

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA E LIMNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
SUSTENTABILIDADE DE ECOSISTEMAS – PPGSE**

**AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE BIOFÍSICA  
DO SOCIOECOSSISTEMA SÃO LUIS,  
ATRAVÉS DO ÍNDICE PEGADA ECOLÓGICA.**

**Alexsandra Maura Costa Bernal Martin**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**SÃO LUÍS – MA  
2008**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA E LIMNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
SUSTENTABILIDADE DE ECOSISTEMAS – PPGSE**

**AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE BIOFÍSICA  
DO SOCIOECOSSISTEMA SÃO LUIS,  
ATRAVÉS DO ÍNDICE PEGADA ECOLÓGICA.**

**Alexsandra Maura Costa Bernal Martin**

Dissertação apresentada ao  
Programa de Pós-Graduação  
Sustentabilidade de Ecossistemas,  
como requisito parcial à obtenção  
do título de Mestre em  
Sustentabilidade de Ecossistemas.

**Orientador: Prof. Dr. Claudio Urbano Bittencourt Pinheiro**

**Co-Orientador: Prof. Dr. Edson Dausaker Bidone**

**São Luís – MA  
2008**

Martin, Alexandra Maura Costa Bernal.

Avaliação da Sustentabilidade biofísica do socioecossistema São Luís através do índice Pegada Ecológica / Alexandra Maura Costa Bernal Martin. – São Luís, 2008.

104p.

Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade de Ecossistemas) – Universidade Federal do Maranhão; 2008.

1. Pegada Ecológica – Índice
  2. Sustentabilidade
- I. Título

CDU 574.4 / . 5

**... Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo,  
qualquer um pode começar agora e fazer um novo fim.**

Chico Xavier

**Aos apaixonados pela causa.**

**Aos meus filhos.**

## AGRADECIMENTOS

À Maria, mãe, mestra e rainha de minha vida.

À minha família, especialmente a Ozenilde e Walter, mãe e marido, meus pilares de sustentação. Vocês são meu tudo!

À Idacir de Jesus (D. Darci), que foi uma segunda mãe para meus filhos nesses dois anos.

À meu pai, José Luis Bernal, por ter incutido em mim a vontade de fazer ciência e a consciência de que sou uma cidadã do mundo.

Aos meus orientadores, Prof. Dr. Claudio Urbano B. Pinheiro e Prof. Dr. Edson Dausaker Bidone, pela atenção, paciência e incentivo dispensados. Vocês foram show!  
Muito obrigada!

Aos colegas do mestrado, pela alegria, incentivo e discussões “sustentáveis” nesses dois anos.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	18
2.1. A cidade como ecossistema .....	18
2.2. A cidade como ecossistema humano .....	22
2.3. Indicadores e índices de sustentabilidade .....	24
2.3.1. A Pegada Ecológica.....	28
2.3.1.1. A Pegada Ecológica no Brasil .....	33
3. METODOLOGIA .....	35
SEÇÃO I – CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, BIÓTICA, HISTÓRICA E SOCIECONOMICA DA ÁREA DE ESTUDO .....	37
3.1. Caracterização Física e Biótica .....	37
3.1.1. Clima .....	39
3.1.2. Geologia / Recursos Minerais / Geomorfologia .....	39
3.1.3. Solos e Aptidão Agrícola .....	40
3.1.4. Cobertura Vegetal .....	41
3.1.5. Uso atual dos solos .....	42
3.1.6. Recursos Hídricos Superficiais e Hidrogeologia .....	43
3.1.7. Complexo Estuarino .....	44
3.2. Formação Histórica e Expansão da Cidade .....	45
3.2.1. Características da População .....	48
3.2.1.1. Densidade Demográfica .....	48
3.2.1.2. Crescimento Populacional .....	51
3.2.1.3. Diversificação dos Setores Econômicos.....	51
SEÇÃO II – COMPONENTES DA PEGADA ECOLÓGICA .....	52
3.3. Levantamento dos Elementos do Metabolismo ecossistêmico.....	52
3.3.1. Consumo .....	52
3.3.1.1 Combustíveis .....	52
3.3.1.2. Alimentos .....	52
3.3.1.3. Produtos Madeireiros.....	54
3.3.1.4. Energia Elétrica .....	54
3.3.1.5. Água .....	55
3.4. Resíduos Sólidos .....	56
3.5. Usos e cobertura do solo.....	56

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	58
4.1. O poder dos combustíveis .....	58
4.2. O consumo de Alimentos .....	61
4.3 Produtos madeireiros: A importância da cobertura vegetal.....	66
4.4. Energia Elétrica – A luz do mundo .....	70
4.5. Água .....	73
4.6. Resíduos Sólidos – os restos de uma história.....	75
4.7. Biocapacidade - Uso e Cobertura do Solo.....	77
4.8. Outras contribuições ao metabolismo ecossistêmico .....	83
4.8.1. Sequestro de CO <sub>2</sub> pela produção primária.....	83
4.8.2. A respiração humana .....	85
4.8.3 O índice de preservação ambiental.....	86
5. CONCLUSÕES .....	88
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	92
REFERÊNCIAS	
APÊNDICES	
ANEXOS	

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Princípios dos ecossistemas nos ecossistemas urbanos .....	20
TABELA 2.2 - As 08 principais categorias de terras e uso destas para a avaliação da PE .....	29
TABELA 2.3 - Áreas construídas e seus fatores de equivalência. ....	32
TABELA 3.1. Fontes de energia e respectivos fatores de conversão.....	36
TABELA 3.2. Planilha de dados do município de São Luís (área km <sup>2</sup> ) .....	42
TABELA 3.3 - Volumes anuais de combustíveis do município de São Luís .....	52
TABELA 3.4 - Cesta básica brasileira de acordo com o DIEESE, com modificações .....	53
TABELA 3.5 - Área colhida de culturas permanente e temporária, em hectares, em São Luís, nos anos de 2000 e 2004.....	53
TABELA 3.6 - Rendimento médio (kg/ha) da produção por culturas em São Luís – MA, nos anos 2000 e 2004. ....	54
TABELA 3.7 - Consumo de energia elétrica em São Luis, em MWh, dos anos de 2000 e 2004.....	55
TABELA 3.8 - Resíduos Sólidos produzidos em SLS e depositados no Aterro da Ribeira. ....	56
TABELA 4.1 – Consumo de combustíveis, emissão de CO <sub>2</sub> , Pegada Ecológica – total, per capita e em equivalentes globais, no ano 2000. ....	60
TABELA 4.2 – Consumo de combustíveis, emissão de CO <sub>2</sub> , Pegada Ecológica – total, per capita e em equivalentes globais, no ano 2004.....	61
TABELA 4.3 - Áreas, em hectares e percentual, ocupadas pelas lavouras, permanente e temporárias, no município de São Luís, nos anos 2000 e 2004. ....	62
TABELA 4.4 - Efetivo de rebanhos (cabeças) do município de São Luís.....	62
TABELA 4.5 - Cesta básica brasileira de acordo com o DIEESE, acrescida de valores anuais.....	63
TABELA 4.6 - Rendimento médio (kg/ha) da produção por culturas em São Luís – MA, nos anos 2000 e 2004. ....	64
TABELA 4.7 – Tipos de alimentos, quantidades consumidas nos anos 2000 e 2004..	64



TABELA 4.8 – Consumo, produtividade e Pegada Ecológica da população nos anos 2000 e 2004. ....	65
TABELA 4.9 – Pegada Ecológica per capita nos anos 2000 e 2004. ....	65
TABELA 4.10 – Consumo, Pegada Ecológica, emissão de CO <sub>2</sub> , áreas global e <i>per capita</i> , em 2000 e 2004, de madeira serrada. ....	69
TABELA 4.11 - Consumo, Pegada Ecológica, emissão de CO <sub>2</sub> , áreas global e <i>per capita</i> , em 2000 e 2004, de madeira serrada e papel.....	69
TABELA 4.12 – Consumo, Pegada Ecológica em hectares e hectares globais em 2000.....	72
TABELA 4.13 – Consumo, Pegada Ecológica em hectares e hectares globais em 2004.....	72
TABELA 4.14 – Volumes totais produzidos e consumidos, consumo médio por habitante, perdas na distribuição e, extensão da rede de distribuição de água nos anos 2000 e 2004.....	74
TABELA 4.15. – Categorias de territórios em hectares e global hectares.....	81
TABELA 5.1 – Relação entre a Pegada Ecológica e a Biocapacidade nos anos 2000 e 2004.....	89
TABELA 5.2. – Pegada Ecológica per capita em hectares e hectares globais em 2000 e 2004.....	90
TABELA 5.3 – Saldo ecológico de São Luis em 2000 e 2004.....	90
TABELA 5.4. - Emissão de CO <sub>2</sub> por categoria de consumo em 2000 e 2004. ....	91

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Pegada Ecológica da humanidade, estimada em planetas, entre os anos de 1960 e 2003.....	16
FIGURA 2.1 - Modelo conceitual de ecossistema completo enfocando o ambiente externo, que deve ser considerado parte integrante do conceito de ecossistema.....	18
FIGURA 2.2 - Pirâmide da informação .....	26
FIGURA 2.3 - Pegada Ecológica por região com dados referentes a 2001. ....	30
FIGURA 3.1 - Localização geográfica do município de São Luís, Maranhão, Brasil .....	38
FIGURA 3.2 - Mapa de delimitação da área Urbana e Rural de São Luís.....	47
FIGURA 3.3 - Densidade habitacional relativa segundo o Plano Diretor do Município.....	50
FIGURA 3.4 – Mapa da cobertura vegetal do município de São Luís no ano 2003. ....	57
FIGURA 4.1. – Estrutura do cálculo da biocapacidade .....	78
FIGURA 4.2 – Categorias de território, suas áreas e porcentagens em relação ao total da área do município, no ano 2000.....	82
FIGURA 4.3 – Categorias de território, suas áreas e porcentagens em relação ao total da área do município, no ano 2004.....	82
FIGURA 4.4 – Constituintes de cada categoria de território, suas áreas em hectares e porcentagens em relação a todo o território municipal.....	83
FIGURA 5.1. Emissão de CO <sub>2</sub> por categoria de consumo em 2000 e 2004. ....	91

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABIP - Associação Brasileira de Indústria de Panificação

ANP – Agência Nacional do Petróleo

DIEESE – Departamento Intersindical de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos.

DS – Desenvolvimento Sustentável

EFM – Ecological Footprint Method

FAO – Fundo das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura

gha – *global hectare*

Gj – gigajoules

ha – hectare

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPCC – *Intergovernmental Panel Climate Change*

kwh – kilowatt hora

LPR – Living Planet Report ( Relatório Planeta Vivo)

ONU – Organização das Nações Unidas

PE – Pegada Ecológica

SEMOSP – Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos

SNIS – Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento

WWF - *World Wildlife Fund*

## RESUMO

Os 7,4 bilhões de hectares de terras ecologicamente produtivas disponíveis para o uso humano vêm diminuindo de forma abrupta, desde o século passado e, mais intensamente, nas últimas décadas, devido principalmente, ao aumento significativo da população humana mundial e do consumo produzido por esta. Diante dessa constatação, o conceito de sustentabilidade passou a fazer parte das agendas científicas, econômicas, sociais e políticas mundiais, donde indicadores e índices ambientais e de sustentabilidade foram criados com o objetivo de mensurar a produção e o consumo dos elementos naturais essenciais à vida, acompanhar seus níveis de perda/degradação para minimizar, substituir ou otimizar sua utilização. A Pegada Ecológica (WACKERNAGEL & REES, 1996) é um desses índices de sustentabilidade criado em 1996, reconhecido como analítico e educacional, que mede quanto de área de terra e mar são necessários para atender o consumo de produtos e serviços de uma população, de um processo ou de um indivíduo. Seus resultados são comparados com a área bioprodutiva disponível e expressam-se em termos de saldo ou déficit ecológico. As cidades são reconhecidas como desempenhando papel decisivo no desenvolvimento da civilização, inclusive porque mais da metade da população mundial, algo entre 58 e 61%, vive nelas. São Luís enquadra-se nos processos dinâmicos e históricos ocorridos no Brasil e no mundo, com uma taxa média de crescimento anual maior que a do Brasil e que a do Nordeste para o período de 1991-2000. O objetivo maior deste trabalho é estabelecer o índice de sustentabilidade Pegada Ecológica do município de São Luís nos anos 2000 e 2004, avaliando a sustentabilidade biofísica desse socioecossistema urbano através da análise do consumo de combustíveis, água, eletricidade, alimentos, madeira, da determinação das emissões de CO<sub>2</sub>, gás de efeito estufa, e das áreas naturais produtivas necessárias para sustentar e para assimilar os resíduos sólidos gerados. Além disso, busca comparar o resultado obtido com os de outros municípios do Brasil onde este índice já foi estabelecido, estimar a contribuição municipal às mudanças ambientais globais e contribuir para melhorar o planejamento, manejo e a geração de políticas. Foram acrescentadas, a título de maior conhecimento sobre o socioecossistema, a análise do CO<sub>2</sub> seqüestrado por um corpo d'água (rio Bacanga) e o índice de preservação ambiental da área. Como resultado, São Luís apresenta-se em déficit ecológico, necessitando para manutenção de suas atividades de uma área cerca de 20 vezes maior que a disponível. O elemento que mais contribuiu para esse resultado foi o consumo de combustíveis e o que menos influenciou foi o de água. Foram emitidas, em decorrência apenas do consumo de combustíveis, cerca de 2.087.179,546 toneladas de CO<sub>2</sub> para a atmosfera nos anos do estudo. Assim, diante do crescimento populacional, que provoca diminuição das áreas de proteção ambiental que prestam serviços ecológicos de manutenção da vida, faz-se necessário que os gestores públicos e cada cidadão ludovicense, revejam seus hábitos de consumo, primem pela utilização de tecnologias ambientalmente corretas e pela preservação dos ecossistemas.

**Palavras-chave:** Pegada ecológica – índice – sustentabilidade – município.

## ABSTRACT

The 7,4 billion hectares of lands ecologically productive available for human use are decreasing in an abrupt way, since last century and, more intensely, in the last decades, mainly due to the significant increase of the world human population and the consumption produced by that. From this fact, the concept of sustainability began to be part of the scientific economic, social and political world agendas. Indicators and indexes of environmental sustainability were created with the objective of measuring the production and the consumption of the essential natural elements to life, to follow the loss/degradation levels to minimize, to replace or to optimize their use. The Ecological Footprint it is one of those sustainability indexes created in 1996, recognized as analytic and educational, that measures how much of the land and sea areas are necessary to reach the consumption of products and services of a population, of a process or of an individual. The results are compared with the available bioproductive area and expressed in balance terms or ecological deficit. The cities are recognized as playing a decisive part in the development of the civilization as something between 58 and 61% of the world population live in cities. São Luís is included in the dynamic and historical processes that happened in Brazil and in the world, with an average annual growth higher than Brazil's and the Northeast region in the period of 1991-2000. The major objective of this study is to calculate the Ecological Footprint Index of the municipal district of São Luís in the years 2000 and 2004, evaluating the biophysical sustainability of that urban socio-ecosystem through the analysis of the consumption of fuel, water, electricity, food, wood, emissions of CO<sub>2</sub>, green house effect gas, and the productive natural areas necessary to sustain and to assimilate the generated solid residues. Moreover, to compare the result obtained with the one of other municipal districts of Brazil where this index was already established, to estimate the municipal contribution to the global environmental changes and to contribute to improve the planning, management and the generation of policies. Additionally, the analysis of CO<sub>2</sub> captured by a water body (Bacanga) was made and the index of environmental preservation of the area was calculated. As the result, São Luís showed an ecological deficit, and needs an area about 20 times larger than the available to maintain its activities. The element that more contributed to that result was the fuel consumption and the one that less influenced was the water. Only as the consequence of fuel consumption, about 2.087.179.546 tons of CO<sub>2</sub> were emitted to the atmosphere in the years of the study. Therefore, facing the population growth that causes decrease of the areas of environmental protection that provide ecological services of life maintenance, it is necessary that public decision makers and each São Luis citizen, review their consumption habits, look for the use of ecologically correct technologies and the conservation of the ecosystems.

**Key words:** Ecological footprint - index - sustainability - municipality.

## 1. INTRODUÇÃO

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 são semi-áridos. Os outros 1,5 bilhão de hectares estão 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, desse 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 da biosfera, 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, não se considerando os requerimentos para outras espécies. (WACKERNAGEL & REES, 1996)

As terras ecoprodutivas disponíveis por habitante do globo vêm diminuindo de forma abrupta, desde o século passado e, mais intensamente, nas últimas décadas, dispondo cada habitante da Terra atualmente de apenas de 1,5 ha (15.000 m<sup>2</sup>, ou uma área de 100m x 150m), dos quais apenas 0,24 ha são aráveis. (DIAS, 2002)

Cabe aqui salientar que **todos** os seres vivos necessitam dos elementos da natureza, (também chamados de recursos naturais) para manutenção de suas funções vitais e que durante muito tempo, esses elementos foram considerados bens inesgotáveis e vistos basicamente pela óptica econômica. Mas, com o aumento significativo da população humana mundial e do consumo produzido por esta, o espaço físico terrestre disponível pode não ser suficiente para nos sustentar (e aos outros seres vivos).

Em ambientes naturais e pouco antropizados, existe um equilíbrio, um balanço entre a produção de serviços e bens, o consumo destes e a dinâmica ecossistêmica. Em ambientes artificiais, como os ecossistemas urbanos, esse equilíbrio é seriamente ameaçado ou não existe e as populações humanas estão cada vez mais, mundialmente, concentrando-se nas cidades (socioecossistemas urbano-industriais). Apesar destas ocuparem apenas de 1 a 5% do globo, são indutoras diretas e indiretas de grandes impactos ao meio natural, tanto local quanto global, consumindo cem vezes mais energia que o equivalente rural, em área. (ODUM, 1985). As cidades precisam ser repensadas de forma a minimizar seus impactos negativos e seus processos de degradação.

A Terra entrou num período de mudanças ambientais globais que difere dos episódios anteriores por terem uma origem humana. Para entendê-las e prevêê-las, é

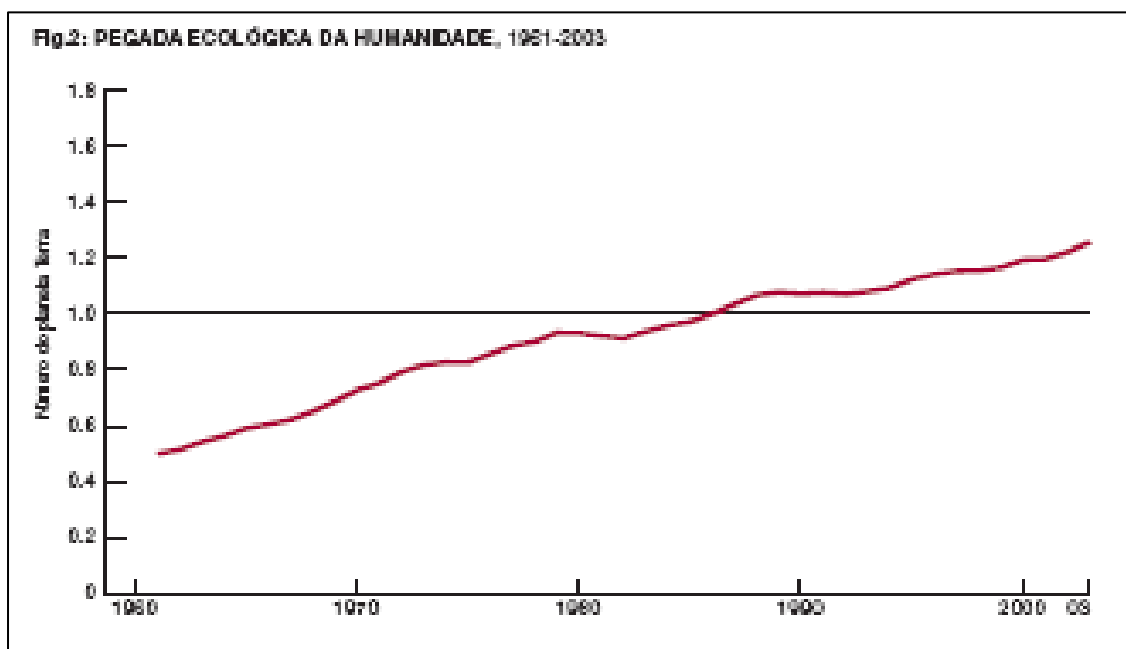
preciso concentrar-se nas interações entre os sistemas ambientais (atmosfera, biosfera, hidrosfera, geosfera) e os sistemas humanos (econômicos, políticos, tecnológicos, sociais, culturais): fontes, conseqüências, reações, valores.

Diante dessas constatações, conceitos como sustentabilidade passaram a fazer parte das agendas científicas, econômicas, sociais e políticas mundiais. Mensurar a produção e o consumo dos elementos naturais essenciais à vida, para acompanhar seus níveis de perda/degradação, com o intuito de minimizar, substituir ou otimizar sua utilização, foi o que levou pesquisadores das mais diversas instituições a criar metodologias, indicadores e índices ambientais e de sustentabilidade. Dentre eles a Pegada Ecológica (PE), tradução do inglês *Ecological Footprint Method* (EFM) (WACKERNALGEL & REES, 1996), que associa a sustentabilidade de uma dada área a uma redefinição da capacidade de suporte, permitindo estabelecer as implicações socioambientais induzidas pelos padrões de consumo e pelo metabolismo das atividades humanas nos ecossistemas, introduzindo a dimensão moral nas discussões ambientais. Economistas e ecólogos concordam que é necessário criar sistemas eficientes de avaliação dos impactos ambientais e de estimativas de seus custos, para ajudar a transformar a preocupação com a sustentabilidade em uma ação pública consistente.

Esse indicador tem sido um dos mais utilizados e difundidos mundialmente, existindo, inclusive, uma entidade criada para promovê-lo como uma ferramenta para o desenvolvimento de uma economia sustentável – a Rede Global da Pegada Ecológica ([www.footprint.network.org](http://www.footprint.network.org)) que coordena pesquisas, desenvolve normas metodológicas e fornece bases de recursos aos tomadores de decisões. De acordo com Andrade (2006), a aplicação do método em cidades aparece em menor número na literatura, pois dados nacionais e mundiais são normalmente mais fáceis de encontrar, estando disponibilizados em órgãos federais ou organizações mundiais como a FAO (Fundo das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação) e o IPCC (Painel Intergovernamental para as Mudanças Climáticas).

O *Living Planet Report* (Relatório Planeta Vivo), produzido desde 1998, com última versão de 2006, elaborado pela Rede WWF (World Wildlife Fund), juntamente com a Sociedade Zoológica de Londres e a Global Footprint Network, utiliza e atesta a PE como um índice confiável para mensurar a sustentabilidade biofísica de um determinado ambiente. Os últimos dados disponíveis (relativos a 2003) indicam que a humanidade mais que triplicou desde 1961 e que a capacidade de regeneração do mundo foi superada em 25%. A figura 1 mostra a Pegada Ecológica (PE) da humanidade em número de planetas, quando um planeta é igual a capacidade

biologicamente produtiva total da Terra em um ano. Em 2001, a PE da humanidade foi 2,5 vezes maior do que em 1961, e excedeu a capacidade biológica da Terra em cerca de 20%. Esta superação esgota o capital natural da Terra, e é, portanto, possível apenas por um período limitado de tempo.



Fonte: Living Planet Report, 2004.

**FIGURA 1 - Pegada Ecológica da humanidade, estimada em planetas, entre os anos de 1960 e 2003.**

O documento mais utilizado pelos pesquisadores é o *Ecological Footprints of Nations* (Pegada Ecológica das Nações) que é uma análise comparativa entre 52 países, dentre eles o Brasil, correspondendo a 80% da população mundial, tendo sua primeira versão em 1995 com dados fornecidos pela ONU e segunda versão publicada em 1999, realizada por Chambers *et al.* (2000 *apud* Bellen, 2007).

No Brasil, diversos trabalhos utilizando a PE já foram publicados, entre dissertações, teses, projetos de educação ambiental, projetos de trabalho, artigos, com âmbitos que vão de um processo produtivo, uma atividade econômica até o metabolismo de cidades (como exemplo, Pardinho/SP, Fortaleza/CE, Rio de Janeiro/RJ, Joinville/SC, Florianópolis/SC).

Este trabalho tem como recorte espacial o município de São Luís, capital do Estado do Maranhão, que faz parte de uma região metropolitana e enquadra-se nos processos dinâmicos e históricos ocorridos no Brasil e no mundo. Sua população vem aumentando consideravelmente desde a década de 1970 quando da entrada dos chamados “grandes projetos” no Maranhão. Sua taxa média de crescimento anual foi de



2,53%, maior que a do Brasil (1,64) e que a do Nordeste (1,31) para o período de 1991-2000 (IBGE, 2006). Faz-se necessário observar que os termos cidade, município, ecossistemas urbanos, socioecossistemas urbano-industriais são tratados neste trabalho como sinônimos: espaço biofísico *locus* dos seres humanos.

O objetivo maior aqui proposto é estabelecer o índice de sustentabilidade Pegada Ecológica (WACKERNAGEL & REES, 1996) do município de São Luís nos anos 2000 e 2004, avaliando a sustentabilidade biofísica desse socioecossistema urbano através da análise do seu metabolismo energético-material, das determinações das emissões de gases de efeito estufa e das áreas naturais produtivas necessárias para sustentar o consumo (de combustíveis fósseis, água, eletricidade, alimentos, madeira) e a assimilar os resíduos sólidos gerados.

São objetivos também: comparar o resultado com os valores de outros municípios do Brasil onde este índice já foi estabelecido; estimar a contribuição municipal às mudanças ambientais globais; contribuir para melhorar o planejamento, manejo e a geração de políticas.

Os dados foram coletados junto a instituições como Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais (IBAMA), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Ministério das Cidades, da Agricultura, Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SEMA), Prefeitura de São Luís, associações de produtores, publicações, relatórios, sites oficiais da Internet, comunicação pessoal.

