo produtos constantemente. Adicione-se o desflorestamento de 67.000 ha por ano para provimento dessa madeira (75% vindos de países em desenvolvimento). Para

sustentar esse consumo a Grã-Bretanha explora uma área três vezes superior à sua própria área florestal. Ou seja, em algum lugar do planeta alguém vai ter a sua área de florestas reduzida para atender aos britânicos.

Essa situação é generalizada (ver Tabela 31). Dados de Wackernagel e Rees (Op.cit.) demonstram que o Japão tem uma pegada ecológica oito vezes maior que o seu próprio território; a Alemanha e a Holanda 15 vezes e algumas megacidades como Londres, 120 vezes. Esta relação de parasitismo entre as economias "avançadas" e o resto do mundo, revelada pela análise da pegada ecológica, é uma consequência previsível da Lei da Entropia, ou seja, além de um certo ponto, o crescimento contínuo de uma economia só pode ser atingido às custas do aumento da desordem (entropia) da ecosfera, manifestada através do aumento da degradação ambiental generalizada (Schneider e Kay, 1992).

Tabela 31 Pegadas Ecológicas e Déficit Ecológico de diversos países.
 (Adaptado de Wackernagel e Rees, 1996, p. 97)

Países com Pegada Ecológica = 2-3 ha	Déficit Ecológico Nacional
Japão	730 %
Coréia	950 %
Países com Pegada Ecológica = 3-4 ha	
Áustria	250 %
Bélgica	1.400 %
Grã-Bretanha	760 %
Dinamarca	380 %
França	280 %
Alemanha	780 %
Holanda	1.900 %
Suíça	580 %
Austrália	+ (760 %) (*)
Países com Pegada Ecológica = 4-5 há	
Canadá	+ (250 %) (*)
Estados Unidos	80 %

(*) Canadá e Austrália estão entre as poucas nações desenvolvidas cujo consumo pode ser mantido por suas próprias áreas (não há déficit ecológico)

Depreende-se que estes países (à exceção do Canadá e da Austrália) apropriam-se das áreas de outros países para satisfazer as suas demandas de consumo, e com isso aumentam ainda mais as suas pegadas ecológicas. Curiosamente, estas nações e outras industrializadas, são comumente consideradas como exemplo de sucesso econômico! Suas balanças comerciais, sempre medidas em termos monetários (onde o capital natural não é considerado) são positivas e as suas populações são as mais prósperas da Terra. No entanto, a análise das suas pegadas

ecológicas demonstra que tais nações estão impondo massivos déficits ecológicos ao resto do mundo, colocando em evidência as iniquidades sociais e a insustentabilidade da produção. Estes exemplos ilustram que o “sucesso” econômico pode ser enganoso e certamente nem sempre compatível com a integridade ecológica.

O resultado dessas relações é que os 1,1 bilhões de habitantes ricos da Terra consomem $\frac{3}{4}$ dos recursos naturais, enquanto os 4,8 bilhões restantes (80% da população) sobrevivem com $\frac{1}{4}$ apenas. A pegada ecológica desses 1,1 bilhões de pessoas dos países ricos, considerando apenas o seu consumo de madeira, alimentos e combustíveis fósseis, já excede a capacidade de suporte global em 30%. Daí decorre que a análise da pegada ecológica clarifica a dimensão ética do dilema da sustentabilidade e impõe uma falta de confiança na estratégia do crescimento como a solução para a pobreza.

A questão toma-se então a seguinte: a família humana tem o moral e a vontade política de negociar um contrato social global para tomar mais equitativo o acesso aos bens e serviços ecológicos a todas as pessoas do mundo?

Se a mensagem da análise da pegada ecológica for verdadeira, então o *desenvolvimento sustentável* é mais do que uma reforma, ele vai requerer a transformação da sociedade. Para aqueles que acham que esta visão é economicamente impraticável e politicamente irreal, Wackernagel e Rees (Op.cit.) adiantam que a continuação dessa visão causará destruição ecológica e rupturas morais. Acrescentam que o que determina a realidade de uma política são as circunstâncias, e com o declínio ecológico global as circunstâncias relevantes mudaram. O presente desafio, então, é aumentar o grau de sensibilização global sobre esta realidade a um ponto em que o consenso político possa produzir as iniciativas políticas necessárias. Outra alternativa é permanecer no curso atual até que o declínio ecológico sofra uma aceleração a tal ponto que remova qualquer dúvida de que se enfrenta uma crise global (mas então seria tarde demais para se organizar medidas efetivas, e coordenadas globalmente). Felizmente o cenário pode estar mudando, as pessoas estão começando a compreender a crise ecológica: sem ecossfera, sem economia, sem sociedade (sem planeta, sem lucro).

Estes conceitos não estão livres de controvérsia. Para Hardin (1991) a capacidade de suporte é a base fundamental para cálculos demográficos, porém Kirchner et al. (1985) corroboram a opinião de outros economistas e planejadores convencionais que rejeitam o conceito quando aplicado ao ser humano uma vez que, segundo afirmam, os fatores de produção são infinitamente substituíveis por outros!

Dale (1986) observa que sob esta ótica, a capacidade de suporte da Terra é infinitamente expansível (e portanto, irrelevante!) Estas afirmações são refutadas por Rees (1990) ao afirmar que a despeito do crescimento da sofisticação tecnológica, o ser humano ainda permanece num estado de dependência obrigatória dos serviços dos ecossistemas, com a condição agravante do crescente aumento da população humana e do seu consumo, ocorrer num total de área produtiva e estoque do capital natural fixos ou em declínio. Redefine a capacidade de suporte não como a população máxima que uma dada área é capaz de sustentar, mas a carga máxima que pode ser imposta ao ambiente, uma função não somente da população, mas do consumo *per capita* que ironicamente cresce mais rapidamente do que a tecnologia. Em muitos casos, essa carga ultrapassa em muitas vezes os seus limites, a exemplo da Holanda que para

sustentá-la é necessário uma área quinze vezes o tamanho do seu território. Toda essa pressão sobre os recursos naturais, em sua maior parte absoluta, é gerada para sustentar os megametabolismos urbanos, principalmente das cidades dos países industrializados.

As opiniões contra a pegada ecológica são variadas e geram discussões acaloradas na comunidade acadêmica. Alguns cientistas acham-na muito pretenciosa e não aceitam que as relações entre o ser humano e a natureza sejam reduzidas a uma questão de hectares. Acrescentam que ainda não se conhece exatamente como simples organismos funcionam (de amebas a baleias), muito menos as suas interações. Ocorre que os cientistas trabalham com modelos, que são no fundo uma grande simplificação da realidade, onde não se pode provar a verdade, mas apenas o que está errado. Wackernagel e Rees (Op. cit.) defendem a sua abordagem acrescentando que a pegada ecológica, como os outros modelos, não representa todas as possibilidades de interações, contudo, ele estima a área mínima necessária para prover a energia e os materiais básicos para a manutenção de uma dada economia. Outrossim, como não é possível estabelecer 100% do metabolismo de uma dada economia, a estimativa do saque humano à natureza é sempre subestimada.

Estes autores acreditam que a lógica predominante do comércio/economia atuais minam a sustentabilidade e a crença de que as soluções estão na tecnologia são desacreditadas pela pegada ecológica. Contestam a crença que se se pretende construir uma economia global cinco a dez vezes o tamanho da atual, então tem-se que aumentar de cinco a dez vezes a eficiência de uso dos recursos (relatório Brundtland). Acham esta premissa falsa, uma vez que muitas inovações tecnológicas não reduzem o consumo, apenas aceleram o uso dos recursos naturais. Citam como exemplo o aumento da produtividade na agricultura, que ocorre às expensas de mais energia, materiais e água por unidade produzida (ou seja, às custas de uma pegada ecológica maior). Outrossim, o discurso de geração de energia mais barata, por outro lado, produz um outro impasse: pode estimular mais ainda o consumo pela expansão das atividades humanas, aumentando a pressão sobre o capital natural até que se configure um novo e mais severo fator limitante, a assimilação de resíduos.

A verdade é que qualquer população local que se torne habilitada a importar capacidade de suporte, a sua economia invariavelmente tende a se expandir. Porém, isto não representa um ganho líquido de capacidade de suporte porquanto esta importação é acompanhada por uma redução da capacidade de suporte da região exportadora, e no final, todos saem perdendo.

5.3.3. A pegada ecológica da área de estudo

Como foi visto, o conceito de pegada ecológica é baseado na idéia de que para cada item de material ou energia consumido, uma certa quantidade de terra e uma ou mais categorias de ecossistema é requerido para prover o consumo e absorver os resíduos.

Os autores do modelo da pegada ecológica sugerem que sejam considerados os principais itens de consumo, aqueles que formam a maior parte da pressão sobre os recursos naturais. Dessa forma, foram obtidos os resultados expressados na Tabela 32.

Tabela 32 A pegada ecológica da área de estudo.

Item	Pegada ecológica (ha/pessoa)
População	0,010
Combustíveis fósseis	
Gasolina	0,470
GLP	0,110
Resíduos sólidos	0,090
Energia elétrica	0,380
Água	0,020
Madeira	0,017
Papel	0,040
Alimentos	
Carne bovina	0,510
Outros	0,510
$\Sigma_i = 2,24$	

O valor da pegada ecológica da região de estudo (2,24 ha/pessoa) terminou sendo menor do que a pegada ecológica do Brasil (3,1 ha/pessoa), calculada por Wackernagel et al. (1998). Porém isto precisa ser interpretado à luz do déficit ecológico.

A pegada de 2,24 pessoa/ha significa que aquela população requer 1.654.414,7 ha de áreas naturais para suprir as suas demandas por combustível, alimentos e outros e absorver os seus detritos (2,24 x população). Ocorre que a área local é de apenas 13.637 ha, restando um déficit de 1.640.777,7 ha, que se constituem na área que esta população se apropria fora de suas fronteiras, para atender as suas demandas. Neste ponto é que aparece a diferença. Enquanto o Brasil apresenta superávit ecológico (3,6 ha/pessoa), a área estudada tem déficit ecológico (-2,12 ha/pessoa). Este déficit é determinado extraíndo da pegada ecológica o valor dado pela relação hectares disponíveis/população local, ou seja, $13.637 / 738.578 = 0,02 - 2,24 = -2,22$.

A magnitude desses requerimentos fica mais clara quando se compara a área apropriada (1.640.777,7 ha) com a área do Distrito Federal (582.210 ha). Seriam necessários 2,8 Distritos Federais só para atender essa apropriação.

Considerando apenas a área de estudo conclui-se que o seu metabolismo requer uma área 120 vezes maior ($1.640.777,7 \div 13.637 = 120$). Um dado econômico que corrobora esta forte dependência de outros ecossistemas é a própria balança de negócios no Distrito Federal. Em 1998 foram apurados 4 milhões de dólares em exportações, e gastos 251 milhões de dólares em importação.

Levando-se em conta tratar-se de uma área urbana localizada fora do grande eixo tradicional de consumo, sustentado nos países ricos, este número ao mesmo tempo em que surpreende, preocupa. O seu déficit ecológico se iguala ao de

países ricos. São indicadores substanciais da dispersão de estilos de vida mais dispendiosos e degradadores, que terminam gerando demandas de capacidade ecológica superiores a que as suas áreas naturais podem suprir, contribuindo para aumentar o déficit global. Um sintoma desta tendência é que a pegada ecológica da área de estudo representa 50% da pegada ecológica de países ricos como o Japão e a Itália, e os seus indicadores sinalizam para um crescimento contínuo.

De acordo com Wackemagel et al. (Op.cit.) são poucos os países que se mantêm graças aos seus próprios recursos naturais, e em termos mais específicos, são raras as cidades destes países que atendem à média mundial. As maiores 29 cidades da Europa se apropriam de áreas de 565 a 1130 vezes as suas próprias áreas (vide Tabela 33).

Tabela 33 Pegada ecológica, disponibilidade de área ecoproductiva e Déficit ecológico de diversos países. (Adaptado de Wackemagel et al., 1998)

	PE (ha/p)	TED (ha/p)	DE (ha/p)
Argentina	3.9	4.6	0.7
Austrália	9.0	14.0	5.0
Áustria	4.1	3.1	-1.0
Bélgica	5.0	1.2	-3.8
Brasil	3.1	6.7	3.6
Canadá	7.7	9.6	1.9
Chile	2.5	3.2	0.7
China	1.2	0.8	-0.4
Colômbia	2.0	4.1	2.1
Dinamarca	5.9	5.2	-0.7
Alemanha	5.3	1.9	-3.4
Grécia	4.1	1.5	-2.6
Hong Kong	5.1	0.0	-5.1
Índia	0.8	0.5	-0.3
Israel	3.4	0.3	-3.1
Itália	4.2	1.3	-2.9
Japão	4.3	0.9	-3.4
Coréia	3.4	0.5	-2.9
México	2.6	1.4	-1.2
Holanda	5.3	1.7	-3.6
Peru	1.6	7.7	6.1
Portugal	3.8	2.9	-0.9
Espanha	3.8	2.2	-1.6
Suíça	5.0	1.8	-3.2
Reino Unido	5.2	1.7	-3.5
Estados Unidos	10.3	6.7	-3.6
Venezuela	3.8	2.7	-1.1
Área de estudo (*)	2,2	0,02	-2,2

Fonte: Wackemagel et al. (1998, p.2/3, *Ecological footprint of nations*)

(*) Taguatinga, Ceilândia e Samambaia, Distrito Federal.

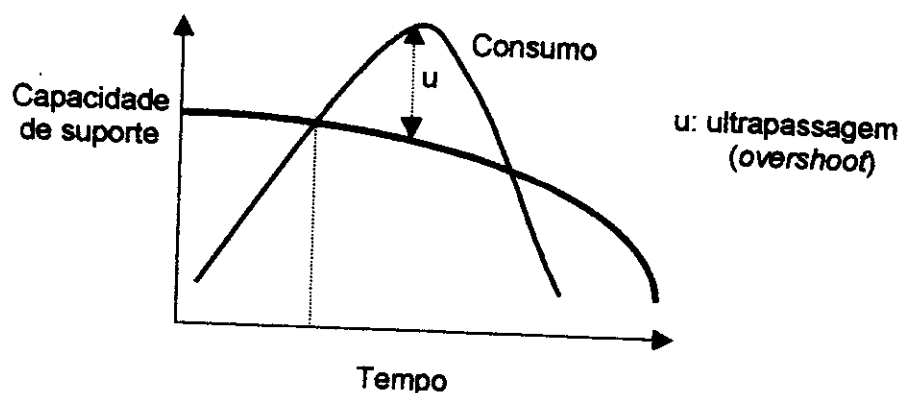
PE = pegada ecológica TED = terras ecoproductivas disponíveis DE = déficit ecológico

A análise da pegada ecológica expõe o drama da insustentabilidade, e salienta a necessidade de ajustes e redirecionamentos urgentes nas formas de relacionamento dos seres humanos com o ambiente, no seu estilo de vida e nas múltiplas dimensões de predação dos sócioecossistemas urbanos, agora *habitat* da maioria dos seres humanos.

Esta situação é expressa no Gráfico 1 onde o consumo excede a capacidade de suporte (u) – e se sustenta graças a corrosão do capital natural –, num contexto em que as pressões humanas sobre o ambiente reduz continuamente a capacidade de suporte do planeta.

Oferece como prospectiva a ecocatástrofe e a brusca redução da população humana (o que ocorre com as espécies que ultrapassam a sua capacidade de suporte), se forem mantidas as dinâmicas atuais.

Gráfico 1 O dilema da insustentabilidade
(Adaptado de Wackernagel e Rees, 1996, p.54)



5.4. Análise integrada do ecometabolismo urbano estudado

A análise da pegada ecológica permitiu estabelecer, de forma quantitativa, um diagnóstico dos resultados das atividades humanas desenvolvidas neste sócioecossistema e os custos em termos de apropriações de áreas naturais para a manutenção do seu terametabolismo.

É interessante também, listar as principais características deste tipo de ecossistema, constatadas neste trabalho, capazes de produzir, nas suas múltiplas interações com a sua circunjacência – diga-se de passagem, global –, poderosas pressões sobre as áreas naturais.

5.4.1. Resumo das características do socioecossistema urbano estudado

As características abaixo listadas foram encontradas no socioecossistema urbano estudado e são comuns à maioria deste tipo de ecossistema, variando apenas em intensidade, em função das características do seu ecometabolismo. As cidades exercem quase o mesmo tipo de pressão em todo o globo e por isso são "pontos negros" do metabolismo planetário, impondo disfunções em sistemas ainda não adequadamente entendidos ou quantificados globalmente (como o orçamento global do carbono, por exemplo) (Moore III e Braswell Jr, 1994).

01. É global (ecosfera). Interage com todo o planeta;
02. O sol é substituído por combustível fóssil para desenvolver a maior parte das atividades;
03. O animal predominante é o ser humano (iniciador das alterações ambientais globais). Possui requerimentos culturais, além dos requerimentos biológicos. Os indivíduos e os grupos da espécie predominante são fortemente territoriais;
04. Apresenta alta produtividade social, exporta para outros ecossistemas (informação, tecnologia, serviços etc);
05. Abriga grande diversidade de atividades por área e alta frequência de interações;
06. Entrada de matéria/energia além do necessário; é heterotrófico. Continua a crescer mesmo quando a sua capacidade de suporte já foi atingida;
07. Uso excessivo de recursos naturais por unidade de área (megametabolismo), com um prodigioso "apetite" por energia;
08. A organização espacial e o seu megametabolismo muda com o tempo, com a cultura e com a economia;
09. É parasita dos ecossistemas circunjacentes e globais. Opera efetivamente fora de suas fronteiras;
10. Exporta a maior parte dos seus impactos negativos para os demais ecossistemas;
11. Não têm produtores suficientes em suas próprias áreas para dar suporte a sua população; seus componentes autotróficos não atendem suas demandas;
12. O fluxo de energia é uma função do fluxo inverso de dinheiro;
13. Maximiza as funções econômicas (sociais e ecológicas não o são simultaneamente);
14. Um grupo restrito de indivíduos tem acesso as suas "benesses";
15. Quando em expansão, generalistas encontram mais nichos disponíveis; quando a expansão diminui, as melhores oportunidades são quase que restritas aos especialistas;
16. É mais quente do que as áreas circunjacentes (ilha de calor);
17. A sua economia é basicamente linear
18. Tende a ocupar o mesmo nicho global, gerando situações de competição intra-específica cada vez mais intensas; apresenta padrões de consumo de natureza *fractal*¹;
19. Não é um sistema homogêneo, no qual as partes funcionam de forma idêntica e previsível;
20. Nas suas atividades de transformação há um crescente acúmulo de carbono;

¹ O termo e o conceito fractal foram cunhados por Mandelbrot (1975; latim, adjetivo *fractus* do verbo *frangere*, quebrar, fraturar; associação com os principais cognatos ingleses - *fracture* e *fraction*) e expressa estruturas auto-semelhantes que se repetem em diferentes escalas (extensões infinitas dentro de espaços finitos), impossíveis de serem por meio de medidas euclidianas. Ultimamente tem-se desenvolvido estudos buscando discutir as formas nas quais os habitats possam ser fractais como meio de compreensão das complexas variações do ambiente (Williamson e Lawton, 1994)

21. Os seres humanos buscam incessantemente/crescentemente esse ecossistema. A migração responde por problemas graves (aumento da pressão sobre os recursos naturais, sobre os serviços e equipamentos urbanos, sobre o desemprego, a violência e o estresse, além de alterar profundamente a sua estrutura e a sua dinâmica);
22. Do seu megametabolismo sobram detritos que interrompem os ciclos biogeoquímicos, ou seja, interrompem a "lubrificação" dos ecossistemas;
23. A espécie dominante, através da tecnologia, aumenta o fotoperíodo desses ambientes e reduz as suas horas de sono, dedicando mais tempo às atividades;
24. Há uma intensa concentração de atividades que emitem radiações eletromagnéticas, tomando esses ambientes em áreas imersas e enclausuradas por radiações dessa natureza;
25. É gerador de ruídos. Os seus habitantes são submetidos a ruídos de fundo que predominam na maior parte do seu fotoperíodo;
26. Oferece infinitos nichos para roedores e insetos (e algumas aves como o pardal);
27. Integra os ambientes que apresentam as maiores pegadas ecológicas no planeta;
28. A produção de alimentos e o transporte consomem a maior parte da energia que entra no socioecossistema;
29. É redutor da produtividade biológica (fitomassa inclusive) e da biodiversidade;
30. É composto por inúmeros subsistemas em complexidade crescente;
31. Como a sucessão está sempre no início, é um ecossistema imaturo, de baixa resiliência, frágil e vulnerável, sujeito a rupturas e desestabilizações;
32. Abriga tecnologias no seu metabolismo que lhe permite explorar recursos de outros ecossistemas, próximos e/ou distantes;
33. A sua organização espacial muda com o tempo em função das suas dinâmicas culturais, sociais, ecológicas e políticas;
34. Os ecossistemas circunjacentes são obrigados a suprir suas demandas e receber seus detritos;
35. Impõe alterações no albedo, principalmente causadas pela pavimentação das vias e pelos vários materiais de construção, notadamente os telhados;
36. Apresenta baixa produtividade biológica sendo grande importador de matéria/energia. A sua produção orgânica não sustenta a sua demanda; opera uma demanda ecológica que a sua área não é capaz de oferecer, contribuindo para o déficit global;
37. Continua a crescer mesmo quando a sua capacidade de suporte já foi atingida (às custas da redução de outros ecossistemas);
38. Ocorre grande convergência e acúmulo de matéria e energia;
39. É um "centro de oportunidades" , atrai migração (principalmente pessoas). Há fluxo contínuo de migração (emigração e imigração) que responde por problemas graves (altera profundamente a estrutura e a dinâmica populacional, aumenta a pressão sobre os serviços, competição exacerbada, desemprego, estresse biopsíquico, violência);
40. Na maioria, o transporte consome a maior parte da energia metabolizada;
41. O dinheiro é um componente metabólico, cíclico, e opera em sentido oposto ao gasto energético;
42. Proporciona pouco senso de íntima conexão com a natureza (poucos reconhecem os serviços prestados pelos ecossistemas);
43. Facilita a aquisição de requerimentos culturais;
44. Emite partículas tóxicas, liberadas do seu metabolismo, para outros ecossistemas distantes;
45. Como consumidores compulsivos todos são cúmplices da destruição ambiental.

5.4.2. Estimativa e comparação das intensidades de contribuições às alterações ambientais gerais em diferentes tipos de ecossistemas

Segundo Odum (1993) os ecossistemas podem ser assim classificados:

- A. Ecossistemas naturais que dependem da energia solar, sem outros subsídios (oceanos, florestas = módulo básico de sustentação da vida na Terra). Fluxo energético anual 1000 - 10.000 kcal/m²
- B. Ecossistemas que dependem da energia solar, com subsídios naturais, (manguezais, florestas úmidas (= 1, mas produzem excedente de matéria orgânica que pode ser armazenado ou exportado). Fluxo energético anual 10.000 - 40.000 kcal/m²
- C. Ecossistemas que dependem de energia solar, com subsídios antropogênicos (agricultura, aquacultura). Fluxo energético = 2.)
- D. Sócioecossistemas urbano industriais, movidos a combustível (cidades, bairros, zonas industriais). São ecossistemas geradores de poluição e calor, e de benesses, nos quais o combustível fóssil substitui o Sol como a principal fonte de energia. São dependentes e parasitas de 1., 2. e 3. para a sua manutenção. Fluxo energético anual 100.000 - 3.000.000 kcal/m²

Procedeu-se à elaboração de uma matriz comparativa, considerando esta classificação e os resultados obtidos para o socioecossistema urbano estudado, ou seja, o D (Quadro 5).

Quadro 5 Comparação estimativa mostrando a intensidade das contribuições às alterações ambientais globais que ocorrem em diferentes tipos de ecossistemas

VARIACÕES AMBIENTAIS GLOBAIS	TIPOS DE ECOSSISTEMAS			
	A	B	C	D
Alterações climáticas (S).....	2	1	2	3
Desflorestamento (C).....	2	1	2	3
Perda da biodiversidade (C)				
Genética (material para a evolução).....	3...	3...	3...	3
Espécie.....	2...	2...	2...	3
Ecossistemas.....	2...	1...	2...	3
Efeito estufa (emissões) (S)				
Gás carbônico.....	1...	1...	2...	3
Óxido nítrico.....	0...	0...	1...	3
Metano.....	0...	0...	1...	3
CFCS.....	0...	1...	2...	2
Erosão da diversidade cultural (C).....	2...	1...	1...	3
Mudanças no Uso/cobertura do solo (C).....	2...	1...	3...	3
Erosão do solo (C).....	2...	1...	3...	2
Alteração na produtividade da terra (C).....	3...	2...	2...	3
Poluição das águas (C)				
Dos oceanos.....	0...	0...	2...	3
Dos rios.....	0...	0...	2...	3
Dos lagos.....	0...	0...	2...	3
Do manancial subterrâneo.....	0...	0...	2...	3
Poluição do solo (C)				
Deposição de resíduos.....	0...	0...	1...	3
Uso de biocidas.....	0...	0...	3...	1
Poluição estética, visual (C).....	0...	0...	0...	3
Poluição sonora (C).....	0...	0...	1...	3
Poluição do ar (C)				
Indústrias.....	1...	1...	1...	3
Veículos.....	0...	0...	1...	3
Poeira.....	1...	0...	2...	3
Queimadas.....	3...	1...	3...	2
Redução da camada de ozônio (S).....	0...	0...	1...	3
Perda de fitomassa.....	3...	1...	3...	3
Crescimento populacional.....	1...	1...	1...	3
X - desconhecida, mas em curso (S/C ?).....	?...	?...	?...	?
	30	19	51	79

Contribuição às ΔAG	
3 pontos	Grande
2 pontos	Média
1 ponto	Pequena
0 ponto	Não significativa

Ao que depreende-se do Quadro 5 - contribuição majoritária dos socioecossistemas urbanos às alterações ambientais globais -, associa-se outro elemento de análise que corrobora tal assertiva, formalizada por Odum (1985) ao estabelecer em termos energéticos, de ciclagem de nutrientes e de estrutura de comunidade, um grupo de tendências esperadas em ecossistemas estressados.