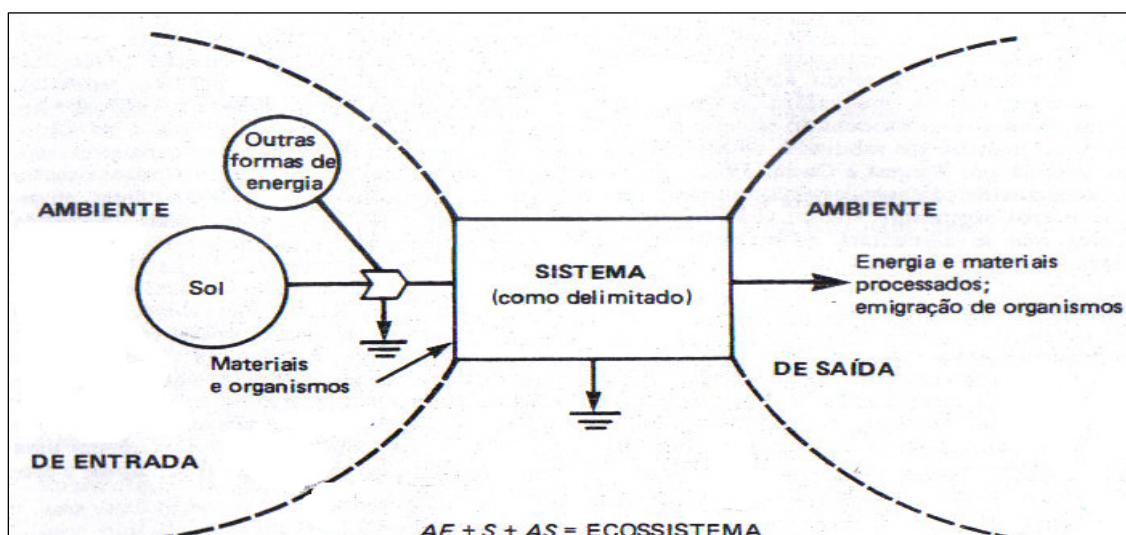
O trabalho está estruturado em cinco capítulos: 1 - introdução; 2 - revisão de literatura; 3 - metodologia; 4 - resultados e discussão e, 5 - conclusões; 6 - considerações finais sobre a PE de São Luís e a contribuição desse ecossistema urbano para as mudanças ambientais globais.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. A cidade como ecossistema

As cidades ou ecossistemas urbanos, de acordo com ODUM (1985), são ecossistemas heterotróficos, abertos, dependentes de grandes áreas externas a ele para a obtenção de energia, alimentos, fibras, água e outros materiais, diferindo dos ecossistemas heterotróficos naturais por apresentarem um metabolismo muito mais intenso por unidade de área, exigindo um *input* maior de energia e materiais e um *output* também maior e mais venenoso de resíduos. Sem grandes *inputs* de alimentos, combustíveis, energia elétrica e água, as máquinas deixariam de funcionar e as pessoas logo morreriam de inanição ou teriam que migrar. O respeito às estruturas de entrada e saída pode significar a estabilidade ou instabilidade ou até mesmo o caos desses sistemas.

A FIGURA 2.1 ilustra um ecossistema conceitualmente completo que inclui ao sistema delimitado, os ambientes de entrada e saída (*inputs-outputs*). Este autor considera ainda as cidades parasitas do ambiente rural, porque produzem pouco ou nenhum alimento, poluem o ar e reciclam pouca ou nenhuma água e materiais inorgânicos, funcionando simbioticamente quando produzem e exportam mercadorias, serviços, dinheiro e cultura para o meio ambiente rural, em troca do que recebem deste.



Fonte: Dias, 2002

**FIGURA 2.1 - Modelo conceitual de ecossistema completo enfocando o ambiente externo, que deve ser considerado parte integrante do conceito de ecossistema.**

Como qualquer outro ecossistema, demonstra uma estrutura e várias funções, estas constituídas de 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 comportamento e distribuição de espécies por meio de sua dinâmica populacional (UNESCO, 1991).

Do ponto de vista biológico, os socioecossistemas urbanos exibem baixíssima produtividade, logo, são altamente dependentes de outros sistemas. É preciso observar que a maioria das áreas metropolitanas possui componentes autotróficos – áreas verdes na forma de parques, reservas etc – mas sua produção orgânica não sustenta sua demanda

Ponto de vista compartilhado por BOYDEN *et. al.* (1981), que acentua ser a cidade, do ponto de vista ecológico, uma espécie de animal gigantesco, imóvel, que o tempo todo consome oxigênio, combustíveis, água e alimentos, e excreta despejos orgânicos e gases poluentes para a atmosfera, não sobrevivendo por mais de um ou dois dias sem entradas dos recursos naturais dos quais depende. Na opinião de DARLING & DASMANN (1972), os ecossistemas urbanos apresentam características comuns aos ecossistemas mais complexos; entretanto, ultrapassam-nos em abrangência. Têm vários níveis de consumidores, porém o mamífero dominante da área, o homem, não se alimenta de plantas ou animais que vivem nela. A Tabela 2.1 apresenta os princípios ecológicos dos ecossistemas, de acordo com CAPRA (2002) nos ecossistemas urbanos.

Tabela 2.1 - Princípios dos ecossistemas nos ecossistemas urbanos

Princípios	Ecossistemas	Ecossistemas Urbanos
<b>Redes</b>	<p>Relações e comunicações dos sistemas vivos sem limites. Redes dentro de redes - sistemas abertos interdependentes.</p> <p>Todos os membros da comunidade ecológica estão conectados numa ampla e complexa <i>rede</i> de relações, a <i>teia da vida</i>.</p> <p>Compreender a interdependência ecológica significa entender as relações, pois do ponto de vista sistêmico, as <i>interações</i> entre as partes são tão ou mais importantes do que as próprias partes do todo.</p> <p>Complexidade – quanto maior a autonomia, maior dependência ou riqueza de relações – maior a rede de comunicações.</p>	<p>Interações contínuas no modo de vida com sistemas vivos tanto de humanos quanto de vegetais, animais e microorganismos e de dependências educativas, culturais e técnicas.</p> <p>Bairros interdependentes - subsistemas de redes complexas uns dentro de outros, organizados e associados a infra-estruturas.</p> <p>Interdependência do entorno da cidade como um sistema aberto, um sistema <i>cidade-entorno</i>.</p> <p>Exemplos aplicados ao desenho: Rede de espaços públicos, de caminhos para pedestres e bicicletas, de transportes públicos, de bacias de drenagem e de captação de águas pluviais, de hortas urbanas, etc.</p>
<b>Ciclos</b>	Reciclagem de matéria e transferência de energia	Metabolismo circular - transforma resíduos em recursos - ciclo da água, do lixo e energias de biomassa.
<b>Energia Solar</b>	Transformada em energia química é o que move os ciclos ecológicos	Energia Solar, Aquecimento e Conforto Térmico e energias de fontes renováveis.
<b>Alianças</b>	As trocas cíclicas de matéria e energia nos ecossistemas são sustentadas por uma cooperação difundida entre os membros da rede.	Nas comunidades humanas, a parceria significa a democracia e o empoderamento pessoal, por causa dos diferentes papéis sociais desempenhados. Pode-se estabelecer troca de habilidades.
<b>Diversidade</b>	Biodiversidade – diversidade em espécies, organismos, em interdependência e informação. Um ecossistema diverso também será resiliente, pois ele possui muitas espécies que superpõem funções ecológicas que podem ser parcialmente substituídas, caso um elo da rede se desfaça.	Diversidade de Usos – quanto maior a diversidade e a densidade urbana, menor a dependência de transporte motorizado, menor o impacto e maior a troca de energia, matéria e informação com o meio - Redução da pegada ecológica.
<b>Equilíbrio Dinâmico</b>	A flexibilidade de um ecossistema é que o traz ao ponto de equilíbrio após um período de mudanças nas condições ambientais	O equilíbrio e um bom funcionamento do sistema dependem de um bom posicionamento dos elementos a serem projetados de acordo com as necessidades e os deslocamentos e flexibilidade de usos.

É fundamental o conhecimento sobre as dinâmicas do mundo natural, para que possamos mensurar as implicações das ações antrópicas nesse meio e, do meio social, já que são as práticas sociais que determinam a natureza e amplitude dos problemas ambientais que afligem as sociedades.

Assim, veremos que não existem fronteiras geográficas definidas para as cidades: os alimentos consumidos ali representam a produtividade de solos e outros recursos naturais de outras áreas; a água utilizada não é aquela que cai sobre ela, mas a que é trazida de longe; o lixo produzido não circula de volta para o solo que produziu o alimento, mas sim através de novas cadeias; e até mesmo parcelas da população humana

terão sua mobilidade geográfica em função das estações do ano. Dessa forma, os ecossistemas urbanos, na verdade, afetam e são afetados pela biosfera como um todo, e o seu funcionamento interdepende não apenas de ecossistemas locais, mas da biosfera inteira. (DIAS, 2003)

A falta de visão sistêmica tem levado governantes a aplicar recursos nos locais errados, comprometendo a sustentabilidade dos ecossistemas urbanos. Os planejadores e gestores urbanos precisam ser mais ousados, mais inovadores. O banco de dados da Conferencia de Istambul (HABITAT II, 1996), registra mais de 800 casos de “Melhores Práticas”, cidades que estão se tornando menos impactantes, mais agradáveis de viver, em todo o mundo. Curitiba é o exemplo no Brasil.

Para analisar a estabilidade e as mudanças nos ecossistemas urbanos, os ecólogos contemporâneos baseiam-se principalmente em 04 variáveis: população, organização (estrutura do sistema social), meio ambiente (sistema social + ambiente físico), tecnologia. Para ODUM (1985), o ecossistema urbano, pelas peculiaridades da espécie humana, envolve ainda fatores culturais, sentimentos, motivações.

Ao observarmos a capacidade máxima de suporte (quantidade de biomassa que pode ser sustentada) de um ecossistema, temos que muitas megacidades estão com suas capacidades absolutamente superadas e só se sustentam graças à redução do consumo de outras. ODUM (1985) observa que um equilíbrio entre custos e benefícios parece ocorrer numa cidade de tamanho moderado, com uma população de cerca de 100 mil habitantes. A melhor situação é aquela onde a região teria apenas uma cidade muito grande, ladeada por cidades menores. A pior seria a de cidades conurbadas, em faixas quase que interligadas (como em São Luís), onde o ambiente de saída de uma, passa a ser o de entrada da outra.

Quem nasceu e vive nas cidades, em geral, não se dá conta do que está acontecendo. As luzes intensas, o ritmo frenético das atividades cotidianas não possibilita a percepção e a reflexão. Por outro lado, a água disponível nas torneiras, o alimento nas prateleiras dos supermercados, confere uma sensação de independência do meio natural, reforçada pela mídia e pelo processo de educação. Aqueles recém-casados nem imaginam que para produzir as alianças de ouro foram geradas duas toneladas de resíduos, despejados no ambiente. (DIAS, 2002).

De acordo com O’MEARA (1999) algumas análises sugerem que as áreas urbanas são responsáveis por 80% das emissões de carbono, 75% do uso da madeira e 60% do consumo de água. As cidades não ocupam uma área tão grande da paisagem terrestre, apenas de 1 a 5% no mundo inteiro, mas consomem 75% dos seus

recursos (ODUM, 1985). Mesmo as áreas pouco habitadas podem ser bastante afetadas por cidades distantes, porque daquelas vêm os minerais, água, alimento, entre outras necessidades urbanas, e os rios e ventos podem levar os poluentes para muito longe. É fundamental que se reconheça a existência de limites biológicos e físicos da natureza, parte principal da sustentabilidade, que haja concordância de onde estamos posicionados em relação a esses limites sendo possível, desta maneira, estabelecer direções a serem tomadas. As áreas urbanas precisam ser então repensadas, de forma a minimizar esses impactos negativos e os crescentes processos de degradação.

## 2.2. A cidade como ecossistema humano

Desde o período neolítico, quando apareceram os primeiros núcleos urbanos, as cidades, uma das maiores invenções humanas, desempenham papel decisivo no desenvolvimento da civilização (BARSA, 1999, p.183) e, continuam com as mesmas funções de seus primórdios: defesa/proteção, socialização, estabilidade; características históricas que foram se complexando e tendo acrescidas outras como a divisão social do trabalho e apropriação de parte da produção do campo. Para Max Weber (UNB, 2004), sociólogo alemão, num estudo sobre a natureza das cidades, estas são, primeira e essencialmente locais de mercado. É preciso perceber que as cidades são os espaços onde a natureza se transforma em habitat humano.

As primeiras verdadeiras cidades são as consideradas grandes assentamentos permanentes nos quais os seus habitantes não são mais simplesmente fazendeiros da área que cerca o assentamento, mas passaram a trabalhar em ocupações mais especializadas na cidade, onde o comércio, o estoque da produção agrícola e o poder foram centralizados. Sociedades que vivem em cidades são frequentemente chamadas de civilizações.(WIKIPEDIA, **História das cidades**)

A revolução industrial transformou a vida das cidades, fazendo-as sustentarem concentrações demográficas cada vez maiores. Em 1850 menos de 7% da população mundial vivia em centros urbanos de mais de 5 mil habitantes. Já em 1950 essa percentagem excedia os 30% e nas nações industrializadas era o dobro (BARSA,1999, p.185). Atualmente, pouco mais de 50% da população mundial vive nos centros urbanos.

Os socioecossistemas urbanos são resultantes de inter-relações entre dimensões sistêmicas concorrentes, antagônicas e complementares: o natural, o

econômico, o socio-cultural, o político, sendo cada um deles compreendido como co-organizador, co-autor, co-controlador do conjunto. (PNUMA, 1996)

A teoria de Max Weber (UNB, 2004) sobre a origem da cidade procura demonstrar a origem social do fato urbano, como um todo organizado, em termos de comunidade, incluindo necessariamente aspectos econômicos, sociais, político-administrativos, militares, demográficos, psicológicos, etc., em configurações peculiares. Ele procura estabelecer como condições básicas para a existência do centro urbano: densidade demográfica específica; profissões urbanas como comércio e manufaturas, com suficiente diversificação; uma economia urbana permanente, com relações especiais com o meio rural; uma força militar; uma relativa independência político-administrativa e finalmente, a existência de uma camada urbana com produção, consumo e direitos próprios, capaz de usar da independência para determinar a vida econômica e os destinos do conjunto.

De acordo com WACKERNAGEL & REES (1998), diversas conceituações podem ser dadas acerca do que vem a ser uma cidade: local de concentração populacional caracterizado por construções, ruas, urbanização, ou local onde está o governo municipal; alguns a caracterizam pela concentração de desenvolvimento cultural, social e educacional; outros ainda, com caráter economicista vêem a cidade como um local de intensas trocas entre pessoas e indústrias e onde há desenvolvimento da produção e crescimento econômico.

A relação entre os seres humanos e o ambiente urbano é extremamente complexa, tornando impossível separar um do outro, daí a necessidade de visualizá-lo com um sistema, sendo aqueles os iniciadores das mudanças ambientais ao remover a vegetação natural, construir/destruir sistemas de drenagens, impermeabilizar e compactar o solo, aniquilar a fauna local, alterar o padrão absorção/reflexão da radiação solar local, introduzir gases poluentes, resíduos tóxicos sólidos, esgotos e rejeitos líquidos industriais e uma fabulosa emanção de calor.

A rápida urbanização e o ritmo acelerado de crescimento das cidades no último meio século, especialmente nos países em desenvolvimento, mudou a fisionomia da Terra. Reconhecidamente, são causadoras de profundas modificações nas paisagens naturais, podendo afetar uma floresta distante, por exemplo, não só diretamente pela poluição atmosférica ou pela demanda de produtos florestais, como também indiretamente alterando o gerenciamento desta ao selecionar espécies de interesse econômico para o cultivo.



Várias são as gerações nascidas e criadas afastadas do convívio com a natureza. A desordem econômica e social nos países em desenvolvimento levou/leva milhões de pessoas a migrarem para os centros-urbanos, fazendo com que mais do que em qualquer outra época, seja preciso uma abordagem integrada e um planejamento sistêmico no estudo dessas áreas. O desafio evolucionário humano está ocorrendo nesses centros, indutores das alterações ambientais, que tendem a ocupar o mesmo nicho dentro da biosfera e explorar os recursos da mesma maneira, num modelo suicida, replicado em quase todas as cidades do mundo. (DIAS, 2002)

De acordo com o autor acima, a economia global está em choque com os limites naturais da Terra: a população humana cresce, aumenta o consumo de carne, grãos, papel, água, combustíveis fósseis e a conseqüente emissão de gás carbônico; as florestas e diversas espécies desaparecem; o solo é degradado; os recursos pesqueiros são sobreexplorados; novas doenças surgem e antigas ressurgem. No entanto, esses elementos são resultado das escolhas humanas, logo, podemos redirecioná-los. O aumento da eficiência em uma parte relativamente pequena do mundo produziria grandes resultados positivos. A batalha para se alcançar a sustentabilidade será ganha ou perdida nas cidades.

O conceito de cidades com manejo eficiente (*resourceful city*) enfatiza a necessidade de redução na produção de resíduos, poluição e risco; busca eficiência no uso da energia, dos materiais, dos alimentos e da água; promove a reciclagem, reutilização e a redução do consumo; considera que a produção de resíduos de áreas industrializadas afeta (pode afetar) áreas remotas do mundo.

Edgar Morin (2006) propôs que se criasse um sistema contábil que colocasse em termos de números as conseqüências ecológicas e sanitárias de nossos males da civilização. Neste sentido surgiu a necessidade de avaliar a extensão dos impactos ambientais causados pela ação do homem sobre o planeta.

### **2.3. Indicadores e Índices de Sustentabilidade**

O conceito de Sustentabilidade é complexo, utilizado em muitas combinações diferentes (crescimento sustentável, comunidade sustentável, indústria sustentável, etc.) e, de acordo com Sachs (2002), dinâmico, levando em conta as necessidades crescentes das populações num contexto internacional em constante expansão, tendo como base oito dimensões principais: social, econômica, ecológica, territorial, cultural, ambiental, política nacional e internacional. Assim, visando



diagnosticar o nível de distanciamento das ações quanto à sustentabilidade, mensurar e enraizar o conceito, surgem os indicadores e índices de sustentabilidade: instrumentos para simplificar, quantificar e analisar informações técnicas e para comunicá-las aos vários grupos de usuários. A Agenda 21, o principal documento resultante da ECO92, deixa clara a necessidade da elaboração de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável (IDS) para o embasamento das decisões acerca do meio ambiente e do desenvolvimento econômico. Após essa Conferência, diversas instituições vêm realizando estudos sobre indicadores que possibilitem monitorar os progressos e auxiliem na tomada de decisões. (CENCIG,2002)

No panorama mundial e nos mais diversos campos do conhecimento e da atividade humana observa-se uma tendência ao estabelecimento e uso dos mais variados indicadores e índices, com a finalidade seja de avaliação, seja de gestão. É bem conhecido o caso do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) adotado pela ONU, cuja publicação a cada edição anual recebe grande cobertura da mídia e começa a fazer parte do cotidiano das pessoas. (CENCIG *op cit.*)

O documento *Global Environmental Change: Understanding the Human Dimensions* (Mudanças ambientais globais: entendendo as dimensões humanas) (1992), elaborado pelo Comitê sobre as Dimensões Humanas da Mudança Global, assinala que as interações dos sistemas humanos com os sistemas ambientais, influenciadas por um complexo de variáveis sociais, políticas, econômicas, tecnológicas e culturais, às vezes citadas como forças propulsoras, podem causar mudança global, encontrando-se onde as ações humanas alteram diretamente aspectos do ambiente e onde as mudanças ambientais afetam diretamente aquilo que os humanos valorizam. Salienta que as forças propulsoras das mudanças geralmente atuam em combinação e as interações são dependentes do lugar, tempo e nível de análise, com o esforço de pesquisa devendo incluir estudos tanto em nível global com em níveis geográficos menores, dando ênfase em estudos comparativos dos níveis locais e regionais com representação mundial e encaminhando a mesma questão em diferentes escalas de tempo, explorando as formas em que as forças humanas provocam a mudança ambiental e como podem ser afetadas por elas.

O *World Resources Institute* - WRI envolveu-se com a pesquisa para o desenvolvimento de indicadores ambientais no final dos anos 80 e início dos 90. Em 1993, em colaboração com o governo Holandês publicou o relatório *Indicadores ambientais: uma abordagem sistemática para medição e relato sobre o Desempenho das Políticas Ambientais no Contexto do Desenvolvimento Sustentável*, apresentando um

modelo conceitual das interações humanas com o ambiente com base nos conceitos clássicos das funções que o meio ambiente desempenha em relação à economia. (HAMMOND et al, 1995 in FRANÇA, 2001).

Os estudos sobre indicadores constituem um vasto e interessante campo de pesquisa, que vem sendo consistentemente trabalhado na última década, com diversas possibilidades para a realização de enfoques privilegiados: a questão energética, a questão ambiental, a sustentabilidade, a questão social, as políticas públicas, etc. Entretanto, cada um destes estudos atende a um objetivo diferente e tem um âmbito próprio de aplicação. Alguns são, em certa medida, comparáveis nos seus resultados; a multiplicidade é grande e não há um conjunto de indicadores que seja universalmente aceito. A proposta da Comissão para o Desenvolvimento Sustentável (CDS – ONU) apresenta-se como aquela que inclui o maior número das outras propostas, ainda que, talvez, não seja possível estabelecer um conjunto único. (CENCIG *op. cit.*)

Na abordagem de um dado problema, os indicadores devem ser definidos de forma concreta, em consonância com a questão a ser trabalhada, escolhendo, a partir das alternativas existentes, aquilo que melhor se adapte às características do problema em estudo.

Os termos indicador e índice têm conceituação distinta sendo o primeiro normalmente utilizado como pré-tratamento aos dados originais e, o segundo, correspondendo a um nível superior de agregação de dados já tratados. (Figura 2.2)



Fonte: GOMES et al. 2000:11 in Siche et al., 2007

**FIGURA 2.2 - Pirâmide da informação.**

A complexidade de situações que envolvem a sustentabilidade requer, para sua análise, sistemas interligados, indicadores inter-relacionados ou a agregação de

diferentes indicadores. Para CAVALCANTI (1998 in IX ENGEMA, 2007), um indicador é algo que auxilia na transmissão de um conjunto de informações sobre complexos processos, eventos ou tendências. Já para BELLEN (2005 in IX ENGEMA, 2007), é uma ferramenta que permite a obtenção de informações sobre uma dada realidade.

Além de transmitir informações relevantes e coerentes a respeito da sustentabilidade, um bom indicador também deve ser capaz de alertar para um problema antes que este se agrave, isto é, de atuar com proatividade, pois assim é concedido um tempo mínimo para mudar a trajetória do problema que pode surgir (SATO, 2005). Outrossim, devem ser claros, transparentes e de fácil comunicabilidade, para que as pessoas que tomam as decisões tenham um melhor acesso a dados relevantes, sendo então um importante insumo para gestores e formuladores de políticas, assim como também para pesquisadores e especialistas que trabalham com o tema.

Segundo BELLEN (2005) a grande maioria dos indicadores existentes foi desenvolvida por razões específicas (ambientais, econômicas, sociais, de saúde) não podendo serem considerados como indicadores de sustentabilidade em si mesmos, já que a sustentabilidade é determinada por um conjunto de fatores e todos devem estar contemplados no cálculo do índice.

No conjunto de trabalhos realizados para implementar as decisões da ECO92, a WWF tem desenvolvido uma metodologia para medir a pressão humana sobre a Terra, e como ela está distribuída pelos diferentes países e regiões. Juntamente com a Sociedade Zoológica de Londres e a Global Footprint Network, divulgou o Relatório Planeta Vivo 2006, para mostrar o estado do ambiente natural e o impacto exercido por atividades humanas. Este documento apresenta seus resultados baseado em dois índices de sustentabilidade reconhecidos no meio científico: o Planeta Vivo – que mede as tendências no âmbito da diversidade biológica da Terra e, a Pegada Ecológica - que apresenta a extensão da exigência humana sobre os ecossistemas.

As conseqüências da crescente pressão que exercemos sobre os sistemas naturais da Terra são ao mesmo tempo previsíveis e catastróficas. Atualmente, ao melhorarem o bem-estar das suas populações, os governos se desviam da meta de sustentabilidade e caminham para a utilização de duas vezes mais recursos do que o planeta pode manter. (DIAS, 2002)

Van BELLEN (2004) verificou que existem inúmeras ferramentas ou sistemas que buscam mensurar o grau de sustentabilidade do desenvolvimento e apresenta os três sistemas de indicadores de sustentabilidade mais reconhecidos

internacionalmente, selecionados pelos mais variados especialistas da área ambiental: a Pegada ecológica (*Ecological Footprint Method*), Painel de Sustentabilidade (*Dashboard of Sustainability*) e o Barômetro de Sustentabilidade (*Barometer of Sustainability*). A crescente lista de aplicações da Pegada Ecológica atesta o mérito analítico desse índice e seu valor de comunicação e ensinamento sobre o imperativo da sustentabilidade.

### **2.3.1. A Pegada Ecológica**

Na década de 60, cada habitante da Terra tinha 6 hectares de terras produtivas disponíveis. Atualmente, cada habitante da Terra tem apenas 1,5 hectares de terra ecoprodutivas disponível, por ano. Para manter os padrões de consumo da humanidade, já é necessário um planeta 30% maior. Esse déficit é mantido por meio da degradação ambiental e da miséria de muitos povos. (DIAS, 2002).

Com o lançamento do livro *Our ecological footprint*, em 1996, MATHIS WACKERNAGEL e WILLIAM REES, apresentaram ao mundo um trabalho pioneiro, uma ferramenta para medir e comunicar a sustentabilidade de uma dada área. Uma obra mais recente, *Sharing nature's interest*, também de Wackernagel e com a contribuição de CHAMBERS & SIMMONS (2000), traz o resultado do aumento do interesse sobre a ferramenta com a contribuição de mais de 4 mil websites que tratam da utilização desse sistema para as mais diferentes aplicações.

O indicador de sustentabilidade Pegada Ecológica (PE) consiste em determinar o impacto ambiental causado pelo consumo, organizado em categorias principais no recorte espacial e temporal estudados, e convertidas em hectares bioprodutivos através do cálculo da quantidade de área necessária para sustentar o consumo de um determinado indivíduo, processo ou população.

Por definição, é a área do ecossistema necessária para assegurar a sobrevivência de uma determinada população ou sistema, reforçando a necessidade de introduzir a questão da capacidade de carga na sociedade, observando que o tamanho da área requerida vai depender das receitas financeiras, da tecnologia existente, dos valores predominantes dentro do sistema e de outros fatores socioculturais. O método completo deve incluir tanto a área de terra exigida direta e indiretamente para atender o consumo de energia e recursos, como também a área perdida de produção de biodiversidade em função de contaminação, radiação, erosão, salinização e urbanização. Assim, o consumo de uma população, exerce uma pressão sobre o ambiente de forma mais rápida que

unicamente o crescimento populacional - a capacidade de carga torna-se uma função tanto de fatores culturais como da produtividade ecológica. (WACKERNAGEL & REES,1996; CHAMBERS et al., 2000).