Das 18 tendências apresentadas (item 2.1.4.), o socioecossistema estudado apresentou 10, constituindo-se portanto num ecossistema estressado.

As tendências apresentadas foram o aumento da respiração da comunidade (aumentou a população, aumentou a demanda por oxigênio nos diversos processos do metabolismo urbano), a relação produção/respiração se tornou desbalanceada, ou seja $< \text{ou} > 1$ (a produtividade foi reduzida pela destruição de áreas naturais como mata ciliar, cerrados e campos), a importância de energia auxiliar exógena aumentou (eletricidade, combustíveis fósseis), a circulação de nutrientes aumentou (alimentos), aumentou o transporte horizontal e a ciclagem vertical de nutrientes foi reduzida (intensificação do metabolismo por unidade de área, crescimento da produção de resíduos sólidos, acumulação de carbono, decresceu a variedade de espécies (redução das áreas naturais e destruição de habitats), o ecossistema se torna mais aberto, ou seja, as entradas de materiais se tornam mais importantes do que a própria ciclagem interna (grande entrada de insumos como carne, madeira, cimento, energia elétrica e outros), decréscimo da eficiência no uso de recursos (desperdício verificado no consumo de água, eletricidade e alimentos), aumento das interações negativas como o parasitismo (a pegada ecológica das cidades estudadas requer a apropriação de áreas naturais 120 vezes superior à sua própria área, estabelecendo relações de parasitismo).

O inquietante é que essa via de existência dos sócioecossistemas urbanos tem tendências à natureza fractal, ou seja, é formada por estruturas que se repetem igualmente, em subsistemas ou em sócioecossistemas menores espalhados pelo planeta, como os padrões de consumo e crescimento. Só no Brasil, por exemplo, de acordo com o IBGE(1996), em apenas cinco anos foram criados mais 481 novos municípios, passando dos 4.493 em 1991 para 4.974 em 1996, e todos em expansão! (reproduzindo, naturalmente, aqueles padrões).

A continuar aquelas tendências, o ganho que se tem em planejamento urbano, gestão ambiental urbana, reciclagem, reutilização, preciclagem, gerenciamento ambiental e suas certificações (ISO 14.000, EMAS, Selo Verde e outras) manejo de bacias hidrográficas, manejo biorregional (busca proteger e recuperar a sustentabilidade de um espaço geográfico que abriga integralmente um ou mais ecossistemas; Miller, 1997) e outros esforços como o CCP - *Cities for Climate Protection* (um programa de cooperação internacional que ajuda aos Governos locais a reduzirem as emissões de GE nas suas comunidades, por meio do aumento da eficiência energética, racionalização dos transportes, manejo dos resíduos sólidos e estratégias de uso do solo, que já conta com a adesão de 178 cidades em todo o mundo) e instrumentos de gestão ambiental como unidades de conservação, zoneamento, legislação, licenciamento e educação ambiental, será devorado pelo consumismo e pelas pressões crescentes do crescimento populacional. Ai a sociedade humana poderá precisar de instrumentos que talvez ainda não disponha!

Um outro lado desta questão é que na Natureza, a fantasia laplaciana da previsibilidade determinista, ou a promessa newtoniana do mecanicismo estável do universo, não funcionam. A previsibilidade em uma câmara de Wilson onde duas partículas colidem ao final de uma corrida acelerada num ciclotron é uma. A previsibilidade no clima da Terra ou em um sócioecossistema urbano é outra totalmente diferente. Aqui, a parte não previsível é muito grande.

A Natureza não é linear, e segundo Hayden (1994), os seus processos parecem ser caóticos (estudos iniciados por Lorenz em 1975, com a construção de modelos para os sistemas convectivos da atmosfera, por meio de três equações não-lineares). O físico chinês Hao Bai-Lin refere-se ao Caos como uma ordem sem periodicidade (o curioso é que a visão dos nativos americanos sobre a Natureza é baseada na percepção de que as forças naturais são poderosas por causa da sua habilidade de mudar (Kidwell, 1997).

Neste ponto, aparece inexoravelmente a Segunda Lei da Termodinâmica, uma espécie de má notícia científica: tudo tende para a desordem. A entropia tem de aumentar sempre no universo e em qualquer sistema hipotético isolado dentro dele.

Parece uma regra sem exceção, apesar de ter vida própria por meio de metáforas inadequadas em outras áreas, assumindo a culpa pela desintegração da sociedade, pelos colapsos econômicos e outras mazelas. Mas, segundo Gleick (1990, p.296), essa Lei falha como medida do variável grau de forma e ausência de forma na criação dos aminoácidos, de microorganismos, de plantas e animais que autoreproduzem, de sistemas de informação complexos como o cérebro.

Na verdade, a natureza forma padrões. Alguns são ordenados no espaço, mas não o são no tempo; outros são o contrário. Alguns padrões são fractais, evidenciando estruturas auto-semelhantes em escala, outros dão origem a regimes estacionários ou oscilantes.

Nas décadas de 50 e 60 Robert MacArthur elaborou uma concepção de natureza que deu uma firme base à idéia de *equilíbrio natural*. Seus modelos supunham que as populações se manteriam próximas dele, e implicava no uso eficiente dos recursos alimentares e o mínimo de desperdício. Duas décadas depois o seu aluno William M. Schaffer reconheceu que a ecologia baseada num senso de equilíbrio parece condenada a falhar. Os modelos tradicionais são traídos pelas suas tendências lineares pois a Natureza é mais complexa. Acredita que o Caos pode solapar os pressupostos mais duradouros da ecologia, com o uso dos chamados atratores estranhos com dimensões fractais (a exemplo do estudo epidemiológico de doenças infantis como o sarampo e a catapora).

6. Considerações Finais

Como toda área nova de estudos, testemunha-se um momento da evolução do conhecimento humano, repleto de incertezas, contradições, interesses e busca de instrumentos teóricos, metodológicos, e novas bases epistemológicas, que nos conduzam à compreensão dos complexos, polifacetados e multidimensionais processos que asseguram a vida na Terra.

Os desafios para a criação de modelos sustentáveis de vida humana, mais equânimes na justiça e nas benesses, não poderão ser vencidos por cientistas pensando em separado, isolados no seu mundo acadêmico, imersos e embargados pela rotina. O exercício interdisciplinar, evoluindo para a transdisciplinaridade, longe de uma utopia, torna-se uma grande meta, uma exigência natural para a viabilidade da espécie humana, se ela quiser continuar a sua escalada evolucionária. Nestes termos, a educação, como nunca, mostra-se como o instrumento real de transformações e em especial, a Educação Ambiental. Entretanto, aqui se tem um problema:

Conteúdos programáticos orientados para o supérfluo, desvinculados das realidades das comunidades, acoplados a um sistema educacional caquético e a ausência absoluta de políticas educacionais, têm levado os brasileiros e outros povos a freqüentar escolas onde se educa para um mundo que não existe mais.

Foge-se da educação transformadora preconizada por Paulo Freire e estaciona-se nos programas estabelecidos pelos países ricos, formando cidadãos conformados com a sua realidade social, econômica e ambiental, transformados em consumidores úteis.

A Educação Ambiental, por ser renovadora, induzir novas formas de conduta nos indivíduos e na sociedade, por lidar com as realidades locais, por adotar uma abordagem que considera todos os aspectos que compõem a questão ambiental - aspectos sociais, políticos, econômicos, culturais, éticos, ecológicos, científicos e tecnológicos -, por ser catalisadora de uma educação para o exercício pleno e responsável de cidadania, pode e deve ser o agente otimizador de novos processos educativos que conduzam as pessoas por caminhos onde se vislumbre a possibilidade de mudanças e melhoria do seu ambiente total e da qualidade da sua experiência humana.

A EA que deve ser praticada na cidade deve partir da sua condição de ser urbano, de pertencer e integrar o frenético e intenso metabolismo ecossistêmico urbano.

Os recursos instrucionais para a Educação Ambiental em socioecossistemas urbanos devem ser elementos veiculadores / facilitadores de ações que visem a promoção da percepção de suas realidades sociais, políticas, econômicas, ecológicas e culturais. Deve promover o exercício da cidadania, esclarecendo os mecanismos de organização e participação comunitária, para a concretização de ações que visem proteger e melhorar a sua qualidade ambiental e, em consequência, a sua qualidade de vida no presente e para as gerações futuras.

Deve permitir a compreensão das suas diversas e complexas interrelações de dependência do ambiente rural; deve permitir identificar e valorizar os vestígios da natureza remanescentes em sua cidade, buscar preservá-los e aumentar as suas áreas de domínio; deve identificar os fenômenos naturais que ocorrem em sua volta, a despeito de estar em uma cidade; deve conhecer e compreender o metabolismo urbano (como funcionam os serviços - água, energia elétrica, coleta de lixo etc -; o que consome, quanto consome, quanto produz, o que sobra, de onde vem para onde vai); deve permitir uma visão reflexiva e crítica da qualidade e eficiência dos serviços essenciais de uma cidade (saúde, educação, conservação, transportes, comunicações, lazer etc); deve permitir uma análise da qualidade ambiental das cidades (níveis de ruído, qualidade da água, qualidade do ar, qualidade dos alimentos, qualidade estética etc); deve ajudar a compreender a pressão ambiental que as cidades geram para serem sustentadas (padrões de consumo); deve permitir o conhecimento de processos que reduzam o consumo, otimizem o uso dos recursos naturais (redução, reciclagem, preciclagem, reutilização e economia); deve permitir o conhecimento das bacias hidrográficas que abastecem as cidades e o seu estágio de preservação; deve estabelecer os limites de sustentabilidade desses ecossistemas especiais, quanto a disponibilidade de recursos (energia elétrica, água, alimentos etc); deve induzir as pessoas e a coletividade a identificar e buscar soluções de problemas concretos que estejam afetando a sua qualidade de vida; deve permitir o conhecimento de mecanismos de participação comunitária, através dos quais possam fazer valer os seus direitos legais e interferir na gestão ambiental, de modo a resolver os seus problemas ambientais, melhorar a sua qualidade de vida e assegurá-la para os seus descendentes; deve permitir uma apreciação crítica e autocrítica e reflexiva sobre os modelos de desenvolvimento impostos e examinar as alternativas de soluções, com especial atenção ao desenvolvimento humano sustentável. Deve, enfaticamente, promover uma crítica, autocrítica, análise e reflexão sobre o modelo de "desenvolvimento" vigente, que gera o atual quadro de degradação, quer social, política, ética, econômica, cultural ou ecológica.

Deve-se fomentar a produção de recursos instrucionais de autoria local, incentivando seus autores, conhecedores que são dos elementos culturais, sociais, econômicos, políticos e ecológicos de sua região, destacando as prioridades das suas comunidades, e as alternativas de soluções para os seus problemas concretos.

Os recursos didáticos devem paralelamente, oferecer os elementos sensibilizadores capazes de despertar nas pessoas o sentimento de pertinência, e permitir-lhes conhecer e compreender os fascinantes mecanismos da natureza. É preciso sensibilizá-las para envolvê-las, para que valorizem o seu patrimônio ambiental e os tomem aptas a perceber os riscos a que estão submetidos, e as suas alternativas de ação em busca de soluções sustentáveis.

Finalmente, o material didático deve incorporar, sempre que possível, resultados de pesquisa.

Um outro elemento que comporia o conjunto de ações para a sustentabilidade das sociedades urbanas seria a adoção de indicadores ambientais urbanos.

Concluiu-se que seria necessário desenvolver uma forma de avaliar a variação da qualidade ambiental urbana, suas formas e tendências, de forma simples, direta e compreensível por todos, que permitisse o estabelecimento de parâmetros de

comparações e oferecessem subsídios para o planejamento de estratégias e políticas de gestão ambiental urbana.

A Comissão de Assentamentos Humanos da UNESCO, HABITAT e Banco Mundial, promoveram encontros para o desenvolvimento de um "Programa de Indicadores de Moradia", dentro do qual se desenvolveu o "Programa de Indicadores Urbanos"(UNESCO, HABITAT, 1994). Neste programa, as principais atividades têm sido o desenvolvimento de um sistema completo de indicadores e um conjunto de instrumentos de pesquisa para o seu desenvolvimento em vários países, e para iniciar o seu levantamento através de uma série de programas nacionais e regionais onde todos os países foram convidados.

Mas, qual seria a utilidade dos indicadores?

Em primeiro lugar, os habitantes das cidades. Expostos aos efeitos da queda de qualidade ambiental, os habitantes poderão ver nos indicadores a medida de saúde da sua sociedade, e os êxitos ou fracassos das políticas governamentais adotadas. Podem ser um guia para decisões, onde morar, em quem votar, a que organização ou atividade prestar o seu apoio etc. O sistema de indicadores também permitirão a transparência da gestão governamental.