É uma ferramenta simples, expressa em valores numéricos, um índice agregado, que aponta se a capacidade de carga local foi excedida ou não (saldo ou déficit ecológico); tanto analítica, nos diz quanta natureza temos e quanta estamos utilizando, quanto educacional, já que analisa as atividades humanas, explicitando o estilo de vida de uma população, seus gastos e desperdícios, contribuindo para a construção de consciência ambiental e servindo também para auxiliar no(s) processo(s) decisório(s) de governos, empresas e sociedade em geral.

A metodologia concentra-se em 05 pontos: apropriação de recursos renováveis, extração de recursos não-renováveis, absorção de rejeitos, destruição do solo, depleção dos recursos hídricos, utilizando uma taxonomia simples de produtividade ecológica envolvendo 08 tipos de terras/território bioprodutivas ou ecossistemas, conforme tabela abaixo. Os trabalhos mais recentes utilizam apenas 05 categorias de terras.

**TABELA 2.2 - As 08 principais categorias de terras e uso destas para a avaliação da PE**

A	Terra de energia	1. terra “incorporada” (energia ou CO <sub>2</sub> )
B	Terra consumida	2. meio ambiente construído (terra degradada)
C	Terra usada atualmente	3. jardins (meio ambiente reversível)
		4. terra cultivada (sistemas cultivados)
		5. pastagens (sistemas modificados)
		6. florestas manejadas
D	Terra de disponibilidade limitada	7. florestas virgens (ecossistemas naturais produtivos)
		8. áreas não produtivas (desertos, geleiras)
E	Terra de mar	

Fonte: *Our Ecological Footprint* (1996)

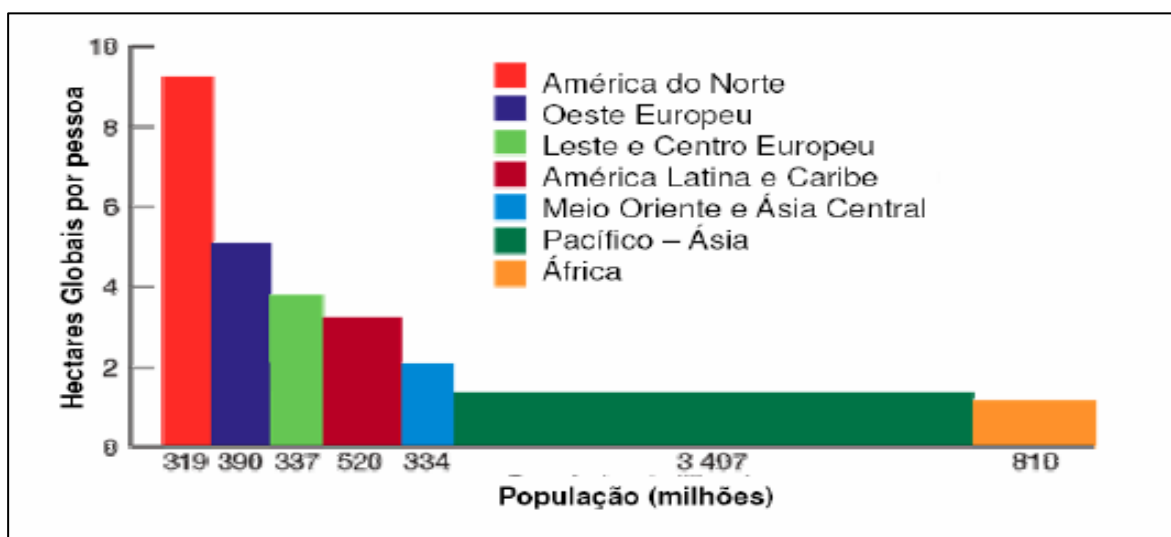
Incluir todos os itens de consumo e funções ecológicas, assim como todas as áreas produtivas do planeta, pode tornar o sistema muito complexo e criar problemas no processamento das informações o que levou a certa simplificação do método. Além disso, não contabiliza duplamente uma área quando ela produz um ou mais serviços simultaneamente.

Para o cálculo dos itens de consumo, o pesquisador decide quais utilizar diante da maior demanda e também da disponibilidade de dados. A transformação do consumo de cada item em unidades de área varia conforme o tipo de item. Os autores sugerem que sejam utilizados os que exerçam maior pressão sobre o ecossistema considerado, mas os agrupam em cinco principais categorias:

- 1 – Alimentação: origem animal, origem vegetal.
- 2 – Habitação – área construída: casas, prédios, ruas.
- 3 – Transporte: público, privado.
- 4 - Bens de consumo: papel, máquinas, roupas, etc.
- 5 – Serviços: bancos, restaurantes, etc.

Para calcular a PE é necessário somar o contributo dos vários componentes, ou seja, impactos ambientais parcelares, que se traduzem em diferentes áreas com uma determinada função.

A ferramenta também possibilita que se estabeleça *benchmarks*, tornando possível estabelecer comparações entre indivíduos, cidades e nações, devendo ser, de maneira geral, menor do que a porção da superfície ecologicamente produtiva de uma cidade, de um país ou do planeta. (Figura 2.3)



Fonte: WWF, Relatório Planeta Vivo 2004

**FIGURA 2.3 - Pegada Ecológica por região com dados referentes a 2001.**

Para os autores, a base do conceito de sustentabilidade é a utilização dos serviços da natureza dentro do princípio da manutenção do capital natural, isto é, o aproveitamento dos recursos naturais dentro da capacidade de carga do sistema. Na perspectiva destes, o modelo atual de desenvolvimento é auto-destrutivo e as diversas iniciativas para modificar este quadro não têm sido suficientemente efetivas para reverter o processo de deterioração global. Enquanto isso, a pressão sobre a integridade ecológica e a saúde humana continua aumentando. Neste sentido, iniciativas mais efetivas para alcançar a sustentabilidade são necessárias, incluindo-se o desenvolvimento de ferramentas que estimulem o envolvimento da sociedade civil e que avaliem as estratégias de desenvolvimento, monitorando o progresso. O primeiro passo para um mundo mais sustentável é aceitar as restrições ecológicas e os desafios

socioeconômicos que estas restrições exigem. (WACKERNAGEL & REES, 1996; CHAMBERS et al., 2000).

Para os defensores da Pegada Ecológica, este sistema fornece um meio de comparação da produção do sistema da ecossfera com o consumo gerado dentro da esfera econômica. Ele indica onde existe espaço para maior crescimento econômico ou onde as sociedades extrapolaram a capacidade de carga (WACKERNAGEL *op cit.*)

Apesar das vantagens citadas anteriormente, como em todo e qualquer método, existem críticas e limitações: a realização dos cálculos não é de fácil entendimento e nem sempre existe boa disponibilidade de dados de consumo e de produtividade, requer cálculos com fatores de conversão para os resultados, representa apenas um retrato do estado atual do sistema, subestima a área necessária para sustentar um determinado sistema, descreve somente os impactos ambientais e não abrange os econômicos e sociais.

Os autores em resposta reconhecem que o modelo é limitado, representando apenas uma parcela da realidade. Entretanto, chamam a atenção para o fato de grande parte dos modelos em ciência serem assim, sendo utilizados, na maioria das vezes, com sucesso. Eles consideram também que ainda não existem condições de se afirmar exatamente como a natureza funciona, mas através de alguns modelos fundamentais podem-se calcular estimativas, novamente subestimadas, da carga humana sobre a ecossfera. Quanto ao fato do sistema ser estático, não permitindo extrapolações no tempo, a ferramenta não pretende fazer extrapolações, apenas sensibilizar a sociedade. Concordam que o sistema também não inclui diversas questões importantes, que muitas vezes estão diretamente relacionadas à utilização da terra, como áreas perdidas de produtividade biológica em função de contaminação, erosão e utilização urbana, apenas considerando os efeitos econômicos das decisões relativas à utilização de recursos. Estas simplificações na metodologia de cálculo muitas vezes levam a perspectivas mais otimistas do que efetivamente ocorre na realidade.

Dados do *National Footprint 2005*, referentes ao ano de 2002, mostram que o número de habitantes em todo o mundo ultrapassa os seis bilhões e que a Pegada Ecológica média é de 2,2 hectares por pessoa, enquanto que a biocapacidade (possibilidade de a biosfera se regenerar naturalmente) é de 1,8 ha/pessoa, ou seja, há um saldo negativo de 0,4 ha/pessoa. "Apesar de ser possível exceder os limites ecológicos por um curto período de tempo, em longo prazo, esse déficit resulta na destruição dos recursos naturais, como as zonas pesqueiras e as florestas, das quais nossa economia depende", ressalta o boletim da *Global Footprint Network*.



Economistas e ecólogos concordam que é necessário criar sistemas eficientes de avaliação dos impactos ambientais e de estimativas de seus custos, para uma correta gestão dos recursos ambientais. Os mais variados especialistas da área de meio ambiente afirmam que uma ferramenta de avaliação pode ajudar a transformar a preocupação com a sustentabilidade em uma ação pública consistente.

Seis premissas norteiam o cálculo da Pegada Ecológica (Wackernagel et al, 2005):

- 1 – Os dados referentes ao consumo da população devem constar em estatísticas: nacionais, estaduais ou internacionais;
- 2 – A quantidade de recursos biológicos apropriados está diretamente relacionada ao tamanho da área necessária para produzi-los e assimilar seus rejeitos;
- 3 – Uma área não pode ser contabilizada duas vezes mesmo que ofereça mais de um tipo de recurso ou serviço ambiental;
- 4 – Diferentes áreas podem ser expressas em termos de um hectare produtivo médio padrão;
- 5 – As comparações entre regiões, países, devem ser realizadas utilizando uma unidade de medida padrão;
- 6 – A área de demanda pode exceder a área de fornecimento que podem ser diretamente comparadas uma à outra.

Para a padronização da produtividade por hectares em unidades de áreas globais, WACKERNAGEL et al. (1996), apresentam dois fatores de conversão:

1 – Fator de Equivalência (*Equivalence factor*): representa a produtividade média mundial de um determinado espaço ecológico bioprodutivo, dividido pela produtividade média mundial de todos os espaços ecológicos bioprodutivos. Sua unidade de medida é o *Global Hectar* (gha); Na tabela 2.3 são apresentados os fatores de equivalência dos tipos de espaço ecológico bioprodutivo, conforme WACKERNAGEL et al., 2005.

**TABELA 2.3 - Áreas construídas e seus fatores de equivalência.**

<b>Espaço ecológico bioprodutivo</b>	<b>Fator de Equivalência (gha)</b>
Área de cultivo	2,10
Área de pasto	0,48
Área de floresta (para corte de madeira, conservação da biodiversidade e/ou assimilação de CO <sub>2</sub> )	1,37
Área de energia (área de florestas necessária para assimilar o CO <sub>2</sub> emitido pela queima de combustíveis fósseis)	1,37
Área marítima	0,35
Área construída	2,10



2 – Fator de produção (*Yield factor*): descreve quanto um espaço ecológico bioprodutivo de um país é mais ou menos produtivo em referencia à media mundial daquele mesmo espaço ecológico.

Por fim, de acordo com Van BELLEN (2005) o cálculo pode ser realizado em sete etapas:

- 1<sup>a</sup>) Levantamento de dados históricos e socioeconômicos da população considerada;
- 2<sup>a</sup>) Mensurar o total de cada item estudado, no período de tempo definido pelo pesquisador;
- 3<sup>a</sup>) Transformar a unidade de medidas locais para as unidades de medidas universais: metros para hectares, kilowatts/megawatts para gigajoules, metros cúbicos para megalitros, quilogramas para toneladas.
- 4<sup>a</sup>) Conversão das unidades de medidas em hectares pelas relações: um hectare de área verde absorve 100 gigajoules de energia ou uma tonelada de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)
- 5<sup>a</sup>) Calcular a Pegada Ecológica em hectares *per capita*, dividindo os resultados encontrados na etapa anterior pelo número de habitantes da área considerada;
- 6<sup>a</sup>) Calcular a pegada Ecológica da população em global hectare, multiplicando o resultado encontrado na etapa anterior pelo Fator de Equivalência 1,37 referente a biodiversidade global da terra de energia;
- 7<sup>a</sup>) Calcular a Pegada Ecológica em global hectare *per capita*, dividindo o resultado encontrado na sexta etapa pelo numero de habitantes da área considerada.

### **2.3.1.1. A Pegada Ecológica no Brasil**

Para apresentar o panorama da utilização deste índice no Brasil, iremos utilizar o artigo publicado em 2007 por Jaison Luís Cervi intitulado “A Pegada Ecológica: breve panorama do estado das artes do indicador de sustentabilidade no Brasil”. Um dos objetivos do artigo é “fornecer um panorama do estado das artes deste indicador no Brasil escolhendo trabalhos científicos publicados em livros, teses e dissertações, realizando uma pequena crítica para cada trabalho selecionado, colaborando em alguma medida para a difusão e o aperfeiçoamento da ferramenta.”

O autor apresenta e tece comentários sobre 04 publicações: dois livros “Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa”, de Hans Michael Van Bellen, de 2006, e “Pegada Ecológica e Sustentabilidade Humana” de Genebaldo Freire Dias, de 2002; duas dissertações que têm como área de estudo a Região Metropolitana de Fortaleza, de Ana Maria Feitosa Leite e Manuel-Osorio de Lima Viana, no ano de

1996 e, de Florianópolis relacionando a PE e a atividade turística no município, de Beatriz Bittencourt Andrade, publicada em. 2006.

Podemos citar ainda, os trabalhos apresentados no IX Encontro Nacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente (ENGEMA) em Curitiba no ano de 2007, de João Salvador Furtado, intitulado “Avanços e Percalços no Cálculo da Pegada Ecológica Municipal: um estudo de caso”, com a área de estudo sendo o município de Pardinho/SP, e o “Ecological Footprint Method: um estudo do município de Joinville/SC”, de autoria de Aparecido Parente e Elaine Ferreira; outro artigo de Márcia França Ribeiro e colaboradores, intitulado “Estudo do indicador de sustentabilidade Pegada Ecológica: uma abordagem teórico-empírica”, apresentado no XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção; o artigo “Pegada Ecológica: instrumento de avaliação dos impactos antrópicos no meio natural” publicado na revista Estudos Geográficos, 2004, de autoria de Renata da Costa Pereira Jannes Cidin.

O próprio Cervi elaborou uma dissertação calculando a PE da cidade do Rio de Janeiro, em 2007. Percebe-se então que existe produção nacional relacionada a PE nas diversas regiões do país para âmbitos municipais e também para atividades econômicas, como inclusive indicam os autores, criando a possibilidade de realizar comparações entre os estudos.

### 3. METODOLOGIA

Diante das características peculiares da área de estudo e da disponibilidade de dados, empreendemos uma combinação da metodologia estabelecida WACKERNAGEL & REES (1996), com aquela utilizada por DIAS (2002). Acrescentamos à análise do ecossistema, dados sobre seqüestro de Carbono pelos ambientes dulcícolas via produção primária e o Índice de Preservação Ambiental nas análises sobre o uso e ocupação dos solos do município.

Os passos metodológicos adotados para o cálculo da PE são os sugeridos por BELLEN (2005), apresentados no capítulo anterior.

A escolha de São Luís como unidade de análise deve-se aos seguintes fatos:

- O crescimento populacional se dá de forma acelerada, o que trás em seu bojo pressão sobre os recursos naturais;
- A ocupação do solo, inclusive em áreas de proteção permanente, tem ocorrido de modo crescente e desordenado;
- É uma cidade turística, onde a preocupação com a preservação ambiental é incipiente;
- A não existência de pesquisas com indicadores de capacidade de carga ecológica.

O recorte temporal são os anos de 2000 e 2004, pela disponibilidade de dados.

Este capítulo está organizado em duas seções. Na primeira, que apresenta informações físicas, bióticas, históricas e socioeconômicas da área de estudo, temos como principais fontes de consulta, as publicações *Plano da Paisagem Urbana de São Luís, São Luis, uma leitura da cidade*, ambos da Prefeitura de São Luís, respectivamente nos anos de 2003 e 2006. A escolha deve-se ao fato de serem os documentos públicos, oficiais, possuidores de dados estatísticos, o que obedece a uma das premissas do método.

A segunda seção apresenta os componentes da Pegada Ecológica que apresentaram dados referentes aos dois anos de estudo – 2000 e 2004:

- a) Consumo de combustíveis: álcool hidratado, gasolina comum e óleo diesel;
- b) Consumo de energia elétrica;
- c) Consumo de água;
- d) Consumo de madeira e papel;
- e) Consumo de alimentos.

Todos os dados foram coletados em fontes secundárias diversas, públicas e privadas, nacionais e locais, tais como: ANP – Agencia Nacional do Petróleo,

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Companhia de Águas e Esgoto do Estado do Maranhão – CAEMA, SEMOSP – Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos, CEMAR – Companhia Energética do Maranhão, Instituto Brasileiro de Meio Ambiente – IBAMA, Secretaria Estadual de Meio Ambiente – SEMA, Associações de Produtores, Organizações não governamentais, dentre outras fontes.

Fez-se necessário também a utilização de fatores de conversão, apresentados na tabela abaixo, para calcular o total de toneladas de CO<sub>2</sub> emitidos com o consumo de combustíveis, de acordo com o Ministério das Minas e Energia (MME).

**TABELA 3.1. Fontes de energia e respectivos fatores de conversão.**

<b>Fonte de Energia</b>	<b>Fator de Conversão</b>
GLP	2,65 Kg CO <sub>2</sub> / litros queimados
Gasolina Comum	2,63 Kg CO <sub>2</sub> / litros queimados
Óleo Diesel	3,15 Kg CO <sub>2</sub> / litros queimados
Álcool	2,52 Kg CO <sub>2</sub> / litros queimados

Fonte: MME – Balanço Energético Nacional (1995) apud Parente & Ferreira (2007)

## SEÇÃO I - CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, BIÓTICA, HISTÓRICA E SOCIOECONÔMICA DA ÁREA DE ESTUDO

### 3.1. Caracterização Física e Biótica

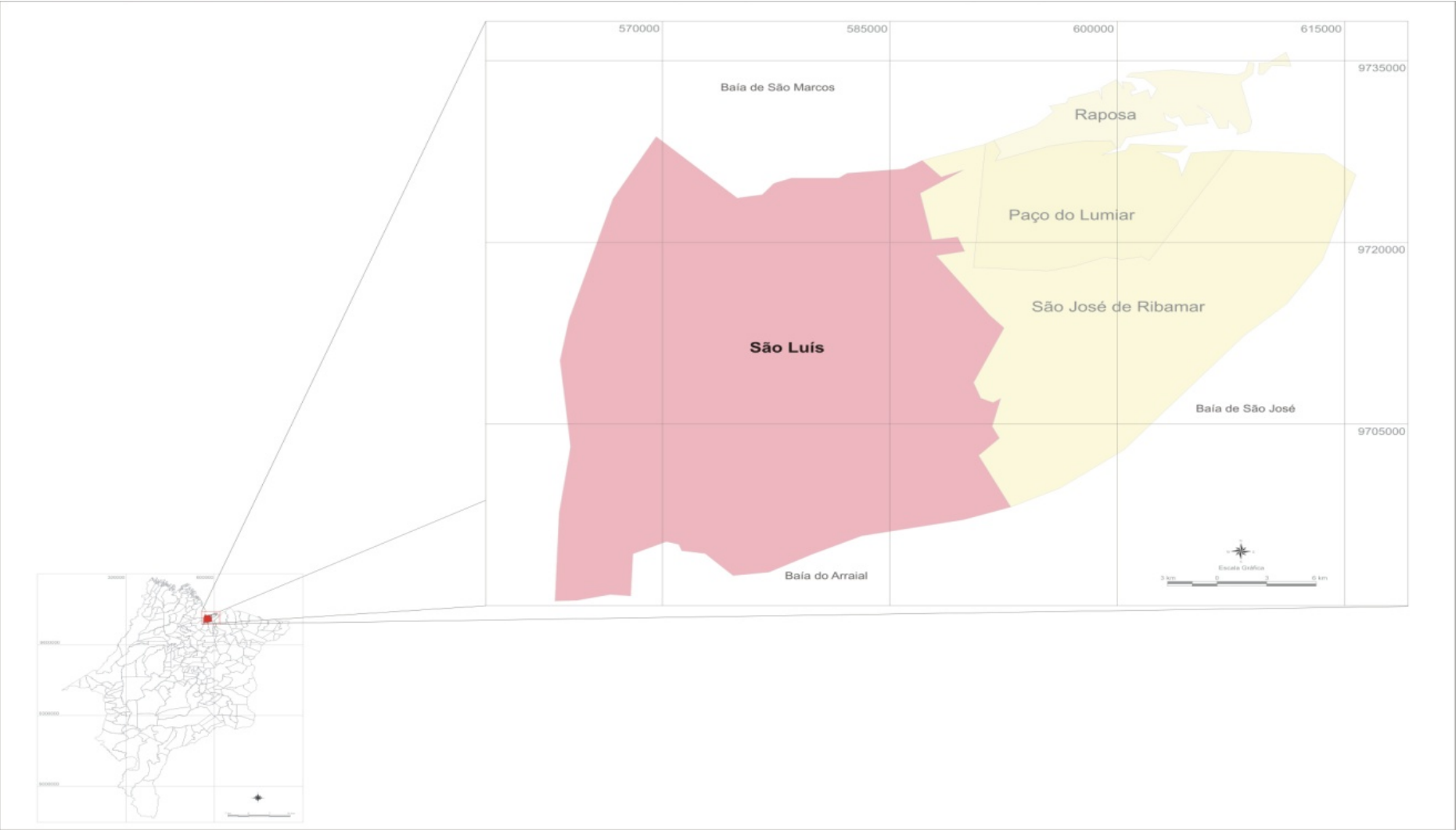
São Luís, capital do Estado do Maranhão, localiza-se numa Ilha, a 24m de altitude, no norte do Estado, entre as coordenadas S 02° 28' 12'' e 02° 48' 09'' e W 44° 10' 18'' e 44° 35' 37''. Possui uma área de 831,7 Km<sup>2</sup>, o equivalente a 57% da área da ilha e forma, com mais três municípios sediados na ilha e um no continente, respectivamente Raposa, São José de Ribamar, Paço do Lumiar e Alcântara, a Região Metropolitana de São Luís. (PMSL, 2006) (Figura 3.1)

Quanto á área do município é preciso salientar que considerando apenas as terras emersas, São Luís possui apenas 528, 335 Km<sup>2</sup>, sendo este, o valor utilizado neste trabalho.

De acordo com os censos demográficos do IBGE, a população estimada em 2000 e 2004 era, respectivamente, 870.028 e 959.124 habitantes, estando mais de 80% desta concentrada na área urbana. (De acordo com o documento São Luís: uma leitura da cidade, pag. 28, que cita IBGE/Censo 2000, 96% da população de SLS vive na área urbana – 2000 – pop. TOTAL 870.028 – pop URBANA 837.584 – pop RURAL 32.444)

Conforme registros da Fundação Nacional de Saúde (1996), sua população está distribuída em um centro urbano com 112 bairros (que constituem a região semi-urbana) e 122 povoados (que formam a zona rural). De acordo com registros do Cadastro Técnico do Município de São Luís (1999), a cidade está dividida em 15 Setores Fiscais e 233 bairros, loteamentos e conjuntos residenciais.

Cidade histórica, com patrimônio arquitetônico reconhecido internacionalmente, constitui hoje pólo turístico potencializado pela sua proximidade a Alcântara, sítio de importância similar, e a áreas de interesse ambiental e paisagístico como os Lençóis Maranhenses. É também um pólo de beneficiamento de minério, possuindo um complexo de estrutura portuária que oferece condições de desenvolvimento econômico e demandando de forma crescente mão de obra direta e indireta, induzindo a expansão das atividades imobiliárias, gerando um desafio ao planejamento no sentido de garantir o equilíbrio do meio ambiente.



Fonte: LABGEO/UEMA, 2008

**FIGURA 3.1 - Localização geográfica do município de São Luís, Maranhão, Brasil.**

### **3.1.1. Clima**

O clima de São Luís é do tipo AW, Tropical Chuvoso, segundo classificação de Koeppen, apresentando precipitações pluviométricas médias anuais em torno de 2000 mm, com dois períodos de chuva distintos: uma estação seca, de julho a dezembro e, uma estação chuvosa, de janeiro a junho.

A região encontra-se dentro do chamado cinturão equatorial, o que lhe confere temperaturas elevadas (média 26,1°C) e pequenas amplitudes anuais (7,1°C), sendo maiores as variações diárias (8,5° de amplitude) quando comparadas com as variações sazonais. Em 2004, o Núcleo de Meteorologia da Universidade Estadual do Maranhão registrou 34°C à sombra, valor que não havia sido observado num intervalo de 30 anos (1960-1990). Ocorrem também variações de temperatura dentro do território – microclimas, sendo comum temperaturas mais elevadas durante o dia em áreas de acentuada urbanização, como o Centro Histórico, em comparação com áreas onde há vegetação densa e riachos com matas ciliares, como no Maracanã.

São predominantes os ventos de direção NE (nordeste), mais frequentes e intensos na estação seca, provocando maiores concentrações de poeira nessa época. No período diurno predominam os ventos mais estáveis durante todo o ano, o que favorece a dispersão atmosférica de poluentes e, no noturno, as constantes calmarias na estação chuvosa, ao contrário, prejudicam a dispersão dos poluentes atmosféricos.

### **3.1.2. Geologia / Recursos Minerais / Geomorfologia**

Estudos geológicos identificam basicamente duas formações onde São Luís está assentada: Depósitos Eólicos e Formação Itapecuru.

Ambos são representados por sedimentos de alto grau de intemperização, normalmente arenosos e siltosos, o que implica em baixa fertilidade química dos solos, ou seja, baixa aptidão agrícola.

A exploração mineral se dá em sua quase totalidade sobre material destinado à construção civil, especialmente de areia e pedra bruta (laterita), o que leva à degradação de imensas áreas na zona rural do município, inclusive em áreas de preservação ambiental (APA do Maracanã). Outros materiais como argila e fragmentos de rocha são explorados esporadicamente para fins medicinais e de ornamentação.

Quanto à geomorfologia, o município está completamente situado no domínio geomorfológico Golfão Maranhense, que subdivide-se, de acordo com o Zoneamento Costeiro do Estado do Maranhão (2003), em Tabuleiros Costeiros (unidade

dominante) e Baixada Litorânea (nas regiões estuarinas que circundam a Ilha), formando uma planície fluvio-marinha, formada pela deposição/erosão dos sistemas de drenagem dos rios Mearim, Itapecuru e Munim.

Os processos de denudação e sedimentação são acelerados pelas chuvas intensas que atingem uma média de 2000 mm/ano e dão à topografia uma tipologia composta essencialmente por elevações de pequenas altitudes.

Os cursos d'água existentes, ao seguirem os pequenos desníveis da topografia assumem uma forma meandrante, característica de cursos d'água em que predomina a sedimentação em função das pequenas declividades do terreno, o que os tornam mais suscetíveis ao assoreamento.