Os Governos também serão beneficiados, pois contarão com instrumentos eficazes para o estabelecimento de suas estratégias e de avaliação de avanço ou atraso dos seus objetivos. Serão úteis para determinar os problemas urbanos que requerem soluções em cada cidade, ou o nível de investimento na cidade, em função das metas de desenvolvimento urbano. O levantamento regular dos indicadores permitirá estabelecer comparações entre cidades e países, não apenas diagnosticando situações, mas identificando a rapidez com a qual estão sendo tratadas as áreas-problemas. Serve igualmente para o desenvolvimento e exposição de estratégias nacionais, por setor ou ações em nível de cidades, e planos de desenvolvimento.

Em termos de administração de cidades o sistema será usado como "guia" para estabelecer políticas e avaliar as políticas já estabelecidas, definindo necessidades e ações prioritárias para os objetivos e planos estratégicos. Uma função crítica de todo indicador é o potencial para influir sobre políticas, programas e projetos futuros. Outro aspecto relevante é a possibilidade de promover a transparência e responsabilidade na gestão pública, e a oportunidade de participação da comunidade em seu desenvolvimento.

O setor privado encontrará no sistema de indicadores uma fonte segura de informações atualizadas sobre as condições econômicas e sociais das cidades, sobre a gestão governamental, o desequilíbrio entre oferta e demanda, e as necessidade de consumo dos habitantes.

As ONGs e outras organizações comunitárias poderão ter acesso às informações sobre o funcionamento das políticas em benefício da população, subsidiando as suas solicitações de recursos e serviços.

As agências de ajuda internacional usarão os indicadores nos seus informes em uma variedade de assuntos, para determinar o êxito ou fracasso de programas, a capacidade dos executores e o impacto de novas iniciativas. Servirão

ainda para definir as áreas e setores da população com maiores carências, ou para determinar em que área está se fazendo o melhor uso dos fundos de ajuda aplicados, e medir os impactos das políticas e programas em todo o sistema.

Acredita-se ainda que os indicadores também sejam elementos formadores de cenários de prioridades para pesquisas nas mais diversas áreas das atividades humanas.

É importante salientar que os indicadores não são apenas um conjunto de dados, mas sim, **modelos** que simplificam um tema complexo a uns quantos números (índices) que possam ser facilmente tomados e entendidos por quem elabora políticas e pelo público em geral (a lista dos indicadores está no Anexo B).

6.1. Reflexões

Em um ensaio na revista *Scientific American*, Trefil (1997) apresenta a solução para resolver o efeito estufa: estimular o crescimento do fitoplâncton marinho por meio da adição de ferro nos oceanos, provocando um crescimento populacional repentino e descontrolado em áreas que se transformariam em sumidouros de gás carbônico! Soluções bizarras, mirabolantes, e sobretudo portadoras de um reducionismo inacreditável como esta, têm sido veiculadas nas revistas científicas. Perdeu-se perigosamente a visão do todo. Tudo é possível e permitido, para manter os padrões de consumo em curso.

Ocorre que um mundo repleto de sociedades que consomem mais do que são capazes de produzir, e mais do que o planeta pode sustentar, é uma impossibilidade ecológica. O desenvolvimento sustentável baseado nos atuais padrões de uso dos recursos naturais não é nem mesmo concebível teoricamente. Isto exigiria uma suspensão voluntária da incredulidade. Não há equilíbrio nas interrelações de matéria e energia, entre as economias industriais e a biosfera.

Almeida Jr (1997), no seu instigante ensaio sobre a necessidade de uma nova ordem mundial, salienta que a Terra como está, nas suas condições humanas e ambientais, é insustentável. Apesar dos inegáveis avanços tecnológicos pós-industriais, a humanidade inicia o século XXI lutando não apenas por solo, mas também por água e ar, num ambiente hostil que remonta à era pré-industrialista. Prevê a barbárie da violência urbana e rural imersa num contexto de conflitos e atos de terrorismo, gerados pela intolerância, principalmente etnorreligiosa (acrescente-se que o Brasil reúne uma mistura explosiva: a violência no campo contra o movimento sindical rural e a crescente migração para as cidades, resultados da estratégia suicida de manutenção a qualquer custo das oligarquias latifundiárias e da má distribuição de renda).

Preconiza uma profunda transformação valorativa, o que exige uma reestruturação político-econômica global, baseada na democracia (ou talvez meritocracia, como diria Viola, 1995), na equidade, dignidade e promoção humana, e na sustentabilidade ecológica e socioeconômica da Terra.

Para tanto requer-se a melhoria da qualidade de vida para todos, o controle e estabilização da população, o uso sustentado dos recursos naturais, a proteção ambiental (com o controle da poluição e a recuperação de danos ambientais), a suspensão da corrida armamentista e o equilíbrio entre crescimento econômico quantitativo e qualitativo, fundamentados no Estado de Direito a serviço do ser humano.

Mas estas mudanças não ocorrerão sem conflitos, porquanto representam uma forte ameaça à ordem mundial estabelecida, onde os modelos vigentes de “desenvolvimento” tendem a perpetuar as relações opressor-oprimido, sob a égide da visão fragmentada, imediatista e utilitarista.

Almeida Jr (Op.cit.) acentua que temos uma geração para mudar-se a atual rota de colisão (convém salientar que o período de uma geração, em termos culturais, foi drasticamente modificado. As mudanças ocorrem a velocidades estonteantes. O seletor de canais de TV foi aposentado pelo controle remoto, o disco de vinil pelo CD, o telex pelo e-mail, em um lapso muito curto. A telefonia celular e a Internet revolucionam as comunicações e a informática joga no mercado produtos que tomam obsoletos recém-lançamentos em períodos cada vez menores). Ressalta que dentre os instrumentos de promoção da nova ordem mundial estão a educação, o direito, a ciência e a inovação tecnológica, a mobilização social pacífica, a mídia, a diplomacia internacional, a arte e a ação política em todos esses níveis.

Daily et. al. (1995) enfatizam a equidade sócioeconômica como um elemento crítico para a sustentabilidade. Alexander (1994) vê como obstáculos para a solução desses problemas, o materialismo e a crescente ignorância das pessoas, a abordagem tecnocêntrica, a retração econômica e o débito internacional. Esta visão é em parte corroborada por diversos autores. Na *Declaração da Reunião dos Líderes Espirituais da Terra*, produzida e divulgada na *Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento* (Rio 92), promovida pela ONU, cita-se que a crise ecológica é um sintoma da crise espiritual do ser humano, que vem da ignorância.

Na apresentação da obra *Olhando pela Terra* de James George, o Dalai Lama afirma que a crise ambiental global é de fato, a expressão de uma confusão interior. A busca mesquinha de interesses egoístas causou os problemas globais que ameaçam a todos. Adianta que a cura do mundo tem de começar num nível individual: “se não podemos modificar o nosso comportamento, como esperar que os outros o façam?” (p.12). Na verdade, se se multiplicam as escolhas e ações individuais sobre o ambiente por **seis bilhões**, pode-se começar a entender que, cada vez que se faz o que os outros estão fazendo, contribui-se para o estado traumático e estressado do planeta, de forma cumulativamente perigosa.

Há, na verdade, uma necessidade premente de iluminação coletiva, aquela preconizada por Gurdjieff (1973), que dizia estar o ser humano em um estado letárgico, adormecido, vivendo assim a maior parte de suas vidas trancado no círculo da sua falta de totalidade.

Ocorre que este tipo de comportamento se tornou um problema não só para a própria espécie, mas para muitas espécies do planeta. Para Gurdjieff saber apenas com a mente, ou com os sentidos apenas, é saber de modo incompleto. Só sabendo pela razão (mente), sensação (corpo) e intuição (sentimento) o ser humano pode apreender e compreender a realidade. Aqui, entende-se a importância da arte como

instrumento catalizador desses momentos, preconizada por Almeida Jr (1997), e corroborado por Valbracht (1997); a arte desperta no indivíduo um entendimento mais profundo da natureza, permitindo compreender os significados contidos nas impressões superficiais, aprimorando a sua capacidade perceptiva; estimula ainda a sensibilidade às nuances da Natureza e cria uma ligação com o mundo supra-sensível.

O processo educacional vigente está longe de preparar pessoas desta forma (como foi visto no início deste item). A escola está longe da realidade, e está longe da Natureza.

Os esforços e conquistas atuais ainda são tímidos em relação à magnitude e premência da crise ambiental (na verdade, formada pelo somatório de todas as outras crises). Portanto, não surpreende, que muitos dos nossos líderes, quase sempre urbanos, estejam tão fora de contato com a Natureza, a ponto de não darem importância ao agravamento da crise ecológica. Para George (1998, p.146) nada encoraja o automatismo a crescer mais do que a vida nas cidades grandes, devido, entre outras coisas, à sensação de independência (basta segurar a respiração por alguns minutos para se perceber essa "independência").

Um exemplo desse estado de inconsciência foi oferecido pela classe política da região deste estudo. A despeito da degradação da qualidade de vida experimentada nos últimos cinco anos, sufocados por pressão demográfica, aumento de consumo, geração de resíduos, desemprego, criminalidade e outros componentes dessa matriz, o jornal *Correio Braziliense*, em sua edição de 23 de março de 1998 estampou como manchete principal em sua primeira página: "*Nasce uma nova cidade*". Referia-se à criação de um supercondomínio na área rural do Distrito Federal (Sobradinho), que previa a construção de mais de mil edifícios residenciais com seis andares cada um, para abrigar cerca de 170 mil habitantes!

Outro exemplo foi o embargo ao plantio de 300 mil árvores no Plano Piloto de Brasília, promovido pela Secretaria do Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia – SEMATEC, sob a alegação de que o projeto "vulgariza e banaliza" a cidade, além de "alterar levemente o plano urbanístico". Os críticos conseguiram barrar a iniciativa e as questões políticas superaram tudo (Aquino, 1997, p.3).

E por último, o exemplo mais cabal do sono letárgico: reunidos em Buenos Aires em novembro de 1998 para a *Conferência Mundial sobre Alterações Climáticas*, promovida pela ONU, com o objetivo de impor regras (prazos, limites de emissões e outros) para reduzir a emissão dos gases estufa, representantes de vários Países resolveram nada decidir. Um fracasso semelhante já ocorrera em Kyoto, Japão, em dezembro de 1997 (Protocolo de Kyoto), quando representantes de 158 Países terminaram concentrando suas discussões no "mercado das cotas de poluição", articulado pelos Países ricos.

Decidir protelar uma decisão sobre o Efeito Estufa (e conseqüentemente sobre as Alterações Climáticas Globais e todas as suas imponderáveis implicações), é como se decidisse adiar para o dia seguinte, o que fazer com um furo em um barco, em alto mar, por onde entra água continuamente. O aquecimento global é um sinal claro de instabilidade. O desafio enfrentado pelo ser humano não é saber se um equilíbrio será estabelecido, mas sim, se este equilíbrio formará condições adequadas à sua existência. É notório que a Ciência nunca esteve tão bem equipada para avaliar as

condições ambientais como no presente, mas também nunca esteve tão longe das decisões políticas necessárias para resolver os seus problemas ambientais.

Enquanto isso, as pessoas buscam por outros caminhos, tão diversos quanto as culturas humanas, alento para as suas angústias, incertezas, pressões e estresse. Assim surgem as diversas correntes da chamada *espiritualidade verde*, a ecologia profunda, as filosofias da natureza e toda uma literatura ecoesotérica. Nomes como anjos, arcanjos, devas (no hinduísmo, iluminam os vegetais), serafins (sephiroth na cabala e elohim no judaísmo), elementais ligados à terra (gnomos, lêmures, gigantes, duendes, pigmeus), ao ar (bruxas, silfos), ao fogo (salamandras), lorindes, da água (ondinas, ninfas, sereias, nereidas, néssers, iemanjá, iara), silfos, fadas, elfos, druidas, geomédicos e outros, se tornaram amiúde nas sociedades.

Xamanismo, budismo, taoísmo, alquimistas, ioguis, xamãs, vedas, avatares, brâmanes, dharmas, sidhes e muitos outros nomes, compõem o espectro de diferentes caminhos em busca de algo diferente do que está aí.

Recrudescer a religiosidade e surgem movimentos como a *Simplicidade Voluntária*, que já reúne dezenas de milhares de adeptos nos Estados Unidos e prega um estilo de vida mais simples (para o pânico dos atratores do consumo), onde se possa fruir das benesses da sobra de tempo para o lazer, o esporte, a espiritualização, a conversa com os familiares e os amigos, o contato com a natureza, ou simplesmente para "o prazer de viver" sugerida por René Dubos no seu livro *Namorando a Terra* (1981).

Seed (1997) diz que as culturas indígenas têm como o cerne de sua vida espiritual, rituais e cerimônias que reconhecem e alimentam a sua interligação com a grande família da vida. Entre nós, existe a idéia, originada talvez da tradição judaico-cristã, de que somos o centro de tudo, o auge da criação, e o restante não passa de recursos. Observamos os rituais indígenas como uma superstição primitiva e nos colocamos como seres cultos, acima da natureza e do alto dessa arrogância ameaçamos destruir a nós mesmos.