Toda a área litorânea está sujeita a deposição de uma grande quantidade de sedimentos, devido aos processos erosivos fluviais, marinhos e flúvio-marinhos.

### ***3.1.3. Solos e Aptidão Agrícola***

A distribuição dos tipos de solo está de certa forma vinculada às condições de drenagem. Podemos distinguir quatro tipos principais de solo na ilha: Latossolo Amarelo, Podzólico Vermelho-Amarelo, solos Indiscriminados de Mangue e Areias Quartzosas. Possui ainda solos hidromórficos constituindo brejos ao longo das várzeas e, pontualmente, a presença das dunas junto à linha litorânea.

O solo, portanto, além daqueles que constituem os mangues, os vales afogados e as dunas, não representam fator locacional limitante para o desenvolvimento urbano dentro da Ilha de São Luís como um todo.

No entanto, quanto à agricultura, os tipos de solo apresentam-se como fator limitante, o que implica em reflexos sociais e econômicos para a população, especialmente aquela que vive diretamente da agricultura.

No município de São Luís o tipo de solo predominante é o Latossolo vermelho-amarelado que apesar de ser de boa permeabilidade e drenabilidade, não permite mecanização, pois, o revolvimento de suas camadas superficiais os expõe aos impactos diretos das chuvas e dos raios solares, implicando em perda de matéria orgânica e de produtividade.

Assim, o desenvolvimento da agricultura é limitado pela baixa aptidão agrícola, cujos reflexos se dão nas reduzidas colheitas e produtividades das áreas plantadas. Somando-se a isso, uma situação fundiária baseada na concentração de terras



e extensas áreas de solo degradado pelo sistema de corte e queima tradicionalmente utilizado.

A degradação do solo, que vem se intensificando na zona rural, tem como fatores ainda, a criação de pastagens (em menor escala), o desmatamento para fins de urbanização, queimadas criminosas, extração de areia, argila, laterita, de madeira para fins doméstico e comercial.

Esses elementos aliados ao aumento populacional exercem pressão sobre as áreas circundantes restantes, que normalmente coincidem com áreas protegidas, amplificando a baixa produção e produtividades agrícolas, a insegurança alimentar dos agricultores familiares e os problemas ambientais.

### ***3.1.4. Cobertura Vegetal***

Além dos manguezais e das várzeas, São Luís apresenta formações de mata secundária nas áreas de terra firme, na maior parte constituída de capoeiras com algumas manchas de vegetação arbórea significativa. As margens dos cursos d'água ainda apresentam alguma formação de mata ciliar, principalmente nas suas cabeceiras. Manchas de Juçaraís são encontradas nas várzeas dos vales afogados.

Fatores ligados à intervenção antrópica seja pela urbanização, pela agricultura ou por desmatamentos e queimadas para os mais diversos fins; resultaram na degradação ou total destruição de grande parte da cobertura vegetal original. Dentre elas destaca-se a área da Barragem do Rio Bacanga, uma intervenção que representou importante fator de deterioração em função da estabilização da cota de inundação em detrimento de todo o ecossistema do mangue dependente do regime das marés.

Historicamente pouco se conhece sobre a composição florística, estrutura e distribuição das diferentes formações vegetais do município. O documento *São Luís: uma leitura da cidade* divide a cobertura vegetal em 03 grupos fisionômicos: formações pioneiras (nas áreas de influencia marinha, estuarina e de ecossistemas associados a estes como marismas e apicuns), matas secundárias (áreas de florestas pioneiras em diferentes estágios sucessórios de regeneração – capoeiras abertas e fechadas) e vegetação frutífera (de sítios e chácaras particulares – boa parte deles em área legalmente protegidas).

A tabela abaixo apresenta as formações vegetais identificadas e mensuradas com o auxílio do Sistema de Informação Geográfica SPRING ver. 4.3, e

estruturado num banco de dados intitulado “São Luís” tendo sido adotado o sistema de coordenadas planas, projeção UTM, Datum SAD69, na escala 1:10.000.

A vetorização das classes foi baseada no mosaico de fotografias aéreas para o município de São Luís (Consórcio AMBETC/AEROCONSULT/CAEMA/PMSL). As classes temáticas foram definidas a partir da interpretação visual e representatividade na escala de mapeamento adotada.

Após a vetorização dos polígonos iniciou-se o processo de topologia e associação das classes aos mesmos. Os recortes do mapa de UP foram realizados via função específica no SPRING – “Recortar Plano de Informação” e posteriormente foram realizadas as medidas de classes.

**TABELA 3.2. Planilha de dados do município de São Luís (área km<sup>2</sup>)**

<b>Classes do mapa temático</b>	
<b>Mangue</b>	69,079
<b>Mata de Galeria</b>	18,092
<b>Solo Exposto</b>	13,750
<b>Restinga</b>	0,979
<b>Corpo d'água</b>	20,066
<b>Áreas Inundáveis</b>	4,013
<b>Urbanização</b>	171,526
<b>Mata Secundária 2 (campo, capoeira baixa)</b>	136,088
<b>Mata Secundária 1 (capoeira alta)</b>	94,740
<b>Área total das classes</b>	<b>528,335</b>

Fonte: LABGEO / UEMA (2008)

### **3.1.5. Uso atual dos solos**

Historicamente, a prática da agricultura na região esteve associada à capacidade de regeneração das áreas exploradas e a uma itinerância necessária ao sistema de corte e queima fazendo com que práticas agrícolas, que antes se mostravam eficientes do ponto de vista ambiental e de produtividade, perdessem essas qualidades.

Apesar dos problemas citados, a agricultura familiar de subsistência ainda é bastante presente na zona rural de São Luís, tendo como principais produtos cultivados a mandioca (mais cultivado), o milho, o feijão e hortaliças em geral.

A olericultura é também significativa, seja pelo valor comercial dos produtos ou pela pequena área exigida para o plantio.

Existe ainda, com relativo grau de ocupação do solo, o cultivo de plantas frutíferas perenes (comuns em quintais, sítios e chácaras) como manga, caju, abacate, goiaba, banana, mamão, o que diminui ainda mais o espaço para a produção agrícola,

mas contribui para a redução dos processos erosivos comuns nas áreas de cultivo de grãos.

### ***3.1.6. Recursos Hídricos Superficiais e Hidrogeologia***

São Luís é fortemente marcada pela presença da água, seja nas suas linhas de praia, Baía de São Marcos a oeste e o Oceano Atlântico ao norte, seja nos amplos mangues dos Rios Anil, Bacanga, Cachorros e Tibiri. Das doze Microbacias da Ilha, seis estão totalmente contidas dentro dos limites do município (Anil, Bacanga, Itaqui, Cachorros, Estiva e Inhaúma) e três têm parte nos municípios limítrofes (Paciência, Jeniparana e Tibiri). (PMSL, 2006)

O grande estuário onde desembocam os Rios Anil e Bacanga é constituído por penínsulas de extensões significativas apresentando em vários pontos áreas com ocupações conflituosas, principalmente em relação ao mangue e aos cordões de encosta.

Junto à faixa litorânea, as dunas, parcialmente deterioradas, ainda apresentam algumas porções em condições de serem preservadas de futuras intervenções para garantia da manutenção do caráter da paisagem local.

Os cursos d'água mais significativos são o Bacanga, Anil, Cachorros e Tibiri. Três represas completam o quadro dos corpos d'água: a Represa do Bacanga, a Lagoa da Jansen e o Reservatório Artificial do Batatã.

A Represa do Bacanga é resultante da barragem criada em 1970 para ligar o centro à Bacia do Itaqui. A Lagoa da Jansen é resultante do represamento de uma área de mangue com fins de urbanização e constitui o elemento estruturante do Parque Ecológico de mesmo nome. Já o Reservatório do Batatã tem a função de abastecimento de água.

Existe ainda a presença de vales afogados de grande amplitude criando vastas áreas de mangue, hoje com grandes porções degradadas e até mesmo completamente destruídas.

Atualmente, as bacias hidrográficas do município, apresentam-se impactadas, variando apenas a intensidade das ações antrópicas em cada uma delas. Dentre os problemas observados podemos destacar a compactação dos solos, retirada da cobertura vegetal (matas ciliares), processos erosivos (associado ao processo de expansão urbana), despejo de dejetos sólidos e líquidos, pesca predatória.

### 3.1.7. *Complexo Estuarino*

A Ilha de São Luís encontra-se inserida no Golfão Maranhense que apresenta regime caracteristicamente estuarino, resultante das águas salgadas do Atlântico Sul com águas continentais, lançadas pelos rios de maior vazão da região como o Pindaré, Mearim, Itapecuru e Munim, que deságuam nas baías de São Marcos, São José e do Arraial. Possui cerca de 19.000 ha de manguezais, distribuídos sobre a costa como franjas, atrás das praias, dos cordões arenosos ou margeando rios e igarapés. (REBELO-MOCHEL, 1996). A maior concentração destes está nas porções oeste, sul e leste, sendo o litoral norte quase totalmente restrito às praias.

Nos ambientes estuarinos a fotossíntese excede a respiração diante da umidade e temperaturas elevadas que constituem condições climáticas favoráveis à rápida decomposição de matéria orgânica, abastecendo o solo com grandes quantidades de dióxido de carbono, ácido húmico e outros componentes orgânicos.

O município de São Luís está diretamente relacionado à baía de São Marcos, possuidora de uma área com 77.500 Km<sup>2</sup>, a sudoeste da Ilha, apresentando grande amplitude de marés, atingindo até 7,0 m (CVRD, 1997).

Estudos realizados em todo o Estado do Maranhão mostram que a Ilha de São Luís é a região onde se observa a maior degradação dos manguezais, destacando-se as atividades portuárias, o crescimento desordenado da cidade, a ausência de saneamento, as atividades industriais e as práticas predatórias de pesca e plantio como geradoras de erosão, assoreamento, desmatamento, poluição e diminuição da biodiversidade nos manguezais. (MOCHEL et al., 2001)

A intensa e indiscriminada utilização dos manguezais ameaça a permanência destes em todo o globo. Em São Luís, foi perdido cerca de 7.000 ha de manguezais em 20 anos, numa taxa anual de perda aproximadamente quatro vezes mais acelerada na década de 90 do que nos anos 70 e 80. Em contrapartida, os esforços para a conservação dos mesmos têm aumentado na última década, tanto pelos novos conhecimentos trazidos pela pesquisa (MOCHEL, 2002), quanto por ações de organizações não-governamentais, do ministério público, do batalhão florestal, do IBAMA e por uma maior conscientização popular (Zoneamento Costeiro do Estado do Maranhão, 2003).

### 3.2. *Formação Histórica e Expansão da Cidade*

A ocupação urbana no Município de São Luís deu-se inicialmente da ponta oeste entre os rios Anil e Bacanga, em direção ao interior da ilha, constituindo hoje conjunto urbanístico e arquitetônico de relevante importância como Patrimônio Histórico, Artístico, Arquitetônico e Paisagístico, declarado Patrimônio da Humanidade pela UNESCO.

A cidade nova, a partir dos anos 70, com a construção da Ponte Governador José Sarney, desenvolveu-se para além da várzea do Rio Anil, junto à Lagoa da Jansen.

A Barragem do Bacanga, construída também na década de 70, somente na década de 80 permitiu a instalação das grandes indústrias e da ocupação urbana de espaços esparsos e precários na região do Itaqui-Bacanga.

A expansão em direção a leste do núcleo central deu-se em grandes extensões da malha urbana, separadas por espaços não ocupados, de amplitudes variáveis.

A área entre os rios Bacanga e das Bicas, dentro dos limites do Parque do Bacanga, foi ocupada irregular e precariamente, conformando hoje os assentamentos do Coroadinho e Sacavém.

O restante do Município, o extremo oeste, onde se situa o Porto de Itaqui, e todo o sul da ilha é ocupado predominantemente pela Zona Industrial, com assentamentos agrícolas e de piscicultura nas suas adjacências e na área da Bacia do Tibiri. Aí se encontram também as Unidades de Conservação mais significativas: o Parque do Bacanga e a Área de Proteção Ambiental (APA) do Maracanã. (Figura 6)

Ao longo da BR 135, surgem esparsamente assentamentos habitacionais e de serviços. As superestruturas de energia, abastecimento d'água e a Ferrovia correm paralelas a esta rodovia, bifurcando-se em direção ao Porto de Itaqui.

Concomitante à ocupação, foi sendo implantado um sistema viário que, ao mesmo tempo em que atendia à demanda efetiva dos novos assentamentos, oferecia condições favoráveis de acesso a novas áreas, induzindo, portanto, a novas ocupações. É patente o efeito indutor da pavimentação com asfalto, feita indiscriminadamente, de adensamento de todas as áreas já ocupadas sem consideração da precariedade dos assentamentos.

Percebe-se que a evolução da ocupação da cidade, se apoiou inicialmente nas áreas de cumeada e pouco a pouco desceu as encostas em direção aos vales

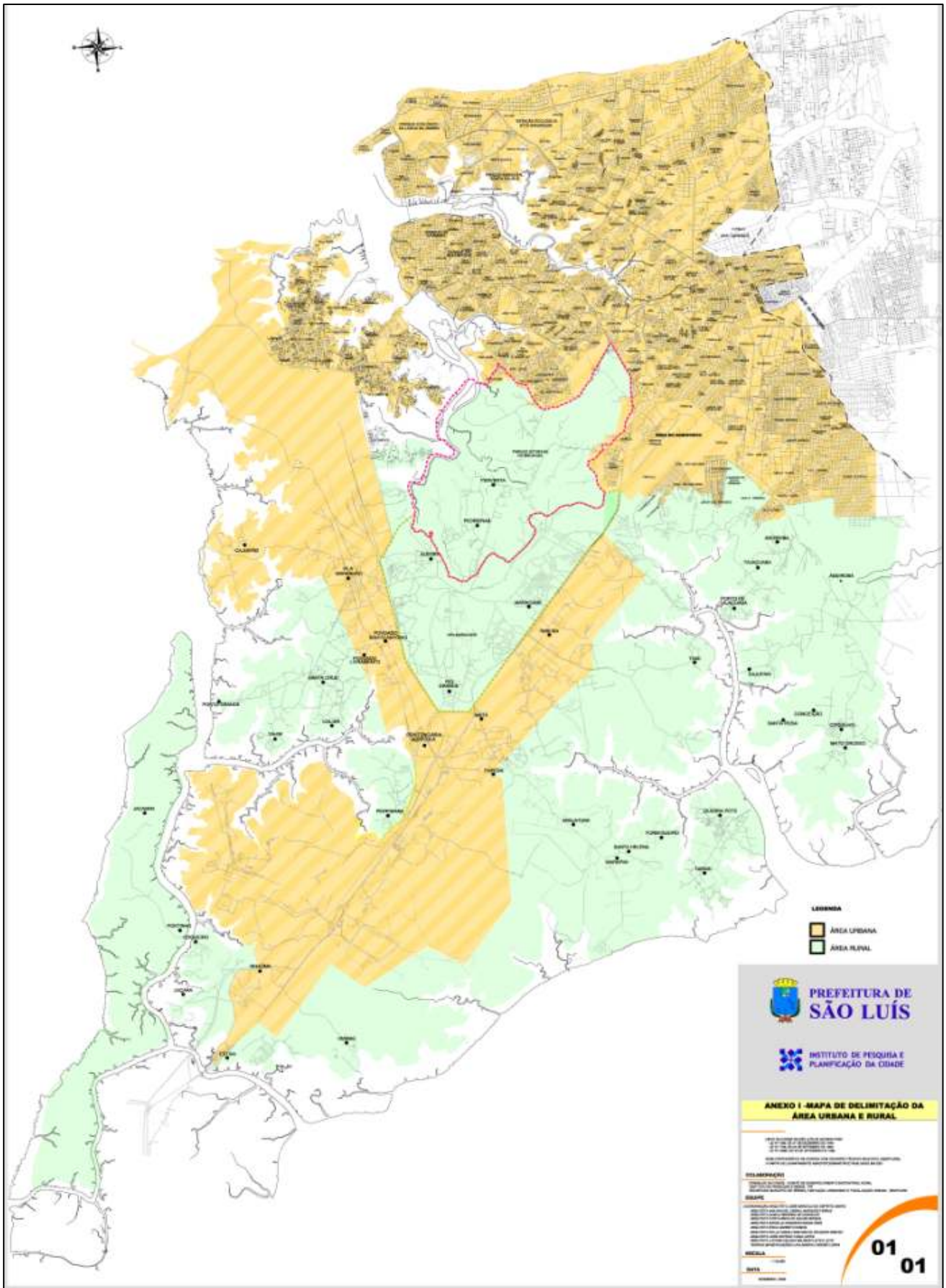
ocupando terrenos menos favoráveis, eliminando a cobertura vegetal e provocando erosão, assoreamento e inundações. Esse processo decorre principalmente da falta de planejamento da oferta habitacional, induzindo a ocupação de áreas próximas aos locais de trabalho e de pouco valor imobiliário: no caso, as áreas de encostas, várzeas e mangues.

Esse processo, no entanto, não difere dos caminhos percorridos pela maioria das cidades brasileiras, porém, em se tratando das condições específicas de São Luís, com forte presença dos mangues e de vales afogados, esta ocupação apresenta-se especialmente indesejada.

As áreas periodicamente inundadas constituem no seu estado natural um ecossistema de grande biodiversidade e necessitando de preservação, constituindo áreas impróprias para a urbanização, pois, o atendimento a elas por infra-estrutura de saneamento é praticamente impossível produzindo assentamentos de baixíssima qualidade urbana: precários, poluídos e poluidores.

O avanço da malha urbana com a intensa impermeabilização do solo causada pela pavimentação das vias e pelas edificações, sem instalação de infraestrutura de drenagem e sem considerar os caminhos naturais das águas, os aquíferos e o mangue, nem mesmo a cobertura vegetal existente, produziu situações urbanas desastrosas com pontos de erosão, assoreamentos e enchentes, sendo até mesmo, o caso de vários setores urbanos com assentamentos regulares e, casos mais graves, de assentamentos informais que ocupam principalmente os setores de topografia mais complexa, as áreas de encosta, de mangue e de talvegues.





Fonte: Plano Diretor de São Luís/2006.

**FIGURA 3.2 - Mapa de delimitação da área Urbana e Rural de São Luís.**

### **3.2.1. Características da População**

Até meados dos anos 60, a população ludovicense era de cerca 40 mil habitantes e seu crescimento era lento e linear, restringindo-se apenas a dois núcleos urbanos: o núcleo central e a Vila Anil. A partir dessa década, com o desenvolvimento e melhorias do sistema viário, houve uma intensa mobilidade populacional em direção a São Luís. Além disso, a implantação de projetos industriais, dentre os quais se destacam o Complexo Portuário-Industrial e Ferroviário da VALE (Antiga Companhia Vale do Rio Doce - CVRD) e do Consórcio Alumínio do Maranhão (ALUMAR), provocou grande atração populacional no final da década de 70, intensificando a ocupação urbana e fazendo surgirem os primeiros grandes problemas. (FERREIRA, 1993).

A partir dessa década então, a ocupação do espaço urbano de São Luís vem se caracterizando pelo elevado número de conjuntos habitacionais, pelos loteamentos implantados em locais isolados e/ou distantes do núcleo central e pela proliferação de invasões e palafitas, provocando a expansão da malha urbana (*produzindo adensamento urbano*) com muitos assentamentos irregulares e desordenados (inclusive em áreas de preservação ambiental com mangues, áreas de dunas e praias, morros, nascentes de rios), crescimento vertical, diminuição de áreas verdes, favelização, violência, desemprego, poluição sonora, visual e dos rios.

Sem qualificação técnica suficiente, os projetos industriais se tornaram um engodo e a maioria da população, advinda dos espaços rurais, ficou sem emprego nem renda, passando a viver de subempregos e sem condições de voltar a seus lugares de origem, provocando um “inchaço” na cidade que não possuía, como ainda não possui, infra-estrutura adequada para responder as necessidade básicas dos cidadãos.

A cidade carece de um diagnóstico ambiental amplo e de investigações permanentes sobre a qualidade de vida no espaço urbano. Todas as investigações feitas nesse sentido são pontuais, bem como específicas e não atuais. Um diagnóstico geral da cidade ou que analise conjuntamente dois ou três aspectos inexistente.

#### **3.2.1.1. Densidade Demográfica**

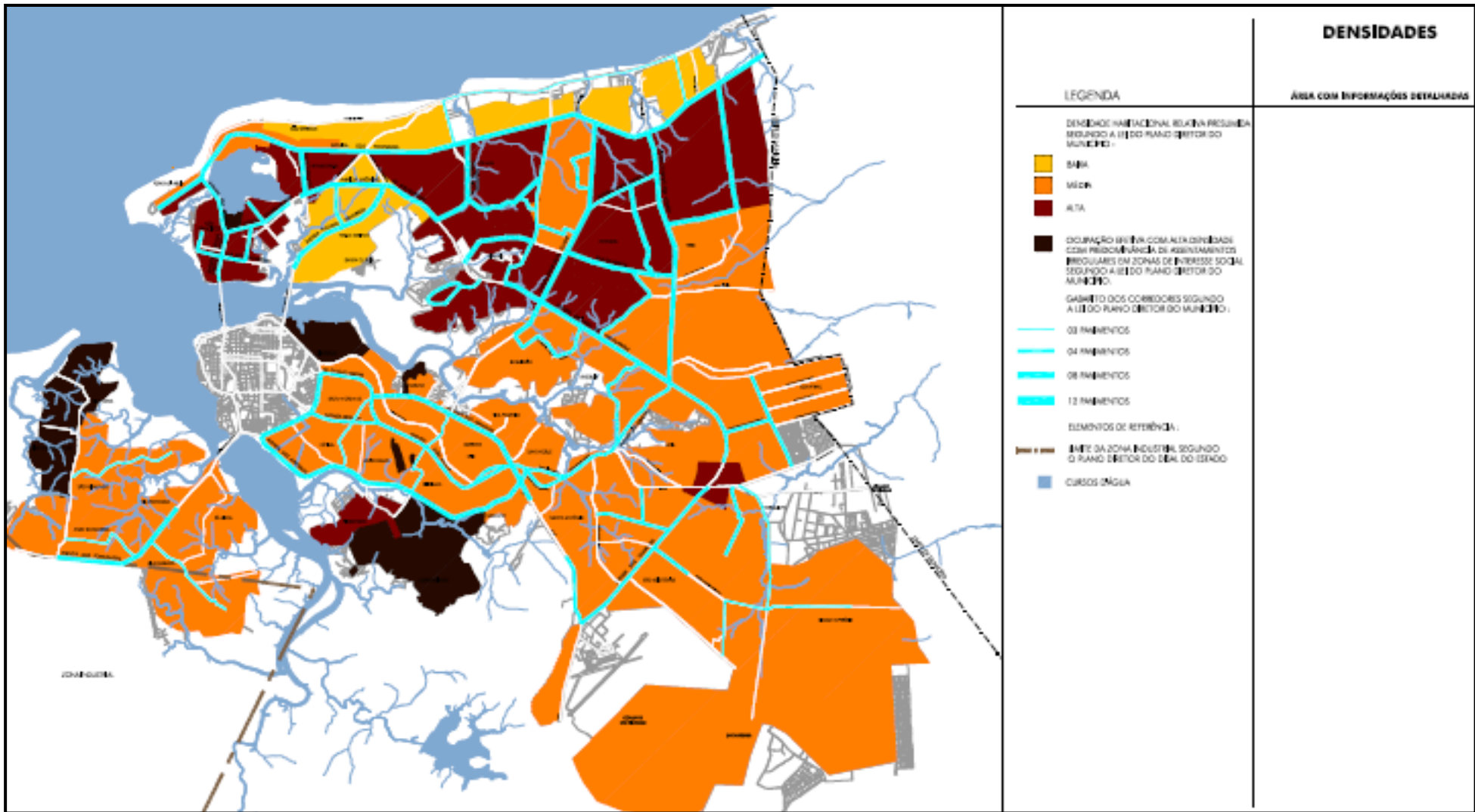
O cálculo das densidades resultantes da aplicação dos índices urbanísticos determinados pela Lei do Plano Diretor, admitindo a sua ocupação máxima, permitiu estabelecer um gradiente relativo de densidades habitacionais para todas as zonas e corredores.



O mapeamento dessas densidades, juntamente com a dos gabaritos máximos permitidos possibilitou uma visão do plano de massas proposto pelo Plano Diretor. As Zonas Residenciais (ZR) que resultaram em maiores densidades concentram-se nos bairros situados a norte e a leste o Centro Histórico, próximos ao litoral. O gradiente de densidade nestes casos está relacionado à elevação dos gabaritos. Já nas Zonas de Interesse Social (ZIS) as altas densidades decorrem das pequenas dimensões dos lotes ou de ocupações não planejadas. (Figura 3.3)

Ainda com referência a um provável processo de adensamento, a abertura das grandes avenidas que estruturam o Sistema Viário de São Luís tornou-se um vetor da expansão imobiliária, com o crescente preenchimento dos vazios urbanos.

À medida que se processa esse crescimento percebe-se que a permissão de adensar e aumentar os gabaritos das construções não está levando em consideração as questões referentes à paisagem, tanto no sentido ambiental com vistas à preservação dos recursos naturais (solo, água, vegetação, etc) quanto aos aspectos cênicos desta, como, por exemplo, as ocupações junto às dunas na Avenida Litorânea.



Fonte: Plano da Paisagem Urbana/PMSL  
**FIGURA 3.3 - Densidade habitacional relativa segundo o Plano Diretor do Município.**

### **3.2.1.2. Crescimento Populacional**

Em relação a média nacional de crescimento populacional, a cidade manteve-se acima da média. Segundo o IBGE (2006) a taxa média de crescimento anual para o período de 1991-2000 foi de 2,53%, maior que a do Brasil (1,64%) e que a do Nordeste (1,31%). Tende a manter-se, embora em um ritmo menos acelerado – em 2004 foi de 2,44%. Este crescimento é um fenômeno verificado em todo o país, especialmente nas capitais nordestinas e intrinsecamente ligado ao êxodo rural, muito mais do que ao aumento da taxa de natalidade. No entanto, continua a acontecer de forma desordenada, deixando claro, que o espaço geográfico (construído ou natural) e o espaço social, precisam ser pensados de forma inter-relacionada.

### **3.2.1.3 Diversificação dos Setores Econômicos**

São Luís foi (e ainda é) um importante pólo de deslocamento da migração rural-urbana, ao reunir fatores como concentração industrial e sede administrativa do Estado. Dentre os setores produtivos, o setor Terciário é o que concentra a maior vinculação econômica da população através das atividades de comércio e serviços e do mercado de trabalho informal. O setor Secundário manteve-se incipiente, cabendo aqui a ressalva de ter entrado em ascensão a partir da década de 70 com a política econômica de canalização de investimentos para a região e o aproveitamento das potencialidades energéticas de Tucuruí e das reservas minerais da Serra dos Carajás (PA). No setor Primário, observou-se uma redução em sua expansão territorial, o que afetou sua expressão econômica, já reduzida.