Essa arrogância impede de ver as interrelações, as interdependências. Para Demers (1997) as idéias de Darwin nunca estiveram tão contestadas. De acordo com a teoria de Darwin, todos os organismos competem constantemente uns com os outros, e somente aqueles mais aptos, resistentes e hábeis, sobrevivem. No entanto, mais e mais biólogos descobrem que os organismos com mais possibilidades de sobrevivência são aqueles que se comportam simbioticamente, e não competitivamente. A maior parte das associações que se conhece entre os seres vivos são essencialmente cooperativas. Nós não temos seres solitários. Cada criatura é, de algum modo, ligada e dependente do resto.

Gurdjieff (Op.cit.) pregava que o mundo ficou dessa forma porque o ser humano é egoísta em suas vidas pessoais, e antropocêntrico na sua visão de mundo. Só com o trabalho interior se poderia se libertar das preocupações autocentradas que o mantém adormecido.

A transformação do sistema econômico e político global, que é tão obviamente necessária se se pretende alcançar um modo sustentável de vida neste planeta, só começará com o trabalho interior da transformação individual. E isto já vem

sendo dito por diversos líderes espiritualistas das mais diversas correntes filosóficas e religiosas, ao longo da escalada humana.

6.2. Conclusões

À medida que a cidade vai crescendo e se tornando mais complexa, ela vai desenvolvendo dentro da sua complexidade, elementos de indicação da sua viabilidade e adequação à vida. Neste estudo as tendências identificadas são todas elas indutoras de alterações ambientais globais, e é por meio da expansão dos socioecossistemas urbanos que essas estruturas e processos vão sendo reproduzidos globalmente.

O uso de recursos naturais e o nível de geração de resíduos *per capita* entre populações pobres tendem a ser baixos; porém, os seus impactos locais podem ser severos.

A forma como as cidades funcionam demonstram a crise de percepção do ser humano.

Para sustentar o metabolismo urbano de Taguatinga, Ceilândia e Samambaia, em apenas quatro anos aumentou-se em 72% a área degradada da sua região, a mancha urbana corroeu 351 hectares de áreas naturais, destruiu 370 hectares de cerrado e 530 hectares de mata ciliar, perderam-se 106 mil toneladas de fitomassa, arrasando milhares de habitats, expulsando ou eliminando milhares de pequenos seres da fauna local.

A sua população cresceu 2,8% ao ano, acrescentando 20 mil novas bocas anualmente, e o seu entorno cresceu a surpreendentes 5,7%, acrescentando 100 mil bocas em apenas três anos. Para alimentar esse contingente, foram abatidos 90 mil bois por ano, que ocuparam 360 mil hectares de terras ecoprodutivas, utilizaram 82 milhões de m³ de água. Só para preparar os seus alimentos a população consumiu 1,6 milhões de botijões de gás liquefeito, que jogaram na atmosfera 146 mil toneladas de CO₂. O seu frenético consumismo gerou 1,4 bilhões de toneladas de lixo que além de poluir o solo e as águas, jogaram para a atmosfera 62 mil toneladas adicionais de CO₂ e outro tanto de metano.

Para sustentar a sua parafernália doméstica, comercial e industrial, foram consumidos 738 mil MW/h que produziram 502 mil toneladas equivalentes de CO₂. Foram consumidos ainda 55 milhões de m³ de água que produziram um igual volume de águas de esgoto que liberaram metano no seu tratamento e infemizaram a vida aquática.

Para alimentar a sua frota de 294 mil veículos (que não pára de crescer), o seu metabolismo libera para a atmosfera anualmente 705 mil toneladas de gases tóxicos e causadores de efeito estufa, produzidos pela queima dos 242 milhões de litros de combustível fóssil utilizados. O seu metabolismo despeja 1.415.000 ton CO₂/ano na atmosfera terrestre, o que dá 1,91 ton CO₂/pessoa/ano, superior à média mundial de 1,17 ton CO₂/pessoa/ano (Tabelas 2 e 3).

Cerca de 13 mil hectares de florestas nativas da região amazônica são destruídos anualmente só para sustentar o seu consumo anual de 29 mil m³ de madeira, e mais 22 mil hectares de áreas naturais são ocupadas somente para atender ao seu consumo anual de 28 mil toneladas de papel.

Adicione-se ainda as emissões de gases-estufa emanadas de inúmeras fontes pontuais produzidas por aparelhos de ar condicionado, uso de sprays, volatilização de produtos químicos como vernizes e tintas, produtos de limpeza, cosméticos e medicamentos, produtos petroquímicos e outros. Considere-se ainda a dispersão global de contaminantes atmosféricos e a acumulação de carbono como formas de interferências globais.

A sua pegada ecológica de 2,24 ha/pessoa/ano anuncia que para atender a demanda do seu metabolismo (consumo e assimilação de resíduos), esse socioecossistema requer 1,6 milhões de hectares, de áreas naturais ecoprodutivas, enquanto dispõe apenas de 13 mil hectares, ou seja, o seu metabolismo exige uma área 120 vezes maior do que os seus próprios domínios, contribuindo assim para o déficit ecológico global. Com isso, preenche 10 dos 18 requisitos para ecossistemas estressados (4.1.1.4), e justifica a preocupação que este tipo de metabolismo seja fractal.

Entendendo que todos os cálculos e estimativas apresentadas são uma aproximação da realidade, e que são subavaliados em função da complexidade do ecometabolismo urbano, onde é quase impossível considerar todos os seus subsistemas, e reunindo as observações dos itens 5.4.1. e 5.4.2. (características do socioecossistema estudado e matriz comparativa das contribuições às alterações ambientais produzidas por diferentes tipos de ecossistemas), conclui-se que o socioecossistema urbano estudado apesar de estar configurado em um País com problemas de desenvolvimento, apresenta em seu metabolismo, contribuições para as alterações ambientais globais tendendo a padrões de Países mais industrializados, comprovando-se positivamente a hipótese testada. Tais contribuições ocorrem quer agindo diretamente quando emite gases-estufa para a atmosfera, quer indiretamente quando produz alterações no uso/cobertura do solo e se apropria de áreas produtivas além de suas fronteiras para atender ao seu megametabolismo.

Este estudo de complexidade multidimensional, expressa também a insuficiência dos modelos lineares tradicionais de pesquisa, capazes apenas de arranhar a superfície das suas realidades sistêmicas. Espera-se que o presente estudo estimule a produção de outros nesta área.

7. Referências Bibliográficas

- Ab'Saber, A.N. (1983) O domínio dos cerrados: uma introdução ao conhecimento. *Revista do Serviço Público* 40(111): 45-55.
- Adámoli, J. et al. (1986) Caracterização da região dos cerrados. In: Goedert, W.J. (Coord) *Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo*. São Paulo e Brasília, Nobel, EMBRAPA
- Alexander, D.E. (1994). World policy in the new environmental age. In: Renzoni, A. et al. ((Eds.) *Contaminants in the environment*. Lewis Publisher, London. p.263-275. 286 p.
- Almeida Jr., J.M.G.de (1981). A Terra está morrendo!... Mas pode ainda ser salva! (?). *Boletim da FBCN*. 16: 77-86.
- (1994). Desenvolvimento ecologicamente auto-sustentável: conceitos, princípios e implicações. *Humanidades*. 10 (4): 284-299.
- (1994). Uma proposta de ecologia humana para o cerrado. In: Pinto, M.N. (Org.) *Cerrado*. 2ª ed. Editora Universidade de Brasília, Brasília p.569 – 583.
- (1997). Por uma nova ordem mundial. In: *Cadernos Aslegis*. 1(1)2-30 p. Brasília
- André, H.M. (1994). Pollution biomonitoring. In: Renzoni, A. et al. (Ed.) *Contaminants in the environment*. Lewis Publishers, London. p.37-62 286 p.
- Andres, R.J. (1996). A 1º x 1º distribution of carbon dioxide emissions from fossil fuel consumption and cement manufacture, 1950 – 1990. *Global Biogeochemistry Cycles* 10, p. 419-429.
- Aquino, R. (1997). Plantio de árvores causa polêmica no DF. *Folha do Meio Ambiente*. Brasília. fev. p.3
- Araújo Jr., N. (1998) Em Águas Lindas o pouco é quase tudo. *Correio Braziliense*. Cidades, 27 set. 1 – 2 p.
- Ashworth, W. (1995) *The economy of nature- rethinking the connections between ecology and economics* Houghton Mifflin, New York. 340 p.
- Barthes, R. (1993). Campo educacional: identidade científica e interdisciplinaridade. In: *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*. Brasília 34 (178) set-dez. p.655-680.
- Bastos, E.K. (1997). Ecologia urbana. In: *Jornal da patrulha ecológica*. Brasília. ano II p.2
- Batalha, B.L. (1997). *Água potável: o imperativo da atualização*. Cetesb, São Paulo doc. Interno. 12 p.
- Bayer, J.L. (1994). *Missão terra – o resgate do planeta*. ONU / UNESCO / UNEP / UNDP / UNICEF. 2ª edição. Ed. Melhoramentos, São Paulo 96 p.
- Bellia, Vitor (1996) *Introdução à economia do meio ambiente*. MMA / IBAMA, Brasília.262 p.
- Bilsborrow, R.E. e DeLargy, P.F. (1991) Land use, migration and natural resource deterioration in the third world: the cases of Guatemala and Sudan. In: *Population development review* Suplemento Davis, K e Bemstam, N. (Ed.) p.125-147
- Bilsborrow, R.E. e Okoth Ogendo, H.W. (1992) Population-driven changes in land use In: developing countries. In: *Ambio* 21(1): 37-45.:
- Bornfim, J. R. de A (1997). Indústria movida a propaganda. *Correio Braziliense*. Brasília, DF. Caderno Brasil. 11 maio, p.13.
- Boyden, S., Miller, S. Newcombe, K. & O'Neil, B. (1981). *The ecology of a city and its*

- people. Australian National University Press, Canberra, Australia. 437 p.
- Bramryd, T. (1980). Fluxes and accumulation of organic carbon in urban ecosystems on a global scale. In: Bornkamm, R. et al. (Ed.) *Urban ecology*. Blackwell Scientific Publications, London. p. 3-12. 370 p.
- Brandsma, E.H. e Eppel, J. (1997). Produção e consumo sustentáveis: um enfoque internacional. In: *Mudando os padrões de produção e consumo*. Ribemboim, J. (Org.) MMA/IBAMA, Brasília, p.11 – 123.
- Brossard et al. (1997). Estoques de carbono em solos sob diferentes fitofisionomias de cerrados. In: Leite, L.L. e Saito, C.H. (Org.) *Contribuição ao conhecimento ecológico do cerrado*. 3º Congresso Brasileiro de Ecologia, Departamento de Ecologia da Universidade de Brasília. Brasília, p. 272-277
- Brown, L.R. et al. (1996). *The state of the world* Norton, New York.
- Brown Jr., K. S. (1997). Insetos como rápidos e sensíveis indicadores de uso sustentável dos recursos naturais. In: Martos, H.L. e Maia, N.B. (Coord.) *Indicadores ambientais* Shell Brasil S.A. p.143-155 266 p.
- Burgierman, D.R. e Maia, S. (1998) O bife condenado. In: *Super*. dez. 12(12): 50-57
- Catton, W. (1986) *Carrying capacity and the limits to freedom*. Social Ecology Session 1, XI World Congress of Sociology, New Delhi, India
- CDIAC, ORNL Energy and global climate change. *Review*. 28 (2 & 3) 1997.136 p.
- Canguilhem, G. (1975). *La formación del concepto de reflexo en los siglos XVII e XVIII*. Avance. Espanha.
- Celecia, J.(1995). The MAB / UNESCO Program. In: *Qualification of human resources, teaching and research for the planning and management of the urban environment*. Open University for the Environment, Curitiba. 1 – 11 p.
- Cheremisinoff, P.N. (1992) Waste minimization and recycling. In: *Encyclopedia of environmental control technology*. 5 Guylf, Toquio 641 p.
- Clark, W.C. (1988). As dimensões humanas da mudança ambiental global. In: *Toward an understanding of global change: initial properties for U.S. contributions to the International Geosphere – Biosphere Programme*. Global Change Committee. Washington, D.C., National Academy Press Clarke.
- Cochrane, T.T. et al. (1988) The relative tendency of the cerrados to be affected by the veranicos: aprovisional assessment. In: Simpósio sobre o Cerrado, 6, Brasília, EMBRAPA/CPAC, 229-239.
- Colwell, R.K. (1994) Human aspectos of biodiversity: an evolutionary perspective. In: *Solbrig et al. (Eds.) Biodiversity and global change*. Cab International / International Union of Biological Sciences. Wallingford, U.K. p. 211-224.
- Commoner, B. (1972). *The closing circle: man, nature and technology*. Knopf, New York
- Companhia de Desenvolvimento do Planalto Central – CODEPLAN. *Anuário Estatístico do Distrito Federal – 1995-1996*. Brasília, GDF-CODEPLAN, 1997. 884 p.
- CONAMA, (1992). *Resoluções Conama 1984-1991*. SEMAM/IBAMA. Brasília, Distrito Federal. 245 p.
- Constanza, R. e Comwell, L. (1992) The 4P approach to dealing with scientific uncertainty. In: *Environment* 34: 12 – 20 p.
- Correio Braziliense (1998). *Os profissionais da pilhagem*. Caderno Brasil. 19 jul. Brasília. p. 19.
- Craik, K.H. e Zube, E.H.(1976) *Perceiving environmental quality*. Plenum Press, New York.
- Daily, G.C. et al. (1995). Socioeconomic equity: a critical element in sustainability. *Ambio*. fev. 24(1) : 58-59 p.

- Daily, G. e Ehrlich, P. (1992) Population, sustainability and carrying capacity. In: *BioScience* 42: 761-771.
- Daly, H. (1986) Comments on population growth and economic development. *Population and development review* 12:583-585.
- DeCicco, J.M. et al. (1991). The CO₂ diet for a greenhouse planet: assessing individual actions for slowing global warming. In: Vine et al. (Eds) *Energy efficiency and the environment*. American Council for na Energy-Efficient Economy, Washington, DC p.121-144. 418 p.
- Deelstra, T. et al. (1991) . *The resourceful city: management approaches to efficient cities fit to live in*. The Netherland MAB Committee, Amsterdam. 69 p.
- Diamond, J.M. (1985). Introductions, extinctions, exterminations and invasions. In: Diamond, J.M. et al. (Eds.) *Community ecology*. Harper and Row. New York. P. 65 -79.
- Demers, P.K. (1997). O que é a vida? – em direção a um novo paradigma. In: Micholson, S. e Rosen, B. *A vida oculta de gaia*. Gaia, São Paulo. p.120-135. 399 p.
- Dias, B.F.de S. (1996) Cerrados: uma caracterização. In: *Alternativas de desenvolvimento dos cerrados*. IBAMA, Brasília p. 7 – 25.
- Dias, G. F. (1980). *Material particulado em suspensão no Distrito Federal*. Universidade de Brasília, Departamento de Ecologia (mimeo), Brasília.
- (1994) *Populações marginais em ecossistemas urbanos*. 2ª edição. IBAMA, Brasília, 156 p.
- (1997) *Elementos de ecologia urbana e sua estrutura ecossistêmica* Série Meio Ambiente em Debate (n.18) IBAMA, Brasília. 47 p.
- (1990). *Educação ambiental – princípios e práticas*. 5ª edição. Gaia, São Paulo. 400 p. p. 205.
- (1998). Análise preliminar do estresse socioecossistêmico urbano da região de Taguatinga, Distrito Federal. *Universa*. jun. 6(2):269-283.
- Dunnet, D. e O'Brien, R.J. (Ed.) (1992). *The science of global change – the impact of human activities on the environment*. ACS Symposium Series 438, American Chemical Society, Washington. 498 p.
- Dubos, R. (1981). *Namorando a terra*. Melhoramentos, EDUSP. São Paulo. 150 p.
- Durning, T. (1996). *This place on earth: home and the practice of permanence* Sasquatch Books, Seattle, Washington.
- Ehrlich, P. (1968) *The population bomb*. Ballantine, New York
- Ehrlich, P.R. (1993) *O mecanismo da natureza*. Campos, Rio de Janeiro. 328 p.
- Ehrlich, P. R. e Ehrlich, A. H. (1990) *The population explosion*. Simon & Shuster, New York
- EIA – Energy Information Administration. (1997) *Emissions of greenhouse gases in the U.S. 1996*. Washington.
- Engelman, R. e LeRoy, P. (1993). *Sustaining water: population and the future of renewable water supplies*. Population Action International, Washington, D.C.. p. 18 - 22.
- EPA (1995). Landfill air pollution emissions. In: *AP-42 Compilation of emissions factors*. New York. 1 jan.
- EPA, 1997. Nitrous oxide emissions. Inventory of U.S. greenhouse gas emissions. In: *Global warming*. Washington
- EPA, 1998. Methane and climate overview. In: *Global methane emissions*. Washington, 1-5 p.
- Falkenmark, M. e Widstrand, C. (1992). Population and water resource: a delicate balance. In: *Population Bulletin*. Population Reference Bureau, Washington, D.C.,

19 p.

- FAO (1995). *World agriculture towards 2010*. John Wiley & Sons. Chichester, U.K. p. 351-352
- Fergusson, J.A. (1992). Dust in the environment. In: Dunnet, D.A. e O'Brien, R.J. (Eds.) *The science of global change*. American chemical society, Washington, DC. p.126-131 498 p.
- Figueiredo, P.J.M. (1994). *A sociedade do lixo*. 2ª edição. UNIMEP, Piracicaba 240 p.
- Flavin, C. (1998). Worldwatch paper. *Slowing global warming: a worldwild strategy*. Worldwatch Institute, Washington, DC.
- Galloway, J.N. et al. (1994). Year 2020: consequences of population grow and development on deposition of oxidizing nitrogen. In: *Ambio* 23(2): 120-123.
- Gay, K. (1992) *Global garbage – exporting trash and toxic waste*. Franklin Watts Books, New York. P. 16 – 16 – 21. 144 p.
- GDF. Administração Regional de Taguatinga (1996). *Taguatinga 1995. Sinopse*. Taguatinga Distrito Federal. 73 p.
- George, J. (1998). *Olhando pela terra*. Gaia, São Paulo. 252 p.
- Gilbert, O L. (1991) *The ecology of urban habitats*. Chapman & Hall, London. 369 p.
- Gleick, J. (1990). *Caos – a criação de uma nova ciência*. OlimpusRio de Janeiro, RJ. 309 p.,
- Gonçalves, E. (1998). Metodologias para controle de perdas em sistemas de distribuição de água. Estudos de caso da Caesb Distrito Federal. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil, Brasília. xvi, 173 p.
- Goodman, S. (1993). *Amazing biofacts*. Peter Bedrik Books, New York, N.Y. 160 p.
- Goudie, A. (1990). *The human impact on the natural environment*. 3ª ed. Blackwell, Oxford, UK. 388 p.
- Gurdjieff, G.I. (1973). *Views from the real world*. Dutton, New York.
- Hardin, G. (1991) Paramount position in ecological economics. In: Constanza, R. (Ed.) *Ecological Economics: the science and management of sustainability*. Columbia University Press, New York, 47-57.
- Hayden, B.P. (1994). An overview of biological models. In: Groffman, P.M. e Likens, G.E. *Integrated regional models*. Chapman & Hall, New York. p. 13-34. 157 p.
- Henderson-Sellers, A. (1984) Possible climatic impacts of land cover transformation In: *Climatic Change* 6: 231-257
- Hengeveld, H. e Vocht, C. (1982) *Role of water in urban ecology*. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 362 p.
- Holdren, J.P. e Ehrlich, P.R. (1974) Human population and the global environment *Scientific American Am.Sci.* 62: 282-292
- Intergovernmental Panel on Climate Change (1996) *The science of climate change*. Cambridge University Press, Cambridge, U.K.
- Johnson, M. (1994). The backyard besieged. *Time*. Environment, jul 4, p.37
- Junqueira, F. de F. (1995). *Determinação da composição dos resíduos sólidos do Distrito Federal*. GDF- ICT, Programa RHAE, Brasília, Distrito Federal.
- Kates, R.W. et al. (1990). The great transformation. In: Turner II, B.L. et al. *The earth as transformed by human action*. Cambridge University Press. Cambridge, London. p.1 -17.
- Keeling, C.D. (1986). *Atmospheric CO2 concentrations. Mauna Loa Observatory, Hawaii 1958 – 1996*. CDIAC, Oak Ridge, Tennessee.
- Kidwell, C.S. (1998). 1492 e após: pontos de vista dos nativos americanos e dos europeus. In: Nicholson, S. e Rosen, B. *A vida oculta de gaia*. Gaia, São Paulo. p. 52-58. 299 p.

- Kirchner, J. et al. (1985) Carrying capacity, population growth, and sustainable development. In: Mahar, D. (Ed.) *Rapid population growth and human carrying capacity: two perspectives*. Staff working papers # 690, Population and development series. Washington, D.C.: The World Bank.
- Kongtong, P. et al. (1990) *Global change: effects on tropical forests, agricultural, urban and industrial ecosystems*. ITTO Technical series 6, Bangkok, 123 p.
- Knapp, D.H. et al. (1995) *Global Change*. Environmental Education Module. UNESCO / UNEP (IEEP) Paris 149 p.
- Knapp, P.A. e Soullé, P. (1996). Vegetation change and the role of atmospheric CO₂ enrichment on a relict site in Central Oregon: 1960-1994. In: *Annals of the Association of American Geographers* 86(3) set.
- Kömer, C. (1994) Scaling from species to vegetation: the usefulness of functional groups. In: *Biodiversity and ecosystem function*. 117 - 140 p
- Kulke, U. (1998). O planeta esgotado. *New World*. fev. (1):38-40 p.
- Lima, M.J. A. (1984). *Ecologia humana*. Vozes, Petrópolis, Rio de Janeiro. 163 p..
- Linden, E. (1996) *Exploding cities*. *Foreign Affair* jan./fev., 52-66.
- Lucena, G. (1997) Novas fábricas ampliam opções de compra. *O Estado de São Paulo*. 8 jun, NET Estado, p. 1-2.
- MacFadyen, A. (1964). Energy flow in ecosystems and its exploitation by grazing. In: Crisp, D.J. (Org.) *Grazing in terrestrial and marine environments*. Blackwell Scientific Publications, Oxford. p. 27-55.
- Machado, P. de A (1985). *Ecologia humana*. Cortez, CNPq Editora Autores Associados, São Paulo. 173 p.
- Mandelbrot, B.B. (1975). *Les object fractal: forme, hasard et dimension*. Flammarion, Paris.
- McNeely, J.A. et al. (1995). Human influences on biodiversity. In: UNEP. *Global biodiversity assessment*. Cambridge University Press, Cambridge, GB p.711-821. 1140 p.
- Marsicano, K. (1993). Tráfego na EPTG deverá superar cem mil veículos por dia até o ano 2000. *Correio Braziliense*. Brasília, 31 out. Cidades, p.3.
- (1998) Todo mês, 6 mil novos veículos nas ruas. *Correio Braziliense*. Brasília, 13 set. Caderno Cidades. p. 3
- Mellanby, K. (1980). *The biology of pollution*. Edward Arnold Publishers, London. 89 p.
- Mendes, A. (1998) GAC discute fluxo migratório no DF. *Gazeta Mercantil do DF* Suplemento especial sobre ocupação territorial. Brasília, Distrito Federal, 26 maio, p.1.
- Meyer, W.B. e Turner II, B.L. (1992). Human population growth and global land -use/cover change. *Annual review of ecology systematic*. 23: 36-61.
- Miller, K.R. (1997). *Em busca de um novo equilíbrio*. MMA, IBAMA, Brasília. 94 p.
- Miller, R.B. (1994) Interactions and collaboration in global change across the social and natural science. In: *Ambio* 23(1): 19-24.
- Miller Jr., G.T. (1975). *Living in the environment - concepts, problems and alternatives*. Wadsworth Publishing Company, Inc. Belmont, California. 380 p.
- Mitchell, J.F.B. (1990). Equilibrium climate change and its implication for the future. In: Houghton, J.T. et al. (Eds.) *Climate change: the IPCC scientific assessment*. Cambridge University Press, Cambridge, GB p.135-164.
- Mooney, H.A. (1991). Emergence of the study of global ecology: is terrestrial ecology an impediment to progress? *Ecological Applications*. 1(1) p. 2-5.
- (1995). Biodiversity and ecosystem functioning: basic principles. In: UNEP. *Global biodiversity assessment*. Cambridge University Press, Cambridge, GB. P.275-325. 1140 p.