## SEÇÃO II – COMPONENTES DA PEGADA ECOLOGICA

### 3.3. Levantamento de elementos do metabolismo ecossistêmico:

#### 3.3.1. Consumo:

##### 3.3.1.1 Combustíveis

Dados fornecidos pela ANP (Agencia Nacional do Petróleo) e apresentados na tabela abaixo. Tabela completa em Anexos.

**TABELA 3.3 - Volumes anuais de combustíveis do município de São Luís**

ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis			
Superintendência de Planejamento e Pesquisa			
Estado: Maranhão		Município: São Luis	Código IBGE: 2927408
Período: 2000 - 2004			
Vendas Anuais de Combustíveis			
Ano	Álcool Hidratado (litro)	Gasolina Automotiva (litro)	Óleo Diesel <sup>1</sup> (litro)
2000	17.045.014	97.425.958	224.338.349
2004	13.053.653	104.526.942	245.564.756
1 Inclui óleo diesel e biodiesel			

##### 3.3.1.2. Alimentos

Criada para se tornar uma referência do cálculo do salário mínimo durante o governo Vargas a cesta básica no Brasil foi instituída pelo Decreto-Lei N° 399, de 30 de abril de 1938, tendo aplicabilidade tanto direta em programas de distribuição de alimentos, como indireta para mensurar e avaliar rendas monetárias em geral, especialmente, a chamada linha oficial de pobreza.

Em 1983 foi instituída uma cesta básica mínima para o trabalhador adulto, considerando suas necessidades fisiológicas e baseada nos hábitos gerais do país, composta de 14 itens: carne, leite, ovos, pão, arroz, feijão, café, banana, batata, manteiga, banha, açúcar, laranja e farinha.

Para esta categoria de consumo, sem informações disponíveis nos órgãos locais e nacionais, tornaram-se necessárias adaptações ao cálculo: adotamos a cesta básica utilizada pelo DIEESE (Departamento Intersindical de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos), apresentada na tabela 3.4 abaixo e acrescentamos a esta os valores anuais para os itens; assumimos que o consumo dos cidadãos é a multiplicação das

quantidades mínimas diárias de alimentos sugeridas para 75% da população municipal, diante de razões como faixas etárias com restrições alimentares, hábitos alimentares diversos, a economia em uma residência (ou não desperdício) de alimentos e ainda que, existem pessoas com poder aquisitivo impeditivo de consumir os valores recomendados na cesta básica.

Os dados de produtividade utilizados na pesquisa são oriundos do SIDRA (Sistema IBGE de Recuperação Automática), vinculado ao IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) e de Entidades Produtoras nacionais e estaduais, correspondentes ao período de 2000 e 2004.

**TABELA 3.4 - Cesta básica brasileira de acordo com o DIEESE, com modificações**

ALIMENTO	QUANTIDADE (per capita/mês)	QUANTIDADE (per capita/ano)
Carne	4,5 Kg	54 Kg
Leite	6 l	72 l
Pão francês	6 Kg	72 Kg
Arroz	3,6 Kg	43,2 Kg
Feijão	4,5 Kg	54 Kg
Café	300 g	3,6 Kg
Frutas	90 Unidades	1080 Unidades
Banana	7,5 dz	90 dz
Manteiga	750 g	9 Kg
Óleo	750 g / 900 ml	10,8 l
Açúcar	3 Kg	36 Kg
Farinha de mandioca	3 Kg	36 Kg
Legumes	12 Kg	144 Kg
Tomate	12 kg	144 kg

A tabela abaixo apresenta as áreas e produções de alguns gêneros alimentícios em São Luís.

**TABELA 3.5 - Área colhida de culturas permanente e temporária, em hectares, em São Luís, nos anos de 2000 e 2004.**

Anos	Área cultivada (ha)			Total
	Permanente	Temporária	Subtotal	
2000	49	179	228	434
2004	108	98	206	

Fonte: IBGE

Na tabela 3.6, temos a produtividade das culturas, em hectares, desenvolvidas no município de São Luís.

**TABELA 3.6 - Produtividade média (kg/ha) das culturas em São Luís – MA, nos anos 2000 e 2004.**

Culturas	Produtividade (Kg/ha)	
	2000	2004
Arroz	1000	500
Cana-de açúcar	21.000	15.000
Feijão	714	-
Mandioca	6.304	7.500
Milho	875	-
Banana*	807	8.480
Côco-da-baía*	2.692	2.600
Mamão*	23.285	11.000
Maracujá*	35.666	22.166

\* Lavouras permanentes

Obs.1. Café e Tomate não apresentam rendimento nesses anos.

### 3.3.1.3. Produtos madeireiros

Este foi outro item que apresentou necessidade de adaptação na obtenção dos dados de consumo em virtude da ausência de informações. De acordo com o IBGE, o município de São Luís não apresenta produção extrativa vegetal de madeira em tora, apenas de lenha e carvão. Considerando a baixa produção destes últimos no município e de seu consumo ser restrito basicamente a uma camada da população, e ainda, que a cidade nos últimos anos tem sido um “canteiro de obras”, adotamos o consumo de madeira em tora como o mais significativo para o cálculo da PE. Assim, assumimos que toda a produção extrativa de madeira em tora do Estado é encaminhada e comercializada em São Luís. Os valores totais de produção extrativa vegetal – madeira em toda, do Estado do Maranhão, nos anos 2000 e 2004 foram, respectivamente, 799.516 m<sup>3</sup> e 552.767 m<sup>3</sup>. A tabela completa encontra-se em Anexos.

### 3.3.1.4. Energia elétrica

O consumo de energia elétrica em São Luís divide-se em 08 classes e os valores para os anos em estudo, estão apresentados na tabela abaixo. A tabela com os dados de 2000 a 2007 encontra-se em Anexos.

**TABELA 3.7 - Consumo de energia elétrica em São Luis, em MWh, dos anos de 2000 e 2004.**

Classes	População	
	2000	2004
	870 028	959.124
Residencial	336.448	326.450
Industrial	84.023	77.780
Comercial	246.706	270.066
Rural	1.284	1.213
P. Público	68.475	77.521
Il. Pública	83.405	48.816
Serv. Públicos	25.989	27.338
Próprio	2.679	3.093
<b>Total</b>	<b>849.009</b>	<b>832.278</b>

Fonte: Companhia Energética do Maranhão - CEMAR

### 3.3.1.5. Água

São Luís possui dois sistemas de captação de água: um superficial representado pelos sistemas Italuís, Sacavém, Cururuca e Olho D'Água; outro subterrâneo, representado por poços nos sistemas Sacavém, Maiobão, Cidade Operária/R14, Sistemas Isolados, num total de 350 poços. Ambos têm seus volumes contabilizados nos Relatórios de Produção como água bruta e água tratada. Os dados foram fornecidos pela CAEMA - Companhia de Águas e Esgotos do Maranhão, Diretoria de Operação e Manutenção. São dados de produção de água e não de consumo, devido à inexistência desta última informação pelo órgão.

Para o recorte temporal deste trabalho também não há informações sobre a produção de água do município. No entanto, de acordo com os técnicos contatados, não há nenhum incremento, nenhuma ampliação nos sistemas de captação, de transporte e de tratamento da água a cerca de 15 anos, o que, então não provoca mudanças significativas no volume de água captado de um ano para outro.

Entretanto, ao consultar o site do Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento – SNIS obtivemos os dados de consumo dos anos em estudo para o município de São Luís, dentre outras informações. Para o ano 2000 o volume contabilizado foi de 44.429 (1000 m<sup>3</sup>/ano) e para 2004 foi de 51.835 (1000 m<sup>3</sup>/ano)

### 3.4. Produção de Resíduos Sólidos

Dados obtidos junto à SEMOSP - Secretaria Municipal de Obras e Serviços Urbanos, Superintendência de Limpeza Pública, de resíduos sólidos produzidos nos anos do estudo. (Tabela 11). A tabela com dados de 2000 a 2005 encontra-se em Anexos.

Diante da disponibilidade de dados para o ano 2000 apenas dos montantes domiciliares, não calculamos a PE corresponde a esse ano.

**TABELA 3.8 - Resíduos Sólidos produzidos em SLS e depositados no Aterro da Ribeira.**

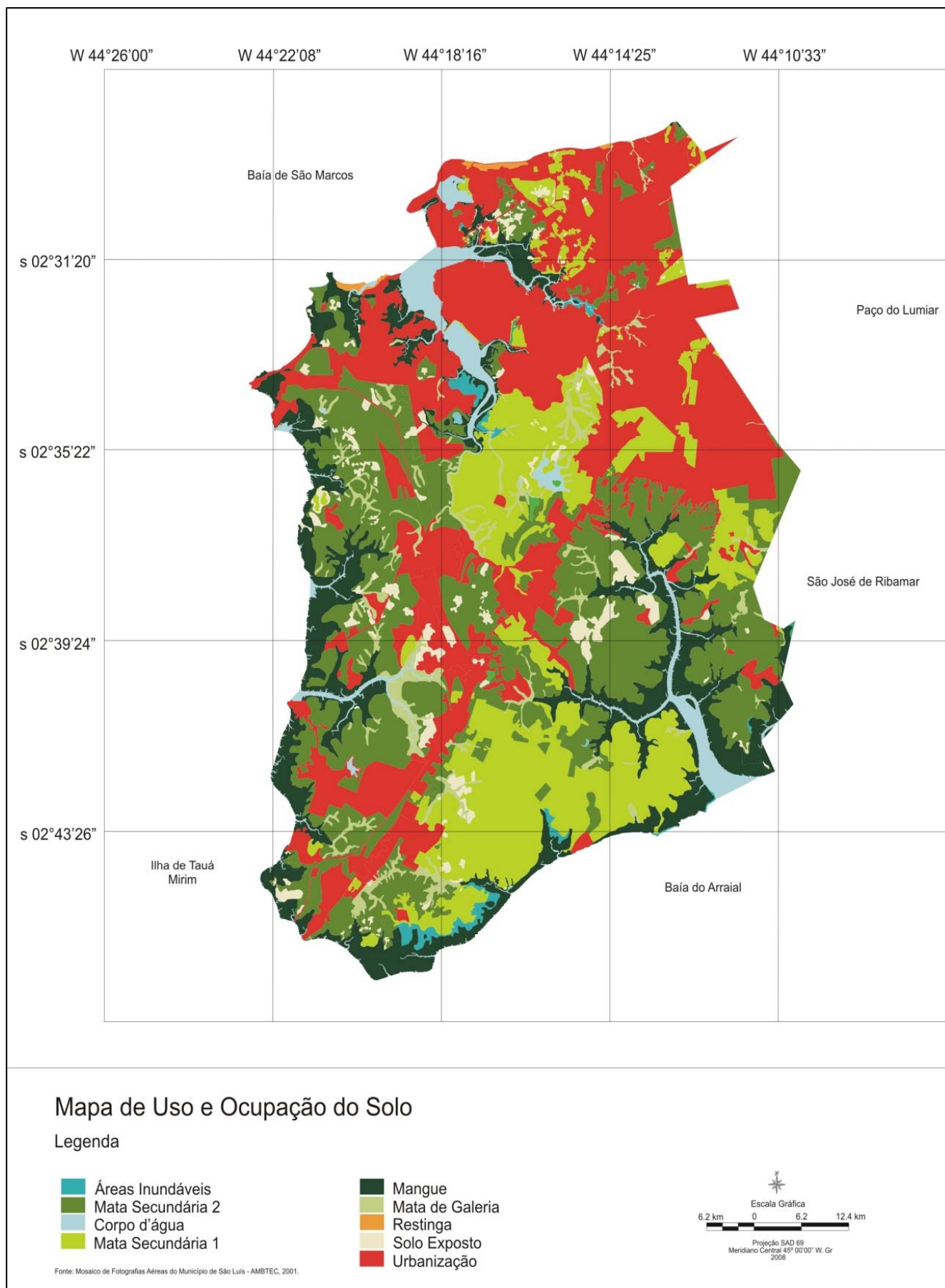
Tipos de Resíduos	Ano	
	2000	2004
Resíduos sólidos domiciliares, comerciais e de varrição	T/dia: 806,80 T/mês: 20.977 T/ano: 251.724	T/dia: 550 T/mês: 14.300 T/ano: 171.600
Resíduos sólidos gerados em feiras e mercados		T/dia: 20 T/mês: 520 T/ano: 6.240
Resíduos sólidos classe “D” gerados em Unidades de Saúde		T/dia: 9 T/mês: 234 T/ano: 2.808
RS classificados como entulho e diversificados com remoção Manual/Mecânica/Poliguindaste		T/dia: 630 T/mês: 16.380 T/ano: 195.560
Resíduos sólidos gerados por empresas particulares		T/dia: 25 T/mês: 650 T/ano: 7.800
Totais		T/dia: 1.234 T/mês: 32.084 T/ano: 384.008

Fonte: Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos, Superintendência de Limpeza Pública.

### 3.5. Usos e cobertura do solo

A categoria “espaço ecológico bioproductivo” é apresentada neste trabalho em forma de mapa, georreferenciado, mensurando o tamanho das áreas/categorias de solo adotadas. Uma planilha de dados com os tamanhos das áreas, em Km<sup>2</sup> acompanha foi apresentada na Seção I - Cobertura Vegetal.





**FIGURA 3.4 – Mapa da cobertura vegetal do município de São Luís no ano 2003.**

Ao final do processo teremos o saldo ou o déficit ecológico do município para com o planeta de acordo com o método da Pegada Ecológica, após o que teceremos considerações a cerca da contribuição de São Luís às mudanças ambientais globais.

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Como assinalado anteriormente, o processo para estimarmos a Pegada Ecológica é realizado em etapas. Neste capítulo aplicaremos a metodologia para cada item de consumo adotado, observando o período e a população.

Observamos que enquanto os cálculos para Pegadas Ecológicas globais e nacionais foram padronizados nas Contas Nacionais da Pegada (*National Footprint Accounts*), existe uma variedade de maneiras utilizadas para calcular a pegada de uma cidade ou região, existindo o reconhecimento crescente da necessidade de padronizar os métodos de aplicação da pegada subnacional de modo a aumentar sua comparabilidade através de estudos e ao longo do tempo. Como resposta a esta necessidade, métodos e abordagens estão atualmente sendo alinhados através da iniciativa global Padrões da Pegada Ecológica (*Ecological Footprint Standards*).

##### **4.1. O poder dos combustíveis**

*Existe hoje em dia, evidências visíveis e inequívocas dos impactos da mudança climática e consenso de que as atividades humanas têm sido decisivas nesta mudança. A estimativa mais otimista para a elevação da temperatura neste século é de 1.8 graus centígrados. Alguns cientistas acreditam que um aumento de 2 graus acima dos níveis pré-industriais na temperatura média global é o limiar depois do qual a ameaça de danos maiores e irreversíveis se tornará mais plausível.*

*A elevação do nível do mar causada pela expansão térmica da água e pelo derretimento das geleiras e dos lençóis de gelo trará conseqüências potencialmente grandes já que mais de 60% da população mundial vive dentro de áreas distantes em até 100 quilômetros de costas.*

*As tendências atuais não favorecem a estabilização dos gases do efeito estufa. A aviação viveu um aumento de 80% das milhas percorridas entre 1990 e 2003, enquanto a navegação cresceu de um bilhão de toneladas de bens transportados em 1990 para 7.1 bilhões de toneladas em 2005: cada um dos setores demanda enormes e crescentes quantidades de energia.*

*Alguns gases causadores do efeito estufa podem persistir na atmosfera por mais de 50.000 anos.*

O texto acima faz parte do relatório 2008 publicado pelo PNUMA intitulado Panorama do Meio Ambiente Global: Meio Ambiente para o Desenvolvimento – GEO 4 (*UNEP's Global Environment Outlook: environment for development*), o último de uma série de relatórios de destaque do PNUMA, que trata do estado atual da atmosfera, da terra, da água e da biodiversidade em todo o globo, descreve as mudanças desde 1987 e identifica prioridades para ação. O GEO-4 é o mais abrangente relatório da ONU sobre meio ambiente, preparado por aproximadamente 390 especialistas e revisado por mais de 1000 outros através do mundo.

Em sua versão publicada em 2000 apresenta o quadro de aumento rápido na quantidade de veículos em todas as regiões do mundo, sendo os automotores consumidores de quase 80% da energia relacionada com os transportes (que utilizava um quarto de toda a energia mundial e cerca de metade da produção mundial de petróleo), principais contribuintes das emissões de gases de efeito estufa (GEE) e da contaminação do ar nas zonas urbanas.

Em São Luís, a frota de veículos em 20 anos (1988 – 2008) aumentou 558%: em 1988, eram 31.422 automóveis, em 2008 (seis primeiros meses) são 213.396 veículos. A média de emplacamento em 1989 era de 30 automóveis por dia, o que refletia em 940 veículos emplacados por mês. Este ano, a média de veículos emplacados diariamente é de 48 ou 1.453 por mês. Segundo o Detran, os últimos quatro anos representaram o maior crescimento da frota de veículos. Entre os anos de 1991 e 2004, por exemplo, foram emplacados em média 5.908 veículos, enquanto entre os anos de 2004 e 2007 a média anual passou a ser de 11.403 veículos emplacados. (*Ronaldo Rocha, O Estado, 9/7/2008*).

Para o cálculo da PE dos combustíveis, os autores do método utilizam três enfoques baseados em raciocínios diferentes. O primeiro calcula a quantidade de terra necessária para produzir um substituto para o atual combustível fóssil líquido. O segundo estima a área de terra necessária para sequestrar o CO<sub>2</sub> emitido pela queima dos combustíveis. O terceiro é a conversão do uso da energia fóssil em terra necessária para reconstruir o capital natural na mesma taxa que o combustível está sendo consumido.

O segundo enfoque resulta na menor Pegada Ecológica e é o de maior aceitação pública, sendo o utilizado neste trabalho. O argumento para sua utilização é que o carbono fóssil (na forma de CO<sub>2</sub>) não pode ser deixado para acumular na

atmosfera se desejamos evitar possíveis (ou maiores) alterações climáticas. Calculamos então a quantidade de terra necessária para assimilar o CO<sub>2</sub> que estamos injetando na atmosfera. Ecossistemas florestais e pântanos estão entre os que podem ser significativos assimiladores líquidos de CO<sub>2</sub>. Dados de produtividades típicas de florestas tropicais, temperadas ou boreais mostram que florestas médias podem acumular aproximadamente 1,8 toneladas de Carbono por hectare por ano (WACERNAGEL & REES, 1996), mas, neste trabalho utilizaremos, como já citamos anteriormente, a relação estabelecida pelo IPCC (ANDRADE, 2007) de 1 ha de floresta absorvendo 1 ton de CO<sub>2</sub>.

A Pegada Ecológica de gases causadores do efeito estufa resultante do uso de combustíveis fósseis foi o item que mais cresceu mundialmente: mais de dez vezes entre 1961 e 2003 (LPR, 2006). A participação das emissões desses gases resultante do uso de combustíveis fósseis dos Estados Unidos, por exemplo, é de 59% de sua “pegada”. Para os Emirados Árabes, o percentual fica em 77% e para o Canadá, 53%. Dentre os países em desenvolvimento, Índia, China e México apresentam números elevados de participação de emissões de CO<sub>2</sub> em suas pegadas (32%, 47% e 45% respectivamente). No Brasil, as emissões estão na casa dos 17%. A agricultura (26%), a pecuária (29%) e os usos florestais (21%) são os principais contribuintes às emissões dos GEE. Estes números mostram uma matriz energética razoavelmente limpa, mas as pressões, como o desmatamento, sobre os ecossistemas são enormes. (Dias, 2002)

A PE de São Luís para este item foi subdividida em três tipos de combustíveis: álcool hidratado, gasolina comum e diesel. Utilizamos fatores de conversão para calcular o total de toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas. Nas tabelas abaixo apresentamos os resultados.

#### Fatores de conversão:

Álcool hidratado – 2,52 Kg CO<sub>2</sub> / litro queimado

Gasolina Comum – 2,63 Kg CO<sub>2</sub> / litro queimado

Óleo diesel – 3,15 Kg CO<sub>2</sub> / litro queimado

**TABELA 4.1 – Consumo de combustíveis, emissão de CO<sub>2</sub>, Pegada Ecológica – total, per capita e em equivalentes globais, no ano 2000.**

População em 2000: 870.028 habitantes						
Itens	Consumo (litro)	Emissão de CO <sub>2</sub> (t)	PE Total (ha)	PE per capita (ha)	PE Total (gha)	PE per capita (gha)
Álcool	17.045.014	42.953.435	42.953.435	0,0493	58.846,205	0,0676
Gasolina	97.425.958	256.230.269	256.230.269	0,2945	351.035,468	0,4034
Diesel	224.338.349	706.665.799	706.665.799	0,8122	958.132,144	1,1012
<b>Total</b>	<b>338.809.321</b>	<b>1.005.849.504</b>	<b>1.005.849.504</b>	<b>1,1560</b>	<b>1.368.013,817</b>	<b>1,5722</b>

Fonte: Elaborada pela mestranda

**TABELA 4.2 – Consumo de combustíveis, emissão de CO<sub>2</sub>, Pegada Ecológica – total, per capita e em equivalentes globais, no ano 2004.**

População em 2004: 959.124 habitantes						
Itens	Consumo (litro)	Emissão de CO <sub>2</sub> (t)	PE Total (ha)	PE per capita (ha)	PE Total (gha)	PE per capita (gha)
Álcool	13.053.653	32.895,205	32.895,205	0,0342	45.066,430	0,04698
Gasolina	104.526.942	274.905,857	274.905,857	0,2866	376.621,024	0,3926
Diesel	245.564.756	773.528,981	773.528,981	0,8064	1.059.734,703	1,1048
<b>Total</b>	<b>363.145.351</b>	<b>1.081.330,043</b>	<b>1.081.330,043</b>	<b>1,1272</b>	<b>1.481.422,157</b>	<b>1,5443</b>

Fonte: Elaborada pela mestranda

Do total de combustíveis consumidos nos dois anos do estudo, o óleo diesel representou, respectivamente, 66,2 e 67,6% do consumo, a gasolina comum, 28,7% nos dois anos e, o álcool 5 e 3,6%, respectivamente.

Apesar das emissões de CO<sub>2</sub> do álcool durante a queima serem reabsorvidas no crescimento da cana-de-açúcar (emissão líquida zero) e de seu volume consumido ter decrescido em 2004, o mantivemos nesta análise, diante da não contabilização do CO<sub>2</sub> emitido no transporte deste combustível, como também por serem subestimados “naturalmente” os valores da PE, por exemplo, ao não contabilizarmos outras fontes de CO<sub>2</sub> para a atmosfera (queimadas, indústrias, combustível de aeronaves e marítimos).

São Luís emitiu no computo geral, 2.087.179,546 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> nos dois anos analisados, apresentando entre estes, um crescimento no consumo entre de apenas 6,7%. A área necessária para seqüestrar esse quantitativo de Carbono, é de 2.087.179,546 ha de floresta. Apresentando São Luís um espaço ecológico produtivo de 34.305,700 ha (excluídas as áreas de solo exposto e urbanizadas), a PE Total dos Combustíveis ultrapassa a biocapacidade em cerca de 60,8%.

Quanto à PE individual, cada cidadão utilizava 1,1560 ha em 2000 e 1,1272 ha em 2004 para a suprir sua necessidade de combustíveis. Sabendo que havia disponíveis por habitante 0,0394 ha em 2000 e, 0,0357 ha em 2004, cada cidadão se apropriou, em média, de 1 hectare a mais para atender sua demanda.

#### 4.2. O consumo de alimentos

Para a produção de alimentos, tanto de origem vegetal como animal, necessita-se de terra cultivável e produtiva e, de modo geral, a maior parte do solo de São Luís é de baixa aptidão agrícola, o que reflete nas reduzidas colheitas e na baixa produtividade das áreas plantadas. Soma-se a isso, uma situação fundiária baseada na

concentração de terra, a utilização do sistema de corte e queima para o cultivo, a criação de pastagens, o desmatamento para fins de urbanização, queimadas criminosas, extração de areia, argila, laterita, extração de madeira para uso doméstico e comercial. Esses elementos tornam a produção de alimentos incipiente no município, tornando necessária a importação de mais de 90% do que é consumido. (PMSL, 2006).

Um dado que corrobora a afirmação acima é a ocupação de apenas 0,8% da área municipal pelas lavouras, permanentes e temporárias, nos dois anos do estudo. (Tabela 4.3)

**TABELA 4.3 - Áreas, em hectares e percentual, ocupadas pelas lavouras, permanente e temporárias, no município de São Luís, nos anos 2000 e 2004.**

Culturas (ha)	Anos		Área municipal* (%)	
	2000	2004	2000	2004
Permanente	49	108	0,09	0,20
Temporária	179	98	0,33	0,18
Subtotal	228	206	0,43	0,38
Total	434		0,81	

\* Área municipal: 52.833,5 ha

Fonte: SIDRA/IBGE

Quanto à produção de alimentos de origem animal, a referida pesquisa IBGE apresenta os resultados, não em área ocupada, mas em cabeças e estão apresentados na tabela a seguir:

**TABELA 4.4 - Efetivo de rebanhos (cabeças) do município de São Luís.**

Tipo de rebanho	Efetivo (cabeças)	
	2000	2004
Bovino	842	865
Suíno	6.557	6.310
Galos, frangos, frangas e pintos	175.527	185.780

Fonte: SIDRA/IBGE

Apesar do quantitativo dos rebanhos suíno e de aves, ser muito maior que o bovino, seus requerimentos em área são menores, sendo normalmente criados em ambientes fechados (confinados), não utilizando grandes áreas, o que, por outro lado, significa aumento no consumo de ração, água e energia elétrica. Assim, optamos por não mensurar a PE desses rebanhos, observando que seus consumos estarão indiretamente mensurados nos itens água, combustíveis e energia elétrica.

Os dados utilizados para estimarmos a área requerida pelo rebanho bovino foram obtidos da EMBRAPA/Gado de Corte, via e-mail, e dão conta de que as



pastagens brasileiras comportam de 0,3 a 15 unidade animal (UA) por hectare podendo ser criado exclusivamente a pasto sem necessidade de consumir ração. Para São Luís assumimos o valor médio de 7 UA/ha.

Conforme explicitado na metodologia, adotamos a cesta básica brasileira (Decreto-lei N° 399, de 30 de abril de 1938) para composta de 14 alimentos utilizada pelo DIEESE (Departamento Intersindical de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos), apresentada na tabela abaixo, como forma de mensurar o consumo da população ludovicense, acrescentando a esta os valores anuais para os itens.

**TABELA 4.5 - Cesta básica brasileira de acordo com o DIEESE, acrescida de valores anuais.**

ALIMENTO	QUANTIDADE (per capita/mês)	QUANTIDADE (per capita/ano)
Carne	4,5 Kg	54 Kg
Leite	6 l	72 l
Pão francês	6 Kg	72 Kg
Arroz	3,6 Kg	43,2 Kg
Feijão	4,5 Kg	54 Kg
Café	300 g	3,6 Kg
Frutas	90 Unidades	1080 Unidades
Banana	7,5 dz	90 dz
Manteiga	750 g	9 Kg
Óleo	750 g / 900 ml	10,8 l
Açúcar	3 Kg	36 Kg
Farinha de mandioca	3 Kg	36 Kg
Legumes	12 Kg	144 Kg
Tomate	12 kg	144 kg

Fonte: Elaborada pela mestranda

Alguns dos produtos constantes na cesta básica são produzidos na cidade de São Luís e nos municípios que formam a Grande Ilha, principalmente por pequenos produtores da zona rural, e comercializados nas feiras livres e mercadinhos especialmente. Infelizmente, dados quantitativos sobre o consumo desses produtos no município não existem, o que nos fez percorrer um caminho mais longo para calcular a PE dos alimentos para São Luís e utilizar valores nacionais ou regionais.

Cabe aqui salientar que:

- Também não foram incluídos no cálculo, itens que apresentaram impossibilidade de determinação de sua produtividade (quantidade por área) como os legumes e os produtos industrializados manteiga, óleo e pão francês, contabilizados de forma indireta nos consumos de energia elétrica, combustíveis e água.

- Utilizamos apenas do item frutas, apenas a banana, por constar na cesta básica e possuir produção e produtividades para o município.

- Desconsideramos as perdas decorrentes do não reaproveitamento dos alimentos e do desperdício, pela indisponibilidade de dados

- A produtividade média por categoria de consumo alimentar foi calculada prioritariamente com dados do município de São Luís, quando estes estavam disponíveis e apenas para os produzidos no espaço territorial do mesmo. Quando indisponíveis, foram utilizados os dados nacionais. (Tabela 4.6)

**TABELA 4.6 - Rendimento médio (kg/ha) das culturas em São Luís – MA, nos anos 2000 e 2004.**

Culturas	Rendimento por hectare	
	2000	2004
Arroz	1000	500
Cana-de açúcar	21.000	15.000
Feijão	714	-
Mandioca	6.304	7.500
Milho	875	-
Banana*	807	8.480
Côco-da-baía*	2.692	2.600
Mamão*	23.285	11.000
Maracujá*	35.666	22.166

\* Lavouras permanentes

A seguir, as etapas utilizadas para calcular a PE.

Primeira etapa: multiplicar os quantitativos anuais da cesta básica pelo número de habitantes adotado para obter o consumo total anual:

**TABELA 4.7 – Tipos de alimentos, quantidades consumidas nos anos 2000 e 2004.**

ALIMENTO	QUANTIDADE (per capita/ano)	CONSUMO TOTAL (Pop. 2000= 870.028) (Kg)	CONSUMO TOTAL (Pop. 2004= 959.124) (Kg)
Carne	54 Kg	46.981.512	51.792.696
Arroz	43,2 Kg	37.585.209,6	41.434.156,8
Feijão	54 Kg	46.981.512	51.792.696
Café	3,6 Kg	3.132.100,8	3.452.846,4
Banana	90 dz	78.302.520	86.321.160
Açúcar	36 Kg	31.321.008	34.528.464
Farinha de mandioca	36 Kg	31.321.008	34.528.464
Legumes	144 Kg	125.284.032	138.113.856
Tomate	144 kg	125.284.032	138.113.856



Segunda etapa: dividir o consumo total anual – CTA - pela produtividade de cada cultura/item para obter o hectare por habitante:

**TABELA 4.8 – Consumo, produtividade e Pegada Ecológica da população nos anos 2000 e 2004.**

ALIMENTO	CONSUMO TOTAL (Kg/ano)		PRODUTIVIDADE (Kg/ha)		PE População (ha/ano)	
	2000	2004	2000	2004	2000	2004
Carne	46.981.512	51.792.696	54.090	55.575	868,5	931,9
Arroz	37.585.209,6	41.434.156,8	1000	500	37.585,2	82.868,3
Feijão	46.981.512	51.792.696	714	458	65.800,4	113.084,4
Café	3.132.100,8	3.452.846,4	839.000	520.500	3,7	6,6
Banana	78.302.520	86.321.160	807	8.480	97.029,1	10.179,3
Açúcar	31.321.008	34.528.464	5.016.150	5.551.020	6,2	6,2
Mandioca	31.321.008	34.528.464	6.968	7.748	4.494,9	4.456,4
Tomate	125.284.032	138.113.856	18.814	19.681	665,9	701,7
<b>TOTAL</b>					206.453,9	212.234,8

Terceira etapa: dividir o valor final obtido pelo numero de habitantes para transformá-lo em hectare / per capita /ano.

**TABELA 4.9 – Pegada Ecológica per capita nos anos 2000 e 2004.**

ALIMENTO	PE individual (ha/per capita/ano)	
	2000	2004
Carne	0,0009	0,0009
Arroz	0,0431	0,0863
Feijão	0,0744	0,1179
Café	0,0000	0,0000
Banana	0,1115	0,0106
Açúcar	0,0000	0,0000
Mandioca	0,0051	0,0046
Tomate	0,0007	0,0007
<b>TOTAL</b>	<b>0,2357</b>	<b>0,221</b>

A demanda individual por área para a produção dos alimentos utilizados neste trabalho foi de 0,2357 ha em 2000 e de 0,221 ha em 2004.

Multiplicando esses valores pelo número de habitantes dos respectivos anos, necessitaríamos, para suprir a demanda desse pequeno número de itens alimentares, uma área de 205.065,5 ha em 2000 e 211.966,4 ha em 2004.

É preciso considerar que a variedade de alimentos utilizada neste trabalho é inferior à real variedade de produtos consumidos pelos ludovicenses. Em uma pesquisa nas feiras livres, observamos a oferta de uma variedade de frutas, verduras, condimentos que apesar de serem comercializadas não têm disponibilizados os dados de produção ou de produtividade locais ou ainda, estas eram muito baixas, sendo o consumo da população atendido pela importação dos gêneros. Assim, diante desses fatores acreditamos estar este item um pouco subestimado, carecendo de uma pesquisa mais minuciosa e num maior intervalo de tempo para encontrarmos o valor real dos consumos e da Pegada Ecológica deste item.

No entanto, assumiremos esses valores subestimados e o incorporaremos ao cálculo final para o estabelecimento da PE de São Luís.

#### **4.3. Produtos madeireiros: A importância da cobertura vegetal**

De modo geral, a importância da cobertura florestal está relacionada à manutenção dos ecossistemas existentes, bem como à conservação de suas fauna e flora. De acordo com o *princípio da interdependência*, qualquer alteração na biota de um dado ecossistema tende a atingir os componentes florístico e faunístico e vice-versa. Várias são as causas da fragmentação florestal provocada pelas intervenções humanas: aumento da fronteira agrícola, da produção de energia, aumento populacional, o incremento da rede viária, dentre outras. Processos que, muitas vezes, trazem consigo consequências irreparáveis do ponto de vista ambiental. Alternativas para conter seu avanço têm sido estudadas, tanto nos setores de produção quanto na pesquisa científica.

O Brasil é um país com grande vocação florestal, que apresenta cerca de 6,8 milhões de hectares de florestas plantadas e 385 milhões de hectares de florestas nativas, tendo estas últimas poucas informações sobre o crescimento das plantas, seja em áreas intactas, em áreas exploradas ou em áreas sujeitas a regime de manejo.

Para a exploração sustentada dos recursos da floresta tropical dois pontos importantes devem ser abordados: a definição do ciclo de corte e como o número de árvores por classe de diâmetro evolui ao longo do tempo. Mas, fatores como suscetibilidade das espécies florestais à exploração, economicidade do manejo sustentado, maior eficiência no processo de beneficiamento e aproveitamento da

madeira, racionalização das técnicas de exploração e transporte são também extremamente relevantes.(Scolforo et al., 1996 in IBAMA, 2006).

Um dado alarmante é que, nas últimas duas décadas, a contribuição da Amazônia na produção de toda a madeira utilizada no Brasil aumentou de 14% para 85%. A região forneceu quase 29 milhões de m<sup>3</sup> de toras em 1997. De acordo com dados oficiais, 80% dessa exploração é feita de forma ilegal. Segundo o Greenpeace, mesmo a extração considerada legal é altamente destrutiva e o uso de tecnologia obsoleta resulta em enorme perda de matéria-prima durante o processo produtivo. Segundo a entidade, em média, apenas um terço da madeira extraída é transformada em produto final. A Lei 4771/65 diz que é obrigada a fazer a reposição florestal, na forma de plantio, a pessoa física ou jurídica, que explore, utilize, transforme ou consuma matéria-prima florestal.

Em atendimento a Instrução Normativa 003, de 10 de maio de 2001, quem comercializa madeira nativa de sua propriedade, deve apresentar o Inventário Florestal a 100% de todos os indivíduos com DAP>20 cm, para a região da Amazônia Legal. Tecnicamente espera-se que a partir desta prática se possa determinar os fatores florísticos e estruturais da vegetação, tais como: o número de espécie por unidade de área; a existência de espécies imunes de corte; a densidade de indivíduos; e a área basal e o volume, não só das espécies economicamente aproveitáveis nos dias de hoje, mas também daquelas que ainda não entraram no mercado por motivos técnicos desconhecidos.

Em 2001 o consumo de madeira no Brasil girava em torno de 300 milhões de metros cúbicos por ano (nativas + plantadas para todos os fins), sendo 100 milhões de metros cúbicos por ano de florestas plantadas para uso industrial. Só no plantio de *Eucalyptus* e *Pinus* foram reflorestados cerca de 4,8 milhões de hectares.

Segundo o IBGE (SIDRA – Produção Extrativa Vegetal) o Maranhão produziu de Madeira em Tora, nos anos 2000 e 2004, respectivamente, 496.821 e 337.378 m<sup>3</sup>. São Luís não apresenta produção deste tipo de produto extrativo, sendo, de acordo com os Documentos de Origem Florestal (DOF)/IBAMA, apenas município de destino da madeira extraída. Nesses relatórios a madeira encaminhada para São Luís é a chamada Madeira Serrada e, em sua grande maioria, vinda do Estado do Pará, seguido de Roraima e do Amazonas.

É importante assinalar que o Sistema DOF foi implantado em setembro de 2006, fazendo com que esses relatórios tenham dados a partir desse período. No entanto, nos parece razoável assumir que nos anos anteriores a 2006, a situação da

produção extrativa e do tipo de produto madeireiro, em relação a São Luís, não tenha se modificado, o que nos fez adotar a premissa de que toda a madeira em tora – serrada presente neste município é importada.

Junto à SEMA – Secretaria de Meio Ambiente do Estado do Maranhão / Superintendência de Gestão Florestal, obtivemos, via e-mail, as seguintes informações: o montante de madeira comercializada em São Luís no ano 2006 (até junho) foi de 1.000 m<sup>3</sup>/ano; o uso mais freqüente é na construção civil; as espécies mais comercializadas são a maçaranduba, o ipê, o jatobá e a copaíba; a origem da mesma são os municípios da divisa do Maranhão com o Pará: Maranhãozinho, Centro do Guilherme e Governador Nunes Freire.

Esse valor de consumo equivale a menos de 1% da madeira produzida no Estado nos anos 2000 e 2004. Diante de um valor que nos parece muito subestimado para o consumo do município, mas levando em consideração que o Maranhão também exporta madeira e não é o único importador desse produto dos outros Estados, adotamos o percentual de 2% do total de madeira em tora produzida no Estado, como de consumo pelo município de São Luís, o que equivale a 9.936 e 6.746 m<sup>3</sup>/ano, respectivos aos anos de 2000 e 2004.

Resolvido o primeiro impasse quanto ao consumo de madeira em São Luís, passamos ao segundo nível das informações: a produtividade das espécies vegetais comercializadas.

Os quatro tipos de espécies vegetais informadas pela SEMA são espécimes de Mata Nativa, situadas na Região da Amazônia Legal, não sendo plantadas. Assim, sua extração, para ser legal, outra premissa adotada neste trabalho, é resultado da elaboração de um Plano de Manejo Florestal Sustentável (PMFS), que dita em sua metodologia, dentre outras coisas, que para áreas de até 4 módulos fiscais, após um Inventário Florestal 100%, respeitando as árvores com DAP maior ou igual a 40 cm, deve-se considerar como volume máximo a ser desmatado o valor de 20 m<sup>3</sup>/ha. Assim, assumindo que a madeira utilizada é resultado de planos de manejo florestais, adotamos como produtividade das espécies o valor de 20 m<sup>3</sup>/ha.

Para a estimativa de área de floresta tropical necessária para atender à demanda utiliza-se a relação sugerida por Wackernagel e Rees (1996) que é 2,3 m<sup>3</sup>/ha/ano para a produtividade do bioma. Assim, multiplica-se o consumo por 1 e divide-se por 2,3. A quantidade de CO<sub>2</sub> emitido (ou não assimilado) é determinada pela relação 1 ha absorve 1 ton de CO<sub>2</sub> (IPCC in ANDRADE, 2006).

Assim, a PE do item madeira para o município de São Luís foi em 2000 de 4.320,4 hectares/ano, sendo que cada habitante se “apossou” de 0,0049 ha/ano e, em 2004 de 2.933,0 ha/ano, cabendo a cada habitante o uso de 0,0030 ha/ano. Conforme a tabela a seguir, observamos também que deixaram de ser absorvidos 4.320 toneladas de Carbono no ano de 2000 e 2.933 toneladas de Carbono no ano de 2004.

Temos então, conforme tabela abaixo, os valores para os anos de 2000 e 2004 do item madeira serrada.

**TABELA 4.10 – Consumo, Pegada Ecológica, emissão de CO<sub>2</sub>, áreas global e *per capita*, em 2000 e 2004, de madeira serrada.**

Anos	Consumo (m <sup>3</sup> /ano)	Área demandada (ha/ano)	Emissão de CO <sub>2</sub> (t/ C/Ano)	Área (gha)	Área per capita (ha/ano)	Área per capita (gha/ano)
2000	9.936	4.320,4	4.320	5.918,4	0,0049	0,0068
2004	6.746	2.933,0	2.933	4.018,2	0,0030	0,0041

DIAS (2002) fez um cálculo muito simples para obter a área natural requerida por habitante para a produção de papel (sem distinção de qual tipo), determinando o consumo anual da população via multiplicação do número de habitantes pelo consumo médio per capita do Brasil (Kg/hab./ano).

Para São Luís os números de consumo são, em 2000: 870.028 hab. x 40,2 = 34.975,12 t/ano e, para 2004: 959.124 x 40 = 38.365,04 t/ano.

Uma tonelada de papel equivale a 1,8 m<sup>3</sup> de madeira (Wackernagel & Rees, 1996). Temos então: em 2000 = 62.955,21 m<sup>3</sup> de madeira/ano e, em 2004 = 69.057,07 m<sup>3</sup> de madeira/ano, utilizada para produção de papel.

Sabendo-se que em 1 hectare podem ser produzidos 2,3 m<sup>3</sup> de madeira, temos 27.371,83 ha (2000) e 30.024,81 ha (2004).

Dividindo-se esses valores pela população total chegamos a 0,03146 ha/per capita/ano (2000) e 0,03130 ha/per capita/ano (2004).

A tabela abaixo apresenta o valor total da PE para este item – somatório da PE de madeira serrada e de papel.

**TABELA 4.11 - Consumo, Pegada Ecológica, emissão de CO<sub>2</sub>, áreas global e *per capita*, em 2000 e 2004, de madeira serrada e papel.**

Anos	Consumo (m <sup>3</sup> /ano)	Área demandada (ha/ano)	Emissão de CO <sub>2</sub> (t/ C/Ano)	Área (gha)	Área per capita (ha/ano)	Área per capita (gha/ano)
2000	44.911,12	31.692,23	31.692,23	43.418,35	0,0364	0,0499
2004	45.111,04	32.957,81	32.957,81	45.152,19	0,0343	0,0470

Chamamos a atenção para o fato de que o município possui como área de terra onde pode se dá os cultivos de alimentos e madeira, por exemplo, 230,828 Km<sup>2</sup>, o equivalente a 32.082,8 ha, o que implica dizer que toda a área seria utilizada em 2000 para a produção deste item e que em 2004 seriam necessários mais 875,01 ha para suprir a demanda. Ou seja, São Luís apropria-se dos recursos de ecossistemas localizados fora de seu território, inclusive fora do Estado do Maranhão, para atender sua necessidade de madeira serrada e papel.

Existe também como produto extrativo vegetal a lenha e o carvão, que apresentam produção na cidade de São Luís, segundo o IBGE/SIDRA. Os valores para esses produtos são:

<b>Lenha</b>	<b>964 m<sup>3</sup></b>	<b>750 m<sup>3</sup></b>
Carvão vegetal	20 toneladas	16 Toneladas

No entanto, é sabido serem esses produtos resultantes, principalmente, da destruição de áreas de mangues do município, estando então suas áreas indiretamente valoradas no item Uso e Ocupação do Solo que trataremos mais adiante.

#### **4.4. Consumo de energia elétrica - a luz do mundo**

Vivemos boa parte de nossas vidas dentro de edificações - escolas, locais de trabalho, residências. Para nosso conforto instalamos ventiladores, aparelhos de ar condicionados, lavadoras de roupas, freezers, etc. Na maioria das vezes não temos a menor idéia do custo ambiental, da origem da energia necessária para fazer essas máquinas funcionarem e nem das conseqüências de nossos hábitos de consumo. Só tomamos ciência de nossa dependência da eletricidade no momento exato de sua falta.

A pegada energética de um determinado país é calculada como sendo a área necessária para fornecer energia, ou absorver resíduos de combustíveis fosseis (carvão, petróleo e gás natural), biomassa (lenha e carvão vegetal), energia nuclear, e hidráulica.(LPR, 2004)

A energia hidráulica é atualmente, a principal fonte geradora de energia elétrica (EE) para diversos países e representa cerca de 17% de toda a eletricidade gerada no mundo. No Brasil, sua contribuição ao desenvolvimento econômico tem sido expressiva, seja no atendimento das diversas demandas da economia - atividades industriais, agrícolas, comerciais e de serviços - ou da própria sociedade, seja na melhoria do conforto das habitações e da qualidade de vida das pessoas. Também desempenha papel importante na integração e no desenvolvimento de regiões distantes

dos grandes centros urbanos e industriais. Segundo o Balanço Energético Nacional (2003), participa com quase 83% de toda a energia elétrica gerada no País. Apesar da tendência de aumento de outras fontes, tudo indica que a energia hidráulica continuará sendo, por muitos anos, a principal fonte geradora de energia elétrica do Brasil. Embora os maiores potenciais remanescentes estejam localizados em regiões com fortes restrições ambientais e distantes dos principais centros consumidores, estima-se que, nos próximos anos, pelo menos 50% da necessidade de expansão da capacidade de geração seja de origem hídrica. (Atlas de Energia Elétrica, ANEEL, 2ª Ed.)

Apesar de ser uma fonte considerada limpa de energia, também contribui para o estabelecimento de impactos ambientais negativos como impedimento à migração de peixes, desmatamentos, perda de biodiversidade, impactos socioculturais na população atingida, liberação de gases de efeito estufa (GEE) como o metano e o CO<sub>2</sub>, só para citar alguns.

No Brasil, o consumo de eletricidade chegou a quase 306 GWh em 2000, observando-se uma redução no ano seguinte em função de práticas de racionalização de consumo durante e depois da ocorrência do racionamento de 2001. Em 2002 e 2003 o consumo atingiu cerca de 289 GWh e 292 GWh, respectivamente. Em termos setoriais, destaca-se o setor industrial. Observa-se, porém, uma tendência de redução de sua participação, sendo, o setor residencial, o segundo maior consumidor de energia elétrica no país. (Atlas de Energia Elétrica, *op. cit.*)

Ao longo das últimas duas décadas, o consumo de EE apresentou índices de expansão bem superiores ao Produto Interno Bruto (PIB), fruto do crescimento populacional concentrado nas zonas urbanas, onde o consumo de energia elétrica é maior por unidade domiciliar, do esforço de aumento da oferta de energia e da modernização da economia. As classes de consumo residencial, comercial e rural obtiveram expressivos ganhos de participação. (CERVI, 2008)

Com relação às emissões de metano pelas hidroelétricas, em função da decomposição da matéria orgânica, não temos dados disponíveis para calcular as emissões do sistema de geração de energia elétrica que abastece o Município de São Luís.

Os valores obtidos para São Luís, nos anos 2000 e 2004, foram divididos em oito classes de consumidores e estão expressos na tabela abaixo. Constatamos que, para os dois anos, o setor residencial foi o que mais contribuiu no consumo de EE, seguido do setor comercial, diferentemente dos dados obtidos de consumo do país.

**TABELA 4.12 – Consumo, Pegada Ecológica em hectares e hectares globais em 2000.**

População de 2000: 870.028 habitantes						
Classes de Consumo	Consumo em kWh (1)	Consumo em Gj (2)	PE pop (ha) (3)	PE per capita (4)	PEpop (Gha) (5)	PE per capita (Gha) (6)
Residencial	336.448.000	1 211 212,8	12.112,128	0,0139	16.593,615	0,0190
Industrial	84.023.000	302 482,8	3.024,82	0,0034	4.144,003	0,0047
Comercial	246.706.000	888 141,6	8.881,416	0,0102	12.167,539	0,0139
Rural	1.284.000	4 622,4	46,224	0,0000	63,326	0,0000
P. Público	68.475.000	246 510	2.465,1	0,0082	3.377,187	0,0038
II. Pública	83.405.000	300 258	3.002,58	0,0034	4.113,534	0,0047
Serv. Públ.	25.989.000	93 560,4	935,604	0,0010	1.281,777	0,0014
Próprio	2.679.000	9 644,4	96,444	0,0001	132,128	0,0001
<b>Total</b>	<b>849.009.000</b>	<b>3.056.432,4</b>	<b>30.564,316</b>	<b>0,0402</b>	<b>41.873,109</b>	<b>0,0476</b>

Fonte: Elaborada pela mestranda

**TABELA 4.13 – Consumo, Pegada Ecológica em hectares e hectares globais em 2004.**

População em 2004: 959.124 habitantes						
Classes de Consumo	Consumo em kWh	Consumo em Gj	PE pop (ha)	PE per capita	PEpop (Gha)	PE per capita (Gha)
Residencial	326.450.000	1 175 220	11.752,2	0,0122	16.100,514	0,0167
Industrial	77.780.000	280 008	2.800,08	0,0029	3.836,109	0,0039
Comercial	270.066.000	972 237,6	9.722,376	0,0101	13.319,655	0,0138
Rural	1.213.000	4 366,8	43,668	0,0000	59,825	0,0000
P. Público	77.521.000	279 075,6	2.790,756	0,0029	3.823,335	0,0039
II. Pública	48.816.000	175 737,6	1.757,376	0,0018	2.407,605	0,0025
Serv. Públ.	27.338.000	98 416,8	984,168	0,0010	1.348,310	0,0014
Próprio	3.093.000	11 134,8	111,348	0,0001	152,546	0,0001
<b>Total</b>	<b>832.278.000</b>	<b>2.996.191,2</b>	<b>29.961,972</b>	<b>0,0310</b>	<b>41.047,899</b>	<b>0,0423</b>

Fonte: Elaborada pela mestranda

Para estimarmos o CO<sub>2</sub> emitido por este item utilizamos a relação estabelecida por DeCicco et al. (1991 in DIAS, 2002) que é de 1,5 libras para cada kWh de energia consumida. Para o ano 2000 obtivemos 1.273.513.500 lb CO<sub>2</sub> (849.009.000 x 1,5). Considerando que 1 lb equivale a 0,45 kg, temos 573.081.075 kg CO<sub>2</sub> ou ainda 573.081 t CO<sub>2</sub>/ano emitidas. Em 2004, tivemos uma emissão de 561.787 t CO<sub>2</sub>/ano. Para absorção do CO<sub>2</sub> resultante, utilizamos a relação IPCC (in ANDRADE, 2006) obtendo então os valores de 573.081 ha para absorção desse gás em 2000 e 561.787 ha em 2004.

A área necessária suprir o consumo de EE foi, em 2000 30.564,316 ha e em 2004 de 29.961,972 ha. Observamos que a PE Total e *per capita* no último ano foram menores que em 2000 - uma redução de cerca de 2% no consumo, significando necessidade de menor área para absorção do CO<sub>2</sub> e, de acordo com informações da



companhia energética (CEMAR), resultado do racionamento ocorrido em 2001, que incutiu novas práticas na população quanto à economia de EE.

Sabendo que cada habitante dispunha, em média, de 37 ha, temos uma PE Individual correspondente a aproximadamente 10,86 % da biocapacidade local.

O equivalente global da Pegada municipal é 41.873,109 gha e 2004, 41.047,899 gha, respectivamente.

#### 4.5. O consumo de Água

De acordo com a Organização das Nações Unidas, cada pessoa necessita de 3,3 m<sup>3</sup>/mês, cerca de 110 litros de água por dia, para atender as necessidades básicas de consumo e higiene. No Brasil, o consumo por pessoa pode chegar a mais de 200 litros/dia. A agricultura é o setor que mais consome água no país, cerca de 59%, em seguida vêm os setores doméstico e comercial consomem e, o setor industrial fica por último, com 19% do consumo. (*Disponível em <http://www.rts.org.br/noticias/destaque-2/brasil-ultrapassa-meta-da-onu-para-a-agua>*)

As perdas na distribuição de água podem ocorrer por vazamentos na rede, sub-medição nos hidrômetros e por fraudes. Nas capitais brasileiras essa perda equivale a 45% do volume retirado diariamente dos mananciais, cerca de 2.457 piscinas olímpicas. (ISA, 2007).

O Relatório Planeta Vivo 2006 (WWF) diz que “a água doce não está incluída na Pegada Ecológica porque a procura e o uso desse recurso não pode ser expresso nos termos dos hectares globais que definem a pegada”, apesar de ser “essencial, tanto para a saúde humana como para a do ecossistema” e que “menos de 1% enche os lagos, os rios, as correntes e as zonas pantanosas da Terra”. O documento acrescenta ainda que as captações de água mundiais contabilizam aproximadamente 4 mil km<sup>3</sup> por ano, o equivalente a cerca de 10% do escoamento global de água doce e que cerca de metade dela é retirada para o abastecimento doméstico, para o uso industrial ou, ainda mais importante, para a irrigação.