- Moore III, B. e Braswell Jr, B.H. (1994) Planetary metabolism: understanding the carbon cycle. *Ambio*. Royal Swedish Academy of Science. fev. 23(1): 4-12 p.
- Mortimore, M. (1989). *Adapting to drought: farmers, famines and desertification in West Africa*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Moser, T. J. (1992). Anthropogenic contaminants. In: Dunnet, D.A. e O'Brien, R.J. (Ed.) *The science of global change*. American Chemical Society, Washington, DC. p.134 –146. 498 p.149 p. 498 p.
- Myers, N. (1996) *Ultimate security: the environment basis of political sustainability*. Island Press. Washington D.C.
- National Institute of Urban Affairs (NIUA) (1994). *Urban environmental maps*. New Delhi, India, p.1.44
- Negret, A (1983) Diversidade e abundância da avifauna da Reserva Ecológica do IBGE, Brasília, Universidade de Brasília, Tese de Mestrado.
- Newell, N.D. e Marcus, L. (1987) . Carbon dioxide and people. In: *Palaios* 2:101-103.
- Odum, E.P. (1985). *Ecologia*. Interamericana, Rio de Janeiro. 434 p.
- (1985). Trends expected in stressed ecosystems. *BioScience*. 35(7) p. 419-422.
- Odum, H.T. et al. (1993). *Environment and society in Florida*. Center for Environmental Policy, University of Florida, Gainesville. 446 p.
- Oliveira, J. de (1998) Cigarro ameaça 100 milhões na China. *Correio Braziliense*. Brasília, DF. Caderno Mundo. 20 nov. p.7.
- Olivier, G. (1979) *Ecologia humana*. Interciência, Lisboa, 104 p.
- O'Neill R.V. (1989) Perspectives in hierarchy and scale. In: . Roughgarden, J. et al. (Ed.) *Perspective in ecological theory*. Princeton University Press. 140 – 156 .
- Ott, W.R. e Roberts, J.W. (1998). Everyday exposure to toxic pollutants. *Scientific American*. Feb. 86 – 91 p.
- Pádua, M.T.J. (1996) Conservação *in situ*: unidades de conservação. In: *Alternativa de desenvolvimento dos cerrados* IBAMA, Brasília p.68 – 73.
- Pauly, D. e Christensen, V. (1995) Primary production required to sustain global fisheries *Nature* 374: 255-257.
- Pelto, P.J. e Pelto, G.H. (1978). *Anthropological research*. 2ª edição. Cambridge University Press, Cambridge. 333 .
- Penner, J. The role of human activity and land use change in atmospheric chemistry and air quality. In: Meyer, W.B e Turner, B.L. II (Ed.) *Global land-use/land-cover change*. OIES. Boulder.
- Phillips, O. e Gentry, A.H. (1994). Increasing turnover through time in tropical forest. *Science*. 263: 954-958.
- Phillipson, J. (1977). *Ecologia energética*. 2ª edição. Companhia Editora Nacional, São Paulo. 93 p.
- Pimm, S.L. e Gilpin, M.E. (1989) Theoretical issues in conservation biology. In: Roughgarden, J. et al. (Eds.) *Perspectives in ecological theory*. Princeton University Press, Princeton, NJ. P.287-305.
- Pontes, O. (1994) Drama cresce apesar dos assentamentos. *Correio Braziliense* Brasília, 13 nov. Caderno Cidade, p.27.
- Raich, J.W. e Potter, C.S. (1996). *Global patterns of carbon dioxide emissions from soil on a 0.5-degree-grid-cell basis*. CDIAC database, ORNL Oak Ridge, TN. 5 p.
- Raven, P.H. ((1984). What the fate of the rain forests means to us. In: Ehrlich, P. e Holdren, J.P. (Eds.) *The cassandra conference – resources and the human predicament*. Texas A & M University Press, 11-123 p., 330 p.
- Raynaud et al. (1993). The ice core record of green-house-gases. *Science* 259: 926 -934.

- Rees, W. (1990) The ecology of sustainable development. *The ecologist*. 20(1): 18-23.
- Rees, W.E. (1998). *Revisiting carrying capacity: area-based indicators of sustainability*. The University of British Columbia, Vancouver, Canada. 17 p.
- Ribemboim, J. (1997). Mudando os padrões de produção e consumo. In: Ribemboim, J. (Org.) *Mudando os padrões de produção e consumo*. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal / Ibama, Brasília. 13-30 p.
- Schlesinger, W.H. (1991). *Biogeochemistry: an analysis of global change*. Academic Press, San Diego, California.
- Schnaiberg, A. (1980). *The environment: from surplus to scarcity*. Oxford University Press. New York.
- Schneider, E. e Kay, J. (1992). *Life as a manifestation of the second law of thermodynamics*. Ontario University of Waterloo, Faculty of Environmental Studies, Waterloo. Working Paper Series.
- Schneider, S.H. (1984). Climate and food: signs of hope, despair and opportunity. In: Ehrlich, P. R. e Holdren, J.P. (Eds.) *The cassandra conference – resources and the human predicament*. Texas A & M University Press, 17-51 p., 330 p.
- Seed, J. (1997). A floresta tropical como professora. In: Nicholson, S. e Rosen, B. *A vida oculta de Gaia*. Gaia, São Paulo. p.288-291. 299 p.
- Shiklomanov, I. (1993). World fresh water resources. In: Gleick, P.H. (Ed.) *Water in crisis: a guide to the world's fresh water resources*. Oxford University Press, New York. p.20
- Silva, P.M. da (1975). *A poluição*. DIFEL, Rio de Janeiro, RJ. p.102. 119 p.
- Silva, U.G. (1995) Uma política habitacional equivocada. *Correio Braziliense*. Brasília, 12 fev. Guia de imóveis, p.1.
- Simon, J. (1981) *The ultimate resource*. Princeton University Press. Princeton, New Jersey.
- Simonsen Associados (1998) Quem é quem de Norte a Sul. In: *Amanhã*. XIII (134) set. 46-68 p.
- Skole, D. e Tucker, C. (1993). Tropical deforestation and habitat fragmentation in the Amazon. *Science*. 260:1905-1910
- Sloof, J.E. e Wolterbeek, B. (1993). Interspecies comparison of lichens as biomonitors of trace-element in air pollution. *Environmental Monitoring Assessment* 25: 149-157.
- Smith, D.A. e London, B. (1990). Convergência na urbanização mundial? Uma avaliação quantitativa. In: *Urban Affairs Quarterly*. 25: 574-590.
- Soulé, M.E. e Wilcox, B.A. (1980). *Conservation biology: na evolutionary-ecological approach*. Sinauer Associates. Sunderland, Massachusetts.
- Stem, Paul C. (Org) (1993) *Mudanças e agressões ao meio ambiente*. Makron Books, São Paulo. 314 p.
- Stem, P.C. (1993) A second environmental science: human-environmental interactions.2 *Science* 260: 1897-1899.
- Sutton, D.B. e Harmon, N.P. (1973) *Ecology: selected concepts*. John Wiley & Sons, Inc., New York, 287 p.
- Todd, J. (1990). Uma categoria econômica baseada na ecologia. In: Thompson, W.I. (Org.). *Gaia: uma teoria do conhecimento*. Gaia, São Paulo. 123-139 p. 203 p.
- Trefil, J. (1977). Phenomena, comment and note. *Scientific American*. (5) p.30-31.
- Troppmair, H. (1997). Avaliação de impacto ambiental pela alteração da cobertura vegetal. In: Martos e Maia (Coord.). *Indicadores ambientais*. Shell Brasil S.A. p. 186-189. 266 p.
- Turner II, B.L. et al. (1990) *The earth as transformed by human action*. Cambridge University Press, Cambridge, England

- (1991). Dois tipos de mudança ambiental global: As questões de escala espacial e de definição em suas dimensões humanas. *Global Environmental Change*. 1(1): 14-22..
- (1994). Global land-use/land-cover change: towards an integrated study. *Ambio*. 23 (1): 91-95 p.
- Uhl, C. e Kauffman, J.B. (1990). Deforestation, fire susceptibility and potential tree response to fire response in the Eastern Amazon. *Ecology*. (71) : 437-449 p.
- Ultramari, C. (1998) A viabilidade do desenvolvimento urbano sustentável para as cidades. In: *Desenvolvimento Urbano & Meio Ambiente* Unilivre, Curitiba, mai/jun, 33:1-4
- UNESCO (1980) *Las grandes orientacionaes de la Conferencia de Tbilisi*. Paris. 107 p
- UNESCO (1981) Energia para o século XXI. In: *O Correio da UNESCO*. Rio de Janeiro, 9 (9) set.
- UNESCO, Habitat, (1994). *Indicadores urbanos y de vivienda*. Comisión de Asentamientos Humanos, ONU, HS/C/15/3/Add. Dez. 1994, Nairobi, 7 9., 9 9.
- UNESCO (1987) *Resumem MAB de Ecología Urbana y Humana*. 2a. Edição. ROSTLAC, Montevideo 205 p.
- UNESCO (1996) *Humanizing the city*. Habitat II City Summit. Istanbul, Turkey. Jun.
- UNESCO (1997) The chemistry of atmospheric policy. In: *Contact* vol.XXII n.2 Paris 1-3 p.
- Unilivre – Universidade Livre do Meio Ambiente (1997). Mais lixo. In: *Desenvolvimento urbano e meio ambiente*. 32 ano 6 nov.dez. p.4.
- URBS – Urbanização de Curitiba (1998) Curitiba testa carro elétrico. In: *Gestão Ambiental Urbana* 6 jul./ago. Universidade Livre do Meio Ambiente, Curitiba, Paraná. p.4.
- Valbracht, D. (1998). Curando a humanidade e a terra. In: Nicholson, S. e Rosen, B. *A vida oculta de gaia*. Gaia, São Paulo. p.273-279. 299 p.
- Viola, E. (1995) *As dimensões do processo de globalização e a política ambiental*. XIX Encontro Anual da ANPOCS. Caxambú, 22 p.
- (1995). Vision for Brazil in the year 2050. In: Nagpal, T. e Foltz, C. (Eds.). *Choose our future – visions of a sustainable world*. WRI The 2050 Project. P. 96-100.
- (1996). A multidimensionalidade da globalização, as novas forças sociais transnacionais e seu impacto na política ambiental do Brasil, 1989-1995. In: Viola, E. e Ferreira, L.da C. (Orgs.) *Incertezas de sustentabilidade na globalização*. Editora da Unicamp. Campinas, São Paulo. P.15-65. 331 p.
- UNDP – ONU. *Human development report*. 1995, 1996 e 1997, New York
- Vitousek, P.M. et al. (1986). Human appropriation of the products of photosynthesis. *BioScience*. 36:368-373.
- Vitousek, P.M. (1994). Beyond global warming: ecology and global change. In: *Ecology* 75 (7): 1861-1876
- Wackemagel et al. (1998). *Ecological footprint of nations*. Centro de Estudios para la Sustentabilidade, Universidad Anáhuac de Xalapa, México.
- Wackemagel, M. e Rees, W. (1996). *Our ecological footprint*. The new catalyst bioregional series. New Society Publishers. Gabriola Island, B.C. Canada 160 p.
- Wassemann, R. (1998). Inimigos do automóvel ganham a Internet. *O Estado de São Paulo*. Cidades, Ambiente. São Paulo, SP. 13 abr., p. C4.
- Watson, R.T. et al. (1990). Greenhouse gas and aerosols. In: Houghton, J.T. et al. (Eds.) *Climate change: teh IPCC scientific assessment*. Cambridge University Press, Cambridge, GB. P.5-40.
- Webb, E.J. et al. (1972) *Inobtrusive measures*. 8ª edição. Rand McNally & Company, Chicago. 225 p.

- Weeb, T.I. e Bartlein, P.J. (1992). Global change during the last three million years: climate controls and biotic responses. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 23: 141-174.
- Whitmore, T. et al.. (1991) Mudança populacional a longo prazo. In: *The earth as transformed by human action*, Turner, B.L. et al.(Eds.) Cambridge University Press, New York. 25-39 p.
- Williamson, M.H. e Lawton, J.H. (1994). Fractal geometry of ecological habitats. In: *Habitat structure*. Chapman & Hall, London. p.69-86. 438 p.
- Wolman, A. (1965). The metabolism of cities. *Scientific American*. 213 (3) sep. p.179 – 190.
- World Energy Council (1993). *Energy for tomorrow's world: the reality, the real options and the agenda for achievement*. Kogan Page, London and St.Martin's Press, New York. P.51
- Worldwatch Institute. (1994). *Vital signs*. W.W. Norton, New York, N.Y.
- WRI, IUCN, UNEP (1992). *Global biodiversity strategy: guidelines for action to save, study, and use earth's biotic wealth sustainably and equitably*. Washington, DC
- Xavier, L. (1979). *Vegetais detetores de poluição atmosférica*. Mimeo. Universidade de Brasília, Departamento de Biologia Vegetal, Brasília. 35 p.
- Zegras, C. (1997). Urban transportation. In *The urban environment. A guide to the global environment*. WRI, New York, Oxford University Press. p. 81-102 365 p.
- Zanatta, M. (1998) Água determinará o futuro do DF e do entorno. *Gazeta Mercantil Distrito Federal*. Suplemento especial sobre ocupação territorial. Distrito Federal, 26.05.1998, p.1.

ANEXOS

8. ANEXOS

A. Alerta dos cientistas do mundo à sociedade.

Publicado em Washington, DC, pela *Union of Concerned Scientists* em 18 de novembro de 1992, em nome de **1600** cientistas, incluindo a maioria dos ganhadores vivos do Prêmio Nobel na área científica.