Diante da não existência de um procedimento metodológico específico para a análise de sua contribuição à PE, os trabalhos citados aqui mostram a diversidade de maneiras para medi-la: LEITE (2001) utilizou o somatório das áreas das bacias hidráulicas e o número de habitantes da área de estudo; DIAS (2002) utilizou a área da bacia de captação e o consumo da população; ANDRADE (2006) e PARENTE et al. (2007) utilizam o consumo da população apenas com relações de conversão, do mesmo

modo que CERVI (2007). Para São Luís utilizaremos dados de consumo juntamente com relações de conversão.

De acordo com o SNIS (Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento), Secretaria Nacional de Saneamento, do Ministério das Cidades, São Luís apresentou os seguintes dados para os anos 2000 e 2004:

**TABELA 4.14 – Volumes totais produzidos e consumidos, consumo médio por habitante, perdas na distribuição e, extensão da rede de distribuição de água nos anos 2000 e 2004.**

	Volume produzido (1000 m3/ano)	Volume consumido (1000 m3/ano)	Consumo médio per capita (l/hab/dia)	Índice de perda na distribuição (%)	Extensão da rede (Km)
2000	218.601,00	74.764,00	113,17	65,80	4.653,00
2004	237.266,00	98.886,30	113,96	57,70	5.989,60

Observamos que houve um aumento no número de habitantes atendidos pela rede pública, configurado na expansão da rede de distribuição, o que levou a um incremento na oferta de água: aumento do consumo médio per capita (maior que o recomendado pela ONU) e no volume geral de consumo da população. No entanto, temos perdas elevadas no processo de distribuição, superiores 50%, apesar da queda percentual de cerca de 12,3% entre os dois anos.

De acordo com CHAMBERS et al. (2000) 1 megalitro de água tratada e distribuída emite 370 kg ou 0,370 toneladas de CO<sub>2</sub>/ano para a atmosfera e segundo IPCC (ANDRADE, 2006), 1 ha de floresta tropical absorve em média 1 ton de CO<sub>2</sub>/ano. Assim, temos no ano de 2000, uma emissão de 27,662 t/ CO<sub>2</sub>, e para 2004 um valor de 36,587 t/ CO<sub>2</sub>. equivalentes a 0,0000317 ha/per capita/ano e a 37,896 gha. Para 2004 temos uma PE de ha, sendo por habitante 0,0000381 ha/per capita/ano e em hectares globais 50,124.

Como ocorrem perdas de distribuição da água destinada ao consumo superiores a 50%, consideramos uma PE também 50% maior, o que equivale a 41,493ha em 2000, obtendo como equivalente global 56,845 gha e, sendo e 54,880 ha em 2004, 75,185 gha. Em valores *per capita* significa, respectivamente, 0,0000476 e 0,0000572 ha e em hectares globais 0,0000653 e 0,0000783. Assim, mesmo considerando uma Pegada Ecológica 50% maior, a demanda individual por esse recurso é inexpressiva. A tabela completa com os cálculos encontra-se no Apêndice X.

Em 2004, Florianópolis apresentou uma PE de 7.956,91 ha e cada habitante apropriou-se de 0,0082 ha para seu consumo. Já para Joinville em 2005, a PE

foi de 32.178,33 ha e 0,06606 ha/per capita/ano. Para os três municípios do Distrito Federal a PE correspondeu a 15.744 ha e 0,02 ha/per capita/ano em 2002.

#### **4.6. Produção de Resíduos Sólidos: restos de uma história**

A espécie humana passou por várias fases em sua “escalada evolutiva” neste planeta, encontrando-se desde o século XVIII na etapa da urbanização e, em cada uma delas produziu impactos (maiores e menores) sobre o ambiente que, de acordo com Dansereau (*in* RIBEIRO, 2005), podem ser tratados em várias escalas, desde a do corpo até a do planeta – nossa casa maior, de cuja limpeza e saúde dependemos para garantir nossa sobrevivência.

Os ecossistemas urbanos uma das maiores criações do Homem e o lugar onde vive a maioria das pessoas atualmente, apresentam um metabolismo muito intenso por unidade de área, exigindo mais e maior entrada de materiais e saídas de rejeitos e resíduos de vários tipos, que devem ser coletados, transportados, tratados e dada disposição final adequada. A acumulação de lixo é um fenômeno específico das sociedades humanas, onde o modo de vida produz, diariamente, uma quantidade e variedade de resíduos que poluem o solo, água e ar, além de propiciar proliferação de vetores (MARIGA, 2006).

No passado, era limitada a capacidade humana de produzir lixo, que era em grande parte orgânico e biodegradável, reincorporando-se ao ambiente rapidamente, depositado localmente, sem maiores danos. A revolução industrial fez com que o volume e a variedade de resíduos se amplificassem nas diversas escalas, incutindo na sociedade contemporânea, via propaganda e publicidade, o desejo compulsivo de consumir. Hoje há um consenso de que é preciso pensar o que fazer com aquilo que a sociedade resolve jogar fora.

A questão do lixo gerado nas cidades é um dos maiores problemas da maioria dos municípios brasileiros, com altos custos de implantação e manutenção dos sistemas de coleta e tratamento, levando ao fracasso muitas tentativas de equacionamento, um conjunto de práticas errôneas, aliadas à falta de uma política específica para os resíduos sólidos urbanos, à uma legislação deficiente e à formação insatisfatória de profissionais para o setor. No entanto, soluções existem, o que falta é vontade política para a tomada de decisões que beneficiem a população.

De acordo com a última Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSL, IBGE, 2000), o Brasil coletava aproximadamente 125.281 ton/dia de resíduos

sólidos urbanos de origem domiciliar, sendo que desse total, uma parcela mínima (nem contabilizada na pesquisa) é coletada seletivamente e destinada para a reciclagem. Apenas 8% dos municípios (451) tinham programa de coleta seletiva executados pelo poder público, não estando dimensionada aquela realizada por catadores.

O Maranhão foi o primeiro Estado da Amazônia Legal a fazer parceria com o PROECOTUR (MMA), para disseminar a metodologia e multiplicar a elaboração de Planos de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos para seus municípios. Sobre essa questão existem alguns documentos legais como Normas Técnicas elaboradas pela ABNT – NBR, leis e decretos (CF, Decreto-lei nº 76.389/75, lei 6.938/81, resoluções CONAMA)

O gerenciamento da limpeza pública em São Luís passou por duas fases: de 1975 a 2002, foi realizado unicamente pela Companhia de Limpeza e Serviços Urbanos – COLISEU e, a partir deste último ano, um modelo de gestão que compreende a terceirização de parte dos serviços de limpeza urbana, permanecendo porém, sob a gestão pública. As empresas contratadas (LIMPEL e LIM FORT) dividem com a COLISEU a operacionalização da limpeza urbana do município. Foi criado um Núcleo Gestor de Limpeza Urbana, vinculado à SEMSUR, atual SEMOSP (Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos) que, em 2003, após reforma administrativa, tornou-se a Superintendência de Limpeza Pública. Em decorrência desse novo modelo de gestão, a cidade recebeu pelo Instituto Brasmarket, em 2003, o título de cidade com melhor serviço de limpeza pública do país.

De acordo com o IBGE (Censo Demográfico, 2000) 73,15% dos domicílios particulares permanentes eram atendidos pela coleta de lixo pública. O restante, 26,85% eram queimados, enterrados, jogados em terrenos baldios, em rios, lagos ou mar e, um percentual de 0,89% era classificado como “outro destino”. Sobre a composição média do lixo, dados publicados em 2001 na Revista de Limpeza Pública de São Luís (*in* CINTRA, 2006), mostram a predominância da matéria orgânica (52,92%) sobre outros materiais, seguida de papel, papelão (17,07%) e dos plásticos (11,36%). Corroborando essa percentagem temos que, quanto à origem 55,88% são domiciliares, seguido de 38,59% das feiras e mercados de São Luís. Ainda nesta mesma publicação, tem-se a produção *per capita* dos resíduos sólidos no ano 2000: lixo total – 0,93 kg/hab./dia e, lixo domiciliar – 0,58 kg/hab./dia.

O destino final do lixo é o Aterro Municipal da Ribeira, um aterro do tipo Controlado, que ocupa 68 ha, na região da Zona Industrial de São Luís, fora do perímetro urbano, com uma área verde de preservação ambiental, onde os resíduos ao

chegarem são pesados, descarregados nas camadas de células de lixo e, em seguida, empurrados e compactados contra o talude por um trator de esteiras; após a compactação e formação da célula de lixo, efetua-se o recobrimento com uma camada de 10-20cm de material inerte. O aterro foi construído aproveitando-se a topografia do terreno para tratar dos efluentes líquidos através de lagoas de estabilização com tratamento biológico que, após o processo, são liberados no córrego da Ribeira.

Segundo ANDRADE (2006) e DIAS, citando DeCicco (2006, p. 149), cada três quilogramas de lixo produzido gera aproximadamente um quilograma de CO<sub>2</sub>. Utilizando a relação do IPCC (in ANDRADE, 2006) de que 1,0 hectare de floresta tropical absorve em média 1.000 kg de CO<sub>2</sub>/ano, a PE pela produção, transporte e destino final dos resíduos sólidos de São Luís, no ano de 2004, correspondente a 128.002,66 ha e 0,1305 ha/per capita. Em hectares globais corresponde a 175.363,64. Assim, os resíduos sólidos gerados pelo consumo urbano necessitam para sua absorção de 128.002,66 ha de floresta tropical por ano, o que equivale a 175.363,64 hectares globais.

As tabelas de dados encontram-se no Apêndice B.

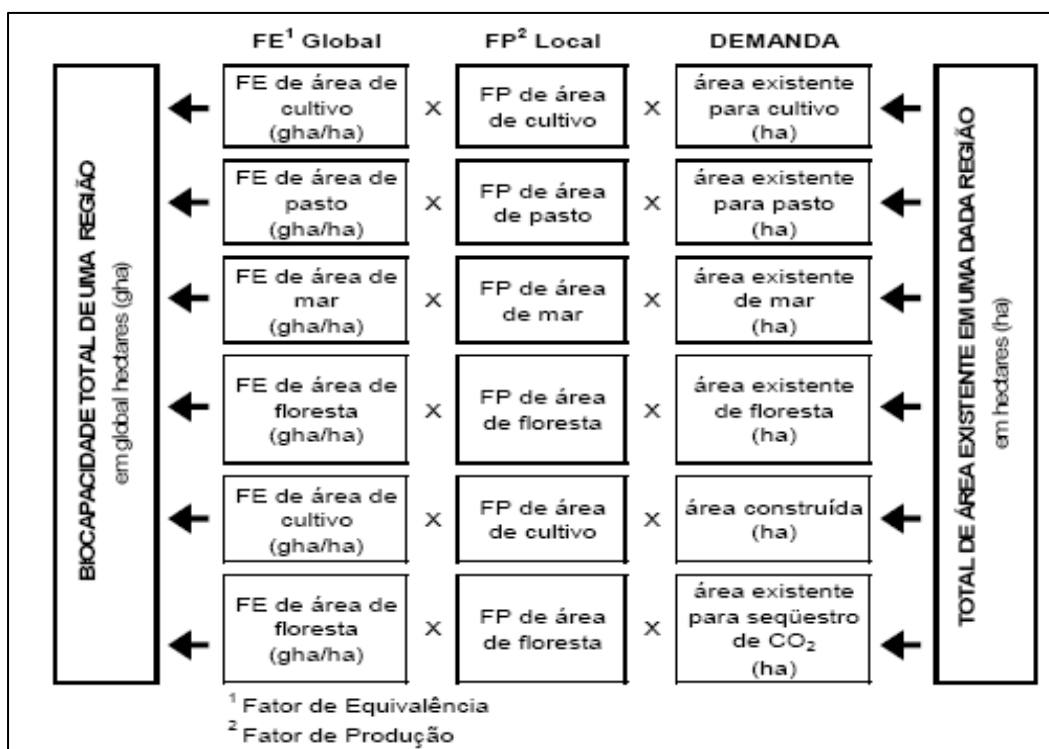
#### **4.7. Biocapacidade - Uso e Cobertura do Solo do município de São Luís**

As atividades humanas demandam recursos naturais para sua manutenção e estes estão disponibilizados em diversos tipos de terras, cada uma com características próprias que atendem melhor um tipo de necessidade da população. De acordo com WACKERNAGEL et al. (2005) citado por ANDRADE (2006), as terras bioprodutivas são aquelas que provêm os recursos naturais de maneira útil à economia. Nesse mesmo trabalho, os autores apresentam dois fatores de conversão que padronizam a produtividade dos hectares em unidades de áreas globais: o Fator de Equivalência (*Equivalence Factor*) e o Fator de Produção (*Yield Factor*).

A comparação entre a PE das atividades humanas e a biocapacidade de uma região revela quanto o consumo humano está utilizando em recursos naturais. O excesso de utilização é indicado por uma PE maior que a Biocapacidade, o chamado *overshoot* e a região então, está em estado de déficit ecológico. Em situação contrária, temos uma região com saldo ecológico.

Essas terras ou territórios são a base dos recursos naturais utilizados pela PE estando organizadas atualmente em 05 categorias, assim como os fatores citados e apresentadas na Revisão de literatura deste trabalho. A figura abaixo apresenta o

esquema de utilização dos fatores no cálculo da PE quando da transformação da área local em equivalente global.



Fonte: Adaptado de WACKERNAGEL et al., 2005.

**FIGURA 4.1. – Estrutura do cálculo da biocapacidade**

A metodologia proposta anteriormente pelos autores do método sofreu modificação, reduzindo de oito para cinco as classes de uso das áreas bioprodutivas: território construído, território de energia, território terrestre bioprodutivo, área marinha bioprodutiva e território de biodiversidade (CHAMBERS et al., 2000). As modificações não foram radicais e o mais importante é que todos os territórios bioprodutivos sejam computados no cálculo da biocapacidade e sejam aplicados os fatores de equivalência e bioprodutividade sobre o seu resultado.

As categorias mencionadas acima estão subdivididas em:

a) território terrestre bioprodutivo – terras cultiváveis para a agricultura, áreas de pastagens e florestas para corte de madeira, proteção da biodiversidade e manutenção dos ciclos hidrológicos.

As terras utilizadas para agricultura – lavouras permanentes e temporárias, em São Luís totalizam 228 ha em 2000 e 206 ha em 2004. A criação de gado é incipiente na capital, mas foi contabilizada no Censo Agropecuário Municipal do IBGE, totalizando 842 cabeças em 2000 e 865 cabeças em 2004. De acordo com dados oferecidos, via e-mail, pela EMBRAPA – Gado de Corte, as pastagens brasileiras

comportam de 0,3 a 15 unidade animal (UA) por hectare. Utilizando um valor médio de 7 UA/ha, temos uma área apropriada pela pecuária de 120,2 ha em 2000 e 123,5 ha em 2004. Suínos e aves aparecem no referido Censo, no entanto, normalmente são criados em ambientes fechados e com rações comercializadas, estando suas “pegadas” contabilizadas de forma indireta nos consumos de água, combustíveis e energia elétrica. Quanto à produção de madeira, lenha e carvão, as extrações são realizadas principalmente de áreas de mangues e de matas secundárias em estágios diferentes de regeneração, não havendo no município uma vegetação denominada de “floresta tropical” típica para a extração desses produtos, estando então também, suas “pegadas” indiretamente inferidas nas áreas de mangue. Por fim, assumimos que faz parte desta categoria, a formação vegetal identificada como mata secundária 2, que identificamos como uma capoeira baixa, campo ou carrasco, diante de sua modificação por ação antrópica, subtraindo dela os valores das áreas de cultivo e pasto, como forma de não contabilizá-las duas vezes e, um aumento em sua área de 2% para o ano de 2004.

b) território construído – terras destinadas à moradias, transporte, hidroelétricas, comércio, indústria, infra-estrutura, jardins;

Nessa categoria incluem-se as áreas de solo exposto (degradadas), as áreas asfaltadas, além das citadas acima. Em São Luís essa categoria mediu 18.527,6 ha. E assumimos um incremento de 2% em sua área para o ano de 2004.

c) território de energia – terras fictícias utilizadas para o seqüestro do CO<sub>2</sub> emitido pelo consumo de energia fóssil;

Neste trabalho, incluímos o seqüestro de CO<sub>2</sub> realizado pelos corpos d’água interiores que ocuparam 2.006,6 ha. E assumimos também uma perda de 2% para o ano de 2004, na área denominada de mata secundária 2 – formação vegetal em estágio avançado de regeneração, capoeira alta, floresta.

d) território marinho bioprodutivo – destinadas à pesca e as produções ecológicas, como a fotossíntese e as trocas gasosas;

Esta categoria não foi incluída neste trabalho diante da complexidade na delimitação de uma área onde pudesse ser contabilizada a quantidade e variedade de animais para calcularmos a produtividade da região.

e) território de biodiversidade – terras que devem ser reservadas, protegidas, para que fauna e flora possam realizar suas atividades. São também consideradas áreas de disponibilidade limitada.

Sobre este último, temos algumas considerações a tecer. Em São Luís, existem 10 Unidades de Conservação (UC), entre parques urbanos, áreas de proteção



ambiental, estação ecológica e reservas florestais, totalizando 3.954,4 ha, de acordo com o Plano da Paisagem Urbana de 2003. A exceção do Parque Estadual do Bacanga, que já em 2002 apresentava uma redução de cerca de 24% devido a ocupações irregulares, nenhuma outra Unidade possui dados atualizados e/ou publicados dos tamanhos ou das reduções de suas áreas. Assim, mantivemos os valores existentes à época de implantação das UCs, desconsiderando suas possíveis reduções. Além dessas unidades de conservação, existem Áreas de Proteção Permanente (APP): mangues com 6.907,9 ha, restingas com 97,9 ha e matas de galeria medindo 1.809,2 ha. Repetindo o procedimento adotado para os outros territórios, para o ano de 2004 assumimos uma perda em área de 2%. A totalização da área deste território encontra-se na tabela abaixo.

A determinação da biocapacidade total de uma dada área se dá pelo somatório de todas as áreas bioprodutivas e obedece a equação: Biocapacidade (gha) = área (ha) x fator de equivalência (gha/ha) x fator de produção, quando se quer comparar com valores nacionais, regionais e mundiais. Os autores do método aconselham a utilização de fatores de produção locais para análises “mais apuradas”. No entanto, não obtivemos esses fatores para São Luís nem para as terras brasileiras. O único trabalho a apresentar fatores locais de produtividade foi o aplicado ao município do Rio de Janeiro e, diante das diferenças entre os dois municípios, optamos por não adotá-los. Outrossim, nos diversos trabalhos utilizados como fonte de pesquisa, a biocapacidade foi estabelecida apenas com base no somatório das áreas identificadas, em hectares, dentro das categorias de território estabelecidas.

Assim, adotando a metodologia com modificações, relacionando-a com o mapa de classes de usos e cobertura do solo elaborado para este trabalho, agregando as terras de acordo com as peculiaridades locais, trabalhando sobre a totalidade das terras emersas municipais que é de 528, 335 Km<sup>2</sup> ou 52.833,5 ha, encontramos os resultados distribuídos conforme tabela abaixo.



**TABELA 4.15. – Categorias de territórios em hectares e global hectares**

Territórios	Áreas (ha)		Gha	
	2000	2004	2000	2004
<b>Território terrestre bioprodutivo</b>	<b>13.608,8</b>	<b>13.221,9</b>	<b>18.703,4</b>	<b>19.057,2</b>
Terra de cultivo	228	206	478,8	432,6
Terra de pasto	120,2	123,5	57,6	59,2
Matas secundárias 2 (capoeira baixa, campo)	13.260,6	13.551,4	18.167,0	18.565,4
<b>Terra construída</b>	<b>18.527,6</b>	<b>18.898,1</b>	<b>38.907,9</b>	<b>39.686,0</b>
Solo exposto	1.375	1.402,5		
Urbanização	17.152,6	17.495,6		
<b>Terra de energia</b>	<b>11.480,6</b>	<b>11.291,1</b>	<b>15.728,4</b>	<b>15.468,8</b>
Corpos D'Água	2.006,6	2.006,6		
Mata secundária 1 (capoeira alta, floresta)	9.474	9.284,5		
<b>Terra de Biodiversidade</b>	<b>13.170,7</b>	<b>12.907,3</b>	<b>18.043,8</b>	<b>17.683,0</b>
Mangue	6.907,9	6.769,8		
Mata de galeria	1.809,2	1.773,1		
Áreas inundáveis	401,3	393,3		
Restinga	97,9	95,9		
Unidades de Conservação	3.954,4	3.875,3		
<b>TOTAL</b>	<b>56.787,7</b>	<b>56.318,4</b>	<b>91.383,5</b>	<b>91.895,0</b>

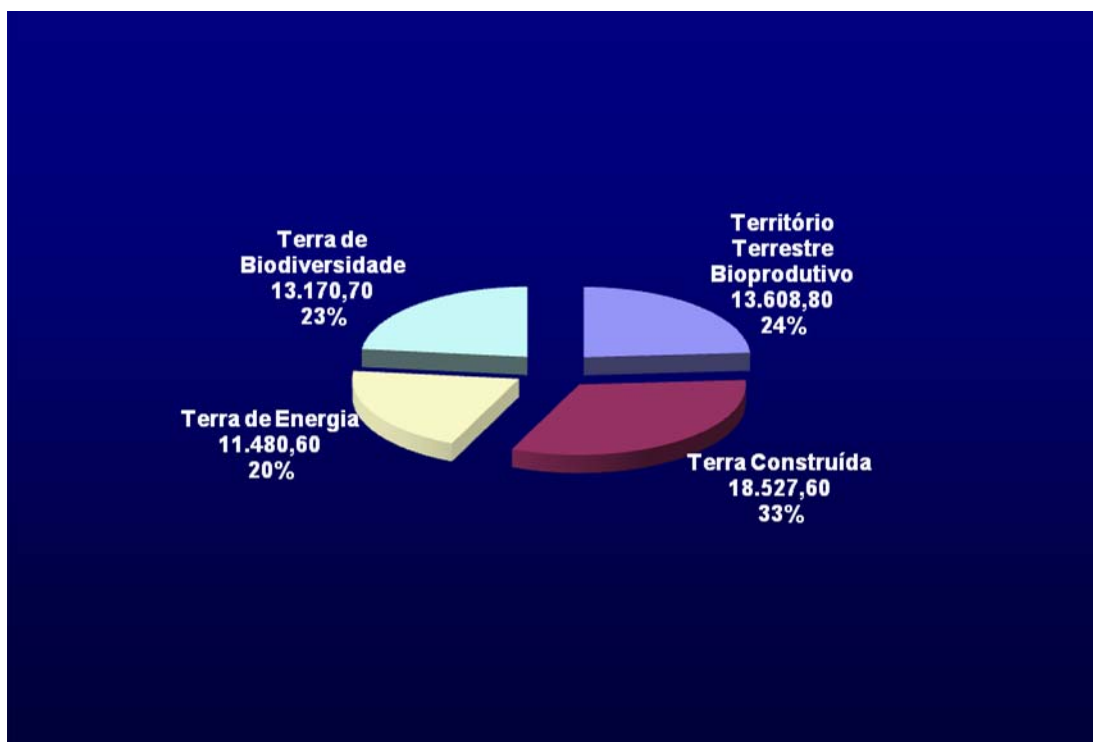
Fonte: Elaborado pela mestrandia

Como apresentado acima, houve uma perda de biocapacidade entre os anos de estudo de mais de 3.000 ha: em 2000 o déficit territorial foi de 954,2 ha e em 2004 foi de 484,9 ha. Percebe-se aqui a grande influencia que a categoria de terras construídas exerce sobre o valor total da biocapacidade, pois em 2004 sua área foi a única a expandir-se, resultando então num déficit territorial menor, mas ainda assim, superior a área disponível no município para a manutenção de suas atividades.

Esses resultados confirmam o que se observa em São Luís: a expansão da área urbanizada em detrimento das áreas de proteção a biodiversidade, de cultivo e de absorção de CO<sub>2</sub>, dentre outros gases de efeito estufa.

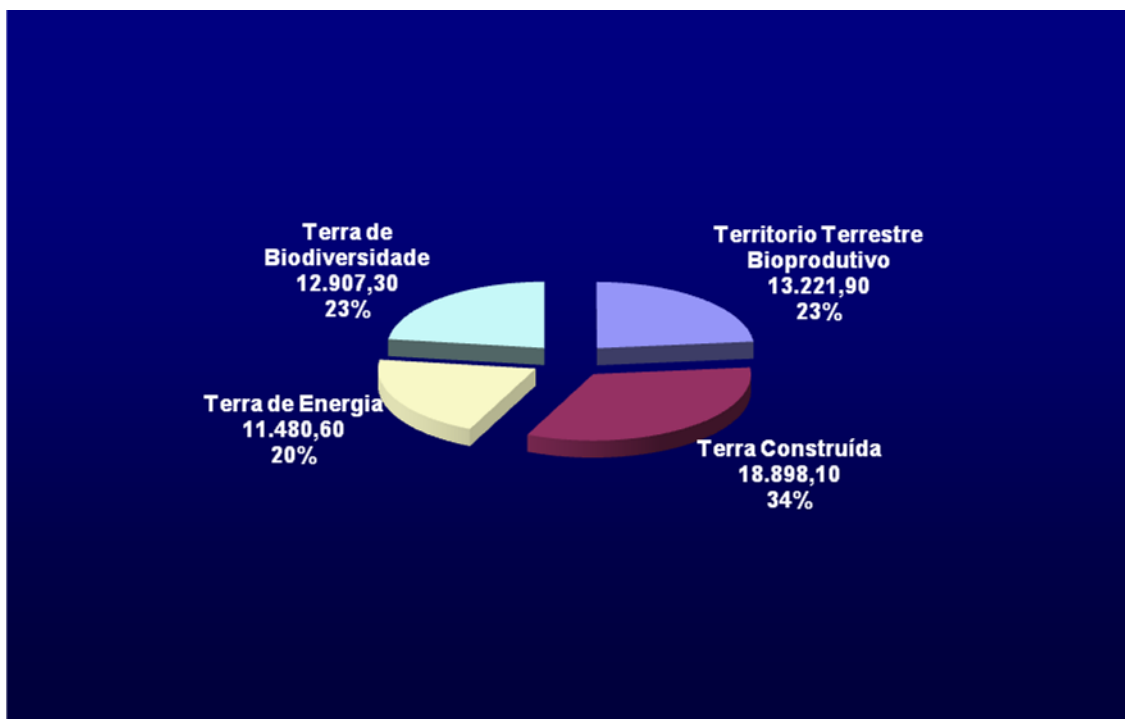
Como é objetivo deste trabalho “comparar” os resultados de São Luís com o de outras áreas, multiplicamos os territórios apenas pelos respectivos fatores de equivalência, como fizeram os autores dos estudos em Joinville e Florianópolis, e obtivemos o equivalente global destas. (Tabela 4.15)

A figura abaixo demonstra a distribuição das categorias de território, com suas áreas e porcentagem em relação à área total no ano 2000.