Os seres humanos e o mundo natural estão em rota de colisão. As atividades humanas provocam danos sérios e frequentemente irreversíveis no meio ambiente e em recursos cruciais. Se não forem detidas, muitas das nossas atividades colocam em sério risco o futuro que desejamos para a sociedade humana, e para os reinos vegetal e animal, e podem alterar tanto o mundo dos seres vivos que ele se tornará incapaz de sustentar a vida da maneira que conhecemos. Mudanças fundamentais são urgentes se queremos evitar a colisão que a nossa rota atual irá causar

O meio ambiente está recebendo traumas cruciais:

Atmosfera - a diminuição da camada de ozônio na estratosfera nos ameaça com um aumento da radiação ultra-violeta na superfície da Terra, o que pode ser danoso ou mortal para muitas formas de vida. A poluição do ar próxima do nível do solo e a chuva ácida já estão provocando vários danos a homens, florestas e colheitas;

Reservas de água - a exploração desenfreada de suprimentos não renováveis de lençóis de água, põe em risco a produção de alimentos e outros sistemas humanos essenciais. O uso descontrolado das águas superficiais da Terra provocou seca em cerca de 80 países, contendo 40% da população do mundo. Poluição dos rios, lagos e lençóis d'água limitam mais ainda o suprimento;

Oceanos - a destruição nos oceanos é grave, particularmente nas regiões costeiras, que produzem a maior parte dos peixes para alimentação do mundo. O total da pesca marinha está no ou acima do nível máximo sustentável. Alguns pesqueiros já mostram sinal de colapso. Rios levando cargas pesadas de solo erodido para o mar, também carregam lixo industrial, municipal, da agricultura e da pecuária. Parte desse lixo é tóxica;

Solo - perda de produtividade dos solos, que está causando abandono das terras extensivas, é um resultado comum dos métodos atuais de agricultura e pecuária. Desde 1945, 11% da superfície coberta por vegetação na Terra foram devastados - uma área maior do que a Índia e a China juntas - e a produção de comida *per capita* em muitas partes do mundo está caindo;

Florestas - florestas úmidas tropicais, assim como florestas temperadas, estão sendo destruídas rapidamente. Nas taxas atuais, alguns tipos de florestas cruciais terão desaparecidas em alguns anos, e a maior parte da floresta tropical úmida terá acabado antes do final do próximo século. Com elas irão muitas espécies de animais e plantas;

Espécies - por volta de 2100 pode-se ter extinto 1/3 de todas as espécies vivas agora. Estamos perdendo o potencial que elas têm de fornecer remédios e outros benefícios, bem como a contribuição que a diversidade genética proporciona à robustez dos sistemas biológicos, e ao embelezamento da Terra;

Muitos desses danos são irreversíveis por séculos ou permanentemente. Outros processos parecem provocar perigos adicionais. Níveis crescentes de gases na atmosfera,

provenientes das atividades humanas, incluindo CO₂ liberado na queima de combustíveis fósseis e durante desflorestamentos, podem alterar o clima em uma escala global. A previsão de aquecimento global ainda é incerta – com efeitos projetados variando do tolerável ao muito severo – mas os riscos potenciais são muito grandes.

Nossa irresponsabilidade em relação às redes interdependentes da vida – mais os danos ambientais causados por desflorestamentos, diminuição de espécies e mudanças climáticas – podem causar vários efeitos adversos, incluindo colapsos imprevisíveis de sistemas biológicos críticos, cujas interações e dinâmicas só entendemos imperfeitamente.

A incerteza quanto à extensão desses efeitos não deve servir de desculpa para a complacência ou retardamento em enfrentar essas ameaças.

População - A Terra é finita. Sua habilidade em absorver refugos e efluentes destrutivos é finita. Sua capacidade em prover energia e comida para um número crescente de pessoas é finita. Estamos nos aproximando rapidamente de muitos dos limites da Terra. As práticas econômicas atuais que prejudicam o meio ambiente, tanto em nações ricas quanto em nações em desenvolvimento, não podem continuar sem o risco de que sistemas globais vitais venham a ser danificados além da possibilidade de conserto.

Pressões resultantes do crescimento descontrolado da população fazem exigências ao mundo natural que podem sobrepujar quaisquer esforços para alcançar um futuro sustentável. Se quisermos parar a destruição do meio ambiente, devemos impor limites a esse crescimento. Uma estimativa do Banco Mundial indica que a população mundial não se estabilizará em menos de 12,4 bilhões, ao passo que a ONU conclui esse número pode chegar a 14 bilhões, quase o triplo dos valores atuais. Mas, neste mesmo momento, uma pessoa em cada cinco vive em pobreza absoluta, sem Ter o suficiente para comer, e uma em dez sofre de desnutrição grave.

Não mais do que uma ou poucas décadas restam antes que a chance de impedir essas ameaças se perca, e que as perspectivas para a humanidade diminuam incomensuravelmente.

ALERTA

Nós os abaixo assinados, membros seniores da comunidade científica mundial, pela presente, alertamos toda a humanidade sobre o que nos espera. Se faz necessária uma grande mudança na forma como nos servimos da Terra e dos seus seres vivos, se quisermos evitar grande sofrimento humano e a mutilação irreversível do nosso lar global.

O QUE DEVEMOS FAZER

1. Devemos controlar as atividades prejudiciais ao ambiente, para restaurar e proteger a integridade dos sistemas terrestres dos quais dependemos. Devemos, por exemplo, abandonar os combustíveis fósseis e utilizar fontes de energia mais benignas e abundantes, para cortar a emissão de gases causadores do efeito estufa, e a poluição do ar e da água. Deve ser dada prioridade ao desenvolvimento de fontes de energia adequadas às necessidades do Terceiro Mundo- de pequena escala e relativamente fáceis de implementar. Devemos por um fim ao desflorestamento, aos danos e à redução das terras cultiváveis, e à perda de espécies vegetais e animais terrestres e marinhas.

2. Devemos administrar os recursos cruciais ao bem-estar humano, mais eficientemente. Devemos dar alta prioridade ao uso eficiente de energia, água e outros recursos, incluindo a expansão da reciclagem e da conservação.

3. Devemos estabilizar a população. Isso só será possível se todas as nações reconhecerem que isto requer melhorias das condições sociais e econômicas, e a adoção de um planejamento familiar eficiente e voluntário.

4. Devemos reduzir e, finalmente, eliminar a pobreza.

5. Devemos garantir a igualdade de gênero, e o controle da mulher sobre suas próprias decisões reprodutivas.

As nações desenvolvidas são as maiores poluidoras do mundo atual. Elas devem reduzir o seu consumo excessivo, se quisermos diminuir a pressão sobre os recursos ambientais globais. As nações desenvolvidas têm a obrigação de fornecer ajuda e apoio às nações em desenvolvimento, porque só as nações desenvolvidas possuem os recursos financeiros e os meios técnicos para isso.

Agir desse modo não é altruísmo. É agir esclarecidamente para o interesse próprio: estamos todos no mesmo barco, industrializados ou não. Nenhuma nação pode escapar dos danos aos sistemas biológicos globais, nem dos conflitos em torno de recursos crescentemente escassos. Além disso, as instabilidades ambientais e econômicas irão provocar migrações em massa, com consequências incalculáveis tanto para nações desenvolvidas como para subdesenvolvidas.

Nações em desenvolvimento devem perceber que o dano ambiental é uma das maiores ameaças que elas enfrentam, e que as tentativas de impedi-lo serão sobrepujadas se as suas populações continuarem a crescer. O maior perigo é cair em um círculo vicioso de declínio ambiental, pobreza e intranquilidade, levando a um colapso social, econômico e ambiental.

O sucesso dessa empreitada global dependerá de uma grande redução na violência e na guerra. Atualmente destina-se mais de um trilhão de dólares anuais à preparação e execução de guerras. Esses valores deverão ser aplicados em novas tarefas.

Uma nova ética se faz necessária – uma nova atitude em relação a nossa responsabilidade por nós mesmos e pela Terra. Devemos reconhecer a capacidade limitada da Terra em sustentar a espécie humana. Devemos reconhecer a sua fragilidade (sic). Não devemos permitir mais que ela seja devastada. Essa ética deve motivar um grande movimento, convencendo líderes relutantes e governos relutantes a efetuar as mudanças necessárias.

Os cientistas que fazem este alerta esperam que essa mensagem alcance e afete pessoas em todas as partes. Precisamos da ajuda de muitos

Pedimos a ajuda da comunidade científica mundial – cientistas naturais, sociais, econômicos, políticos;

Pedimos a ajuda dos líderes religiosos do mundo; e

Pedimos a ajuda dos povos do mundo.

Convidamos a todos para que se juntem à nós nessa tarefa.

Obs: Assinaram este ALERTA centenas de cientistas proeminentes, dentre os quais 101 laureados com o Prêmio Nobel, a maioria da área científica. (os nomes estão na ordem de assinatura).

Philip Anderson
Christian Anfinsen
Werner Arber
Julius Aschoff
David Baltimore
George Bednorz
Baruj Benaceraf
Sune Bergström
Hans Bethe
Michael Bishop
Konrad Bloch
Nicholas Bloembergen
Beruch Blumberg
Norman Borlaug
Adolph Butenandt
Georges Charpak
Stanley Cohen
John Comforth
E.J. Corey
Jean Dausset
Gerard Debreu
Johann Deisenhofer
Renato Dulbecco
Manfred Eigen
Gertrude Elion
Richard Ernst
Val Fitch
William Fowler
Jerome Friedman
Kenichi Fukui
Carlton Gajdusek
Murray Gell-Mann
P.G. de Gennes
Donald Glaser

Sheldon Glashow
Roger Guillemin
Herbert Hauptman
Dudley Herschbach
Gerard Herzberg
Antony Hewish
George Hitchings
Dorothy Hodgkin
Roald Hoffman
Robert Holley
François Jacob
Jerome Carle
Henry Kendall
John Kendrew
Klaus von Klitzing
Aaron Klug
Leon Lederman
Yuan T. Lee
Jean-Marie Lehn
Wassily Leontief
Rita Levi-Montalcini
William Lipscomb
James Meade
Simon van der Meer
Hartmut Michel
Cesar Milstein
Franco Modigliani
Nevill Mott
Joseph Murray
Louis Neel
Erwin Neher
Marshall Nirenberg
George Palade
Linus Pauling

John Polanyi
George Porter
Ilya Prigogine
Edward Purcell
Tadeus Reichstein
Burton Richter
Frederic Robbins
Carlo Rubia
Abdus Salam
Frederic Sanger
Melvin Schwartz
Julian Schwinger
Glen Seanborg
Kai Siegbahn
Herbert Simon
George Snell
Roger Sperry
Jack Steinberg
Donnall Thomas
Jan Timbergen
Samuel T. T. Ting
James Tobin
Alexander Todd
Susumu Tonegawa
John Vane
Harold Varmus
George Wald
E.T.S. Walton
James Watson
Thomas Weller
Torsten Wiesel
Maurice Wilkins
Geoffrey Wilkinson

B. Os Indicadores Ambientais Urbanos

No "Painel de Especialistas em Indicadores Urbanos" (Nairobi, Quênia, 1994) foram propostos os seguintes módulos para os indicadores urbanos:

- | | |
|--|-----------------------------|
| I - Pobreza, emprego e produtividade urbana; | II - Desenvolvimento social |
| III - Infra-estrutura | IV - Vias de comunicação |
| V - Gestão ambiental | VI - Governo local |

Quadro de indicadores de qualidade ambiental urbana

<u>Objetivos</u>	<u>Indicadores</u>
Melhorar a qualidade do ar nas cidades	<ul style="list-style-type: none"> { Concentração de contaminantes do ar Emissões <i>per capita</i> Padecimentos respiratórios graves, mortais
Melhorar a qualidade da água nas cidades	<ul style="list-style-type: none"> { % águas residuais tratadas % de remoção do DBO Custo do tratamento de águas residuais Redução do nível do lençol freático Níveis de contaminação na entrega da água Reciclagem de água tratada Nível de tratamento
Melhorar os serviços de coleta e disposição de resíduos sólidos.	<ul style="list-style-type: none"> { Volume de resíduos sólidos gerados Métodos de disposição de resíduos sólidos Regularidade na coleta de resíduos sólidos Resíduos biodegradáveis Níveis de reciclagem Custo médio de disposição de resíduos Recuperação de custos
Garantir o uso sustentável dos recursos	<ul style="list-style-type: none"> { Consumo de energia <i>per capita</i> Uso de lenha como combustível Uso de energia renovável Consumo de alimentos (kilojoule)
Redução dos efeitos de desastres naturais e tecnologia	<ul style="list-style-type: none"> { Moradias em zonas de risco Mortalidade por desastres Moradias destruídas Acidentes industriais fatais
Melhorar o ambiente natural e construído	<ul style="list-style-type: none"> { Áreas verdes Registro de monumentos

Adaptado do Programa de Indicadores Urbanos (UNESCO, Habitat, 1994).

Pode-se depreender desta listagem, as dificuldades que serão encontradas pelos técnicos para efetivar aqueles modelos "simples" de interpretação das tendências de variações da qualidade ambiental urbana, preconizados nas bases conceituais do sistema! Muitos desses indicadores são subjetivos, de difícil quantificação ou então acoplados a uma complexidade que os torna inexecutáveis. O sistema está em constante aperfeiçoamento. No Brasil, a Unilivre de Curitiba lidera os esforços nacionais neste sentido.

C. Fotografias de satélite comparativas 1973-1992.

Região do estudo em 1973

Brasília, Brasil

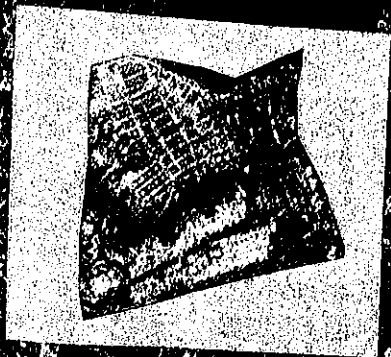


Landsat MSS
Date: 01-Aug-1973
Bands: 4,2,1 (R,G,B)



Região do estudo em 1992

Brasília, Brasil



ndsat MSS
de: 25-Jun-1992
nds: 4,2,1 (R,G,B)

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 Kilometers

ERIM

“Não sabemos para onde vamos, mas estamos indo muito depressa”

R.Latarjet, 1972 (In: L'humanité établisée)