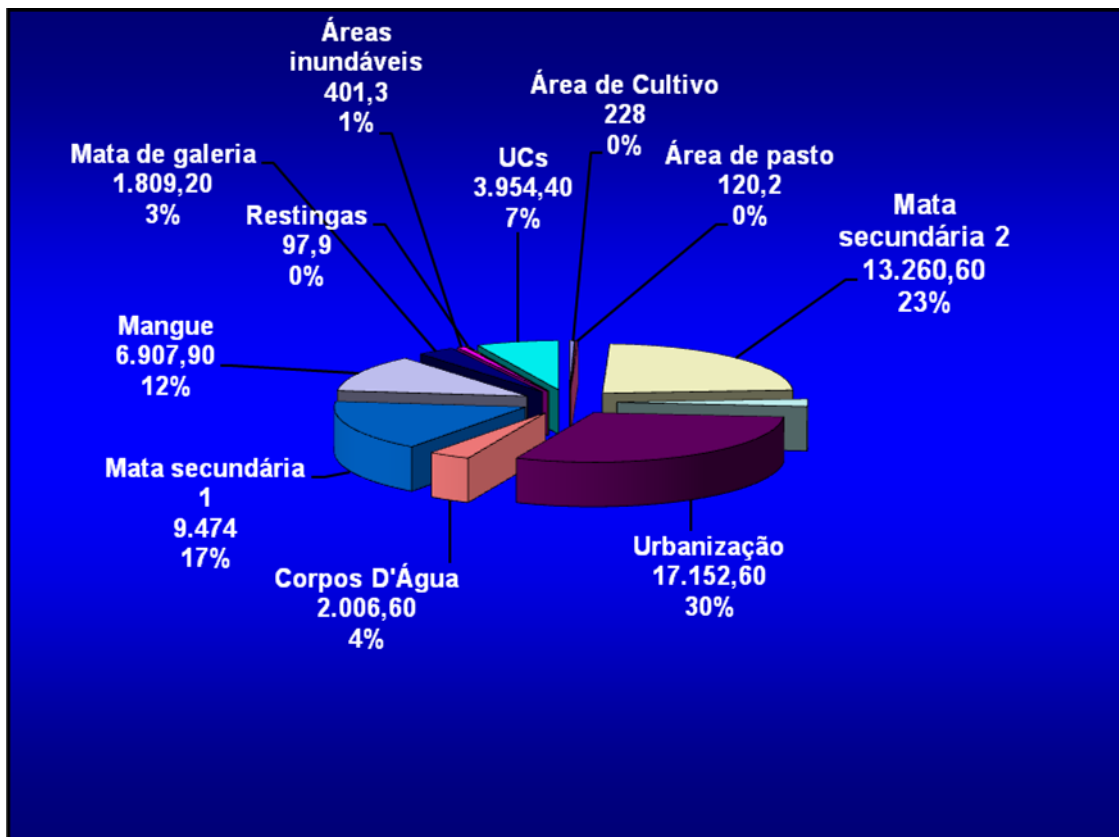
**FIGURA 4.2 – Categorias de território, suas áreas e porcentagens em relação ao total da área do município, no ano 2000.**

Apresentamos também a distribuição das categorias de território, suas áreas e porcentagens em relação à área total para o ano 2004.



**FIGURA 4.3 – Categorias de território, suas áreas e porcentagens em relação ao total da área do município, no ano 2004.**

Podemos ainda apresentar em um outro gráfico as classes constituintes de cada um dos territórios para melhor visualizarmos o peso de cada uma delas dentro da categoria.



**FIGURA 4.4 – Constituintes de cada categoria de território, suas áreas em hectares e porcentagens em relação a todo o território municipal.**

#### 4.8. Outras contribuições ao metabolismo ecossistêmico

##### 4.8.1. Seqüestro de Carbono via crescimento da comunidade planctônica

A incorporação na biomassa vegetal dos gases causadores do efeito estufa, especificamente  $\text{CO}_2$  e  $\text{CH}_4$ , é uma das principais estratégias para a redução do chamado "efeito estufa". Esse processo é denominado de "seqüestro de carbono". Assim, uma das formas recomendadas para contribuir na redução das mudanças climáticas é viabilizar o desenvolvimento de biomassa florestal e/ou acelerar a produção de fitoplâncton, já que esta chega a assimilar cerca de 45 bilhões de toneladas de Carbono por ano.

Há algum tempo sabe-se que o fitoplâncton é o maior responsável pela produção primária do planeta, ou seja, a maior parte da fotossíntese realizada na Terra é feita por estas algas microscópicas. A fotossíntese é o processo pelo qual os organismos autotróficos convertem substâncias inorgânicas como água e gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) em

substâncias orgânicas utilizando como fonte de energia a luz do sol. A destruição de organismos que fotossintetizam impede a captura do CO<sub>2</sub>, o mais visado e considerado o principal responsável pelo efeito estufa, e ainda por cima libera mais CO<sub>2</sub> para a atmosfera. Como o fitoplâncton é o maior responsável pela fotossíntese no planeta, qualquer alteração neste pode ter efeito sobre o clima terrestre.

Uma das experiências com o objetivo de produzir aumento na quantidade de fitoplâncton é “borrifar” o Ferro em uma determinada área, pois ele, como uma série de outros elementos químicos, é considerado um nutriente essencial às plantas e outros organismos autotróficos e sua ausência ou pequena disponibilidade limitam o crescimento do organismo.

Outra forma de seqüestro de carbono é através do carreamento de matéria orgânica (do solo, de sedimentos, da água) pelas águas para serem depositadas no fundo de lagos ou mar, onde dificilmente os microrganismos conseguem degradá-la, tornando o carbono orgânico temporariamente indisponível para os microrganismos decompositores retirarem a energia de suas ligações e oxidá-lo a gás carbônico. Além disso, o CO<sub>2</sub> pode ser utilizado por organismos marinhos na síntese de exoesqueletos calcários (conchas e outras estruturas), compostas basicamente de carbonato de cálcio ou calcário (CaCO<sub>3</sub>). Após a morte destes organismos, este material deposita-se (sedimenta) no fundo do mar por milhões de anos até que ocorre a litificação deste material, isto é, este material, cada vez mais pesado devido às sucessivas camadas, se transforma em rocha não voltando à atmosfera na forma de CO<sub>2</sub> por muito tempo.

A produção de biomassa assim, é incrementada pela fotossíntese sendo os mais comuns indicadores para a estimativa dessa produção a Clorofila (Chl) e o Carbono (C). A razão entre eles depende de diversos fatores, como estrutura da comunidade fitoplantônica, estado trófico do meio, temperatura, radiação solar, disponibilidade de nutrientes e estágios de vida, mas normalmente se situam entre 30 e 80. Um valor mediano de 50 pode ser utilizado como medida aceitável para a média das situações conhecidas.

O rio Bacanga foi alvo de um primeiro diagnóstico ambiental realizado pela Universidade Federal do Maranhão/ Laboratório de Hidrobiologia em 1997, tendo sido quantificada a Clorofila-a, com os valores variando de 4,27 mg/m<sup>3</sup> a 89,17 mg/m<sup>3</sup>, situando-se na maioria das estações (11 ao todo) entre 4 e 35 mg/m<sup>3</sup>. Então, multiplicando os valores máximo e mínimo encontrados por 50 temos 213,5 mgC/m<sup>3</sup> e 4.458,5 mgC/m<sup>3</sup>. Assumindo que a coleta foi a superfície (100% de

transparência) e que a área de águas superficiais do rio é de 114 ha, temos 24.339 mgC/ha e 508.269 mgC/ha não emitidos para a atmosfera em apenas dois pontos do rio.

Ou seja, sem maiores considerações, parece-nos que, em mantendo-se esse corpo hídrico “vivo”, temos uma excelente fonte de seqüestro do Carbono emitido pelas atividades antrópicas no município, podendo ser considerado como parte da biocapacidade local. Maiores e mais minuciosos estudos poderão criar cenários e avaliar por exemplo, a percentagem desse seqüestro ao longo do ano, os maiores e menores volumes capturados, o ponto de saturação do sistema, estimando o tempo que levaremos para nos tornarmos uma cidade “irrespirável”, mostrando-nos o quanto esse ambiente é importante para o metabolismo ecossistêmico local.

#### 4.8.2. Respiração humana

Apesar de não fazer parte do cálculo da Pegada Ecológica, a respiração humana (e dos seres vivos em geral) libera CO<sub>2</sub> na atmosfera permanentemente e demanda áreas para sua captura e “transformação” em Oxigênio. Assim, a título de acréscimo ao conhecimento do socioecossistema e às análises realizadas para o estabelecimento da PE, sem, no entanto, computá-los a esta, calculamos a área necessária para absorção do CO<sub>2</sub> liberado na respiração humana

Segundo GOODMAN (1993 *in* DIAS, 2002), cada ser humano adulto em repouso – quando em trabalho, o volume duplica e em exercícios vigorosos pode aumentar em até dez vezes - inspira 10 mil litros de ar atmosférico (21% de Oxigênio, 78% de Nitrogênio, 1,3% de Argônio, Neônio Hélio e Criptônio, 0,03% de Gás Carbônico) e expira igual quantidade de N<sub>2</sub> e gases raros, mais 16% de O<sub>2</sub>, 1% de vapor d’água e 4% de CO<sub>2</sub>.

Relacionando apenas o Oxigênio e o Gás Carbônico, cada ser humano respira diariamente cerca de 94 galões de O<sub>2</sub> (1 galão equivale a 3,78 litros), ou seja, 355,32 litros de O<sub>2</sub>/dia e, expira/emite 78 galões de CO<sub>2</sub>, ou seja, 294,84 litros de CO<sub>2</sub>/dia.

Multiplicando esse valor pelo número de habitantes de São Luís tivemos uma emissão, um acréscimo na atmosfera em 2000 de 256.519.055,52 CO<sub>2</sub>/litros/dia. e, em 2004 de 282.788.120,16 CO<sub>2</sub>/litros/dia. Efetuando uma nova multiplicação por 360 temos o volume anual liberado, que em São Luís foi 101.803.723.257,6 CO<sub>2</sub>/litros em 2004 e 92.346.859.587,2 CO<sub>2</sub>/litros em 2000.

Para transformarmos esse volume em toneladas, utilizamos a relação volume molar do CO<sub>2</sub> (44g) ocupa 22,4 litros em condições normais de temperatura e

pressão, o que resulta em 1 litro de CO<sub>2</sub> = 1.964 g. Assim, em 2004 foram 199.942.512,4 toneladas e em 2000 foram 181.369.232,2 toneladas.

Para a estimativa da área necessária a absorção desse gás, utilizamos a relação 1 ha de floresta absorve 1 ton CO<sub>2</sub> (IPCC in ANDRADE, 2006). Assim foram necessários 199.942.512 ha em 2004 e 181.369.232 ha em 2000. Considerando que estabelecemos para São Luís uma área bioproductiva de 34.305,700 ha, seriam necessários mais de 5 vezes esta área só para a absorção do CO<sub>2</sub> emitido pela respiração humana.

#### 4.8.3 – O índice de preservação ambiental

A proposta aqui é estabelecer uma porcentagem, uma relação simples entre as áreas preservadas e as áreas não preservadas (modificadas) no município.

Áreas preservadas são aquelas onde os ecossistemas naturais mantêm-se com suas características primárias, sem modificações. Em ecossistemas urbanos elas estão representadas pelas unidades de conservação e por áreas no entorno destes, normalmente nas zonas rurais. É possível estabelecermos um índice, uma porcentagem entre as áreas modificadas (degradadas, construídas, utilizadas pela agricultura e pecuária, por exemplo) e a cobertura vegetal original. Não temos a pretensão de esgotar o assunto, mas apenas de apontar um caminho a mais para a discussão da sustentabilidade em São Luís.

Utilizando o sistema de drenagem de uma bacia, considerando que existe uma relação direta entre cobertura vegetal, tipo de solo, declividade do terreno com o tempo de concentração da água nessa bacia, e os tipos de cobertura vegetal estabelecidas no mapa de uso e cobertura vegetal de São Luís (Tabela 3.2) aplicamos a fórmula abaixo. A densidade de drenagem (Dd) (relação entre o comprimento total do curso d'água de uma bacia e a sua área total) foi estabelecida como sendo 1, levando em conta que bacias com drenagens regulares possuem Dd entre 0,5 e 1,5 km/km<sup>2</sup>. (Disponível em: <http://www.ufrrj.br/institutos/it/deng/leonardo>)

$$IP = 1/Dd [(Cf + M + Ai) / (Au + Aa)]$$

Sendo:

Dd = Densidade de drenagem

Cf = Cobertura florestal: mata secundária 2

M – Mangues+ matas de galeria

Ai = áreas inundáveis

Au = Área urbanizada:solo exposto, capoeiras, construída

Aa = Área de cultivo e pecuária

Obtivemos o valor de  $0,5785 \text{ km}^2$  ou  $0,5785\%$  de áreas preservadas em relação às áreas construídas, uma relação baixa quando comparada com o que é considerado como uma área de drenagem excepcionalmente boa (maior que  $3,5 \text{ km/km}^2$ ).

Apesar de observarmos o desaparecimento da cobertura vegetal na cidade, especialmente na zona urbana, acreditamos que a proposta aqui apresentada necessite de refinamentos, de mais variáveis, de uma análise por bacia hidrográfica, sendo nosso intuito aqui apenas exemplificar mais um possível caminho para a análise do socioecossistema São Luís.

## 5. CONCLUSÕES

O desenvolvimento econômico e o bem-estar humanos dependem dos recursos da Terra, que são suficientes para atender às necessidades de todos os seres vivos do planeta, se manejados de forma eficiente e sustentada. Entretanto, a partir deste século, maioria das pessoas passou a viver em ecossistemas urbanos consumindo produtos de todo o mundo, tendendo a enxergar a natureza apenas como uma coleção de mercadorias ou um lugar para recreação.

Estamos vivendo profundas transformações sociais. O conceito de sociedade sustentável, elaborado originalmente pelo *Worldwatch Institute*, na década de 80, foi disseminado mundialmente e passou (ou pelo menos deveria ter passado) a ser uma idéia poderosa, diretriz, fundamento de uma ordem social desejável.

Avaliar e monitorar o grau de sustentabilidade ou insustentabilidade de um sistema passou a ser um elemento importante nas tomadas de decisões por gestores, entidades governamentais e não governamentais e por toda a sociedade, diante da “privatização das benesses e socialização dos prejuízos” advindos das ações humanas na natureza.

A Pegada Ecológica é um dos instrumentos de mensuração da sustentabilidade ambiental, reconhecido e largamente utilizado, tendo sido estabelecida para o Brasil, segundo Relatório *Living Planet Report 2006*, da WWF, representando em 2003, 383 milhões de hectares globais, correspondendo a uma pegada ecológica *per capita* de 2,1 hectares globais, sendo que a biocapacidade existente dentro das fronteiras do território brasileiro ainda é de 9,9 hectares globais *per capita*, havendo, desta forma, uma reserva ecológica de 7,8 hectares globais *per capita*. Para efeito de comparação, em 2001, a pegada ecológica *per capita* era de 2,2 hectares globais e a biocapacidade era de 10,2 hectares globais *per capita*, ou seja, perdemos áreas e praticamente não alteramos nossa demanda por recursos naturais. De fato, a comunidade humana planetária esta em déficit ecológico de 0,4 hectares globais *per capita*.

O município de São Luís encontra-se dentro da dinâmica de expansão urbana por que passa a maioria das cidades de países em desenvolvimento e latino americanas e, a relação entre sua biocapacidade e pegada ecológica, para os anos do nosso estudo, em hectares, encontra-se exposta na tabela abaixo.



**TABELA 5.1 – Pegada Ecológica e Biocapacidade, em hectares, de São Luís nos anos 2000 e 2004.**

Categorias	2000		2004	
	PE	Biocapacidade	PE	Biocapacidade
<b>Combustíveis</b>	1.005.849,503	11.480,6	1.081.330,043	11.291,1
<b>Energia Elétrica</b>	30.564,316	13.170,7	29.961, 972	12.907,3
<b>Madeira, papel</b>	31.692,23	13.608,8	32.957,81	13.221,9
<b>Água</b>	41,493		54,880	
<b>Resíduos Sólidos</b>	-	18.527,6	128.002,66	18.898,1
<b>Alimentos</b>	206.453,9		212.234,8	
<b>TOTAL</b>	<b>1.274.601,3</b>	<b>56.787,7</b>	<b>1.484.541,9</b>	<b>56.318,4</b>

Vê-se então que a Pegada Ecológica supera a área bioprodutiva em 22,4 vezes no ano 2000 e 26,3 vezes em 2004. Ou seja, São Luís necessitaria atualmente para atender sua demanda por produtos, de uma área um pouco mais de 20 vezes maior do que a sua área bioprodutiva territorial.

Mesmo sem contabilizarmos os resíduos sólidos no ano 2000 e a subestimativa do item alimentos, as Pegadas Ecológicas nos dois anos estudados superam um milhão de hectares, enquanto a área territorial com capacidade produtiva manteve-se na ordem de 56 mil hectares.

Como esperado, o item combustível foi o maior contribuinte da PE e a água o que menor contribuiu.

O único item a apresentar uma pequena redução (cerca de 2%) em sua Pegada Ecológica foi a energia elétrica – 602,344 ha a menos demandados aos ecossistemas naturais.

Analisando as PE *per capita* temos a situação apresentada na tabela abaixo, onde constatamos que cada munícipe necessita de 1,5 ha/ano para suprir suas necessidades, sendo combustíveis e alimentos os itens de maior demanda. Observamos que esses valores são inferiores aos aferidos nos estudos da PE de Taguatinga, Ceilândia e Samambaia (DF) (1997) que foi de 2,24 ha/*per capita*, do Rio de Janeiro (2003), que foi 3,1060639 ha/*per capita*/ano e de Fortaleza (1996), 2,94 ha/*per capita*/ano e para Joinville (2005), 1,68 ha/*per capita*/ano, mostrando-se superior apenas ao de Florianópolis (2006) que foi de 1,25 ha/*per capita*/ano. Apesar das diferenças entre esses trabalhos em alguns aspectos – localização geográfica, tamanho populacional, número de itens investigados, atividade específica, por exemplo -, todos os resultados são superiores a biocapacidade local, apresentando déficit ecológico.

São Luís manteve-se dentro dos limites da biocapacidade nacional - 2,1 ha/*per capita*/ano em 2001 e 2,2 ha/*per capita*/ano em 2004 – e também da biocapacidade global, que era então de 1,8 hectares globais *per capita* em 2001, já que mesmo não contabilizando dois itens (resíduos sólidos e alimentos), a PE *per capita* global atingiu 1,6697 gha.

**TABELA 5.2. – Pegada Ecológica *per capita*, em hectares (ha) e hectares globais (gha) em 2000 e 2004.**

Categorias	2000		2004	
	PE	PE(gha)	PE	PE(gha)
<b>Combustíveis</b>	1, 1560	1,5722	1,1272	1,5443
<b>Energia Elétrica</b>	0, 0402	0, 0476	0, 0310	0, 0423
<b>Madeira, papel</b>	0,0364	0,0499	0,0343	0,0470
<b>Água</b>	0,0000	0,0000653	0,0000	0,0000783
<b>Resíduos Sólidos</b>	-	-	0,1305	1,1828
<b>Alimentos</b>	0,2357	-	0,221	-
<b>TOTAL</b>	<b>1,4683</b>	<b>1,6697</b>	<b>1,544</b>	<b>2,8164</b>

Buscando confirmar os resultados obtidos, calculamos o Saldo Ecológico, como manda a metodologia: Saldo ecológico = Pegada Ecológica Anual – Biocapacidade. O saldo pode ser calculado em hectares, caso o escopo seja identificar localmente a sustentabilidade, hectares globais, caso o objetivo seja comparar a região de estudo com outras regiões ou ainda pela média *per capita*, ou seja, o correspondente médio em hectares do consumo de cada habitante da área estudada. Temos então,

**TABELA 5.3 – Saldo ecológico de São Luis em 2000 e 2004**

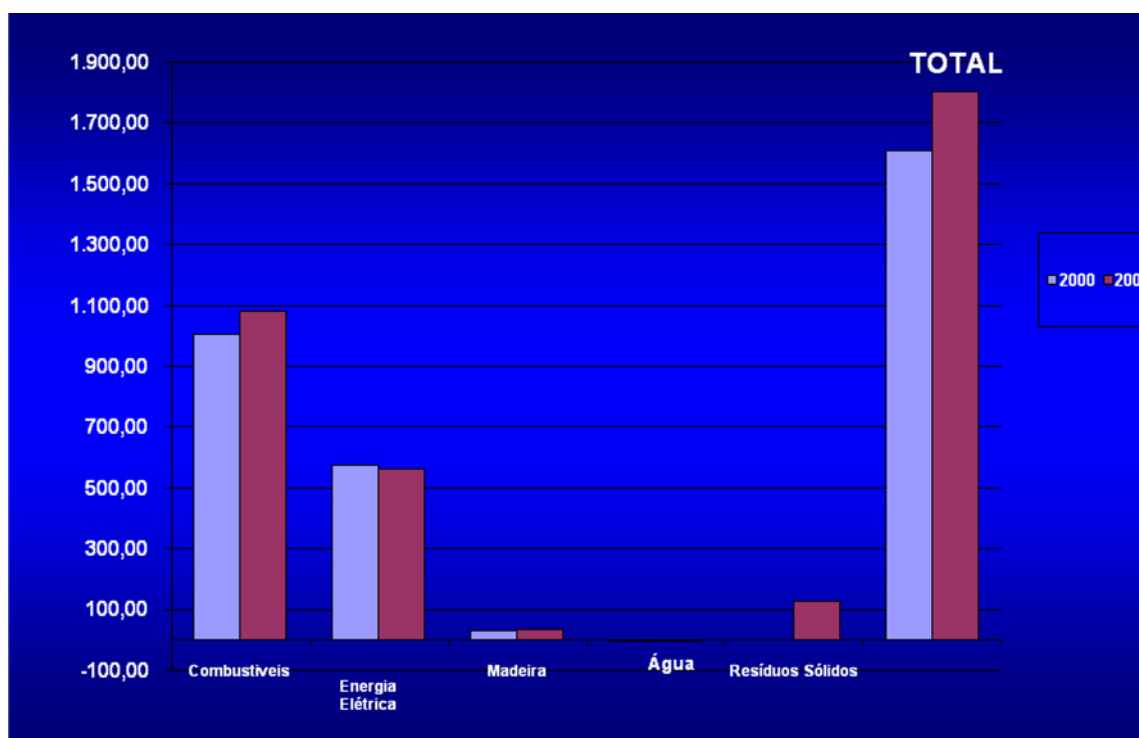
2000	2004
PE – Biocapacidade	
1.274.601,3 - 56.787,7	1.484.541,9 - 56.318,4
<b>- 1.217.813,6</b>	<b>- 1.428.223,5</b>

O sinal negativo observado nos resultados confirma o déficit ecológico em mais de um milhão de hectares, ou seja, confirmando o resultado determinado no início do capítulo, São Luís demanda uma área mais de 20 vezes superior a sua área territorial.

Quanto a emissão do CO<sub>2</sub>, em toneladas ao ano, apresentamos em forma de tabela e gráfico, os valores obtidos em cada item.

**TABELA 5.4. - Emissão de CO<sub>2</sub>, em toneladas, por categoria de consumo em 2000 e 2004.**

<b>Categorias</b>	<b>2000</b>	<b>2004</b>	<b>Total</b>
<b>Combustíveis</b>	1.005.849,503	1.081.330,043	2.087.179,546
<b>Energia Elétrica</b>	573.081	561.787	1.134.868
<b>Madeira, papel</b>	31.692,23	32.957,81	64.650,04
<b>Água</b>	27,662	36,587	64,249
<b>Resíduos Sólidos</b>	-	128.002,66	128.002,66
<b>Alimentos</b>	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>1.610.650,395</b>	<b>1.804.114,1</b>	<b>3.414.764,495</b>



**FIGURA 5.1. Emissão de CO<sub>2</sub>, em toneladas, por categoria de consumo em 2000 e 2004.**

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A questão da sustentabilidade vem despertando a atenção de pesquisadores, organizações não-governamentais, governos e empresas em todo o mundo, sendo o consumo e a pobreza da população apontados como algumas das causas da dificuldade em se atingi-la.

Os conceitos de consumo consciente, cidadão planetário, de austeridade feliz, se incorporados, são meios de mudar o perfil do consumo individual, através da escolha de produtos ambientalmente corretos, da redução do consumo, da opção pela reciclagem ou de produtos de empresas socialmente justas.

Esse novo comportamento, baseado nos princípios da Pegada Ecológica, pode ser visto, ou na verdade deve ser visto, como uma proposta de mudança significativa do cenário atual.

A diminuição da Pegada Ecológica mundial, brasileira e local depende, dentre outros fatores, da situação econômica de cada indivíduo, já que existem pessoas subsistindo que devem aumentar o seu consumo para escapar à pobreza, e pessoas em melhores condições financeiras que podem reduzir seus consumos e, mesmo assim, manter ou melhorar sua qualidade de vida. A PE em sua dimensão individual permite a caracterização do consumo e promove a consciência ambiental.

O Relatório Planeta Vivo (2000) chamava a atenção para o fato de termos já em 1996, ultrapassado a biocapacidade da Terra em cerca de 30%, levando ao esgotamento do estoque de capital natural da Terra.

O Brasil, segundo os Relatórios *Living Planet Report* da WWF, é um dos poucos países que possui uma reserva ecológica, ou seja, sua produção de bens e serviços é ainda suportada por seus ecossistemas.

A *Global Footprint Network* (2008) define sustentabilidade ambiental como sendo aquela em que a pressão da sociedade sobre a natureza deve ser menor que a capacidade da natureza de responder de modo equilibrado a esta pressão. Os recentes relatórios sobre o aquecimento global produzidos pelo IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) apontam mudanças climáticas globais agudas nos próximos 100 anos, o que provocará uma profunda modificação no ciclo hidrológico, com reflexos profundos na cobertura vegetal e na precipitação, na produção de alimentos e na oferta de água doce.

Do nosso ponto de vista, a urbanização, de maneira geral e até o presente momento, promove mais impactos negativos, como o aumento da produção de resíduos

e gases que provocam o efeito estufa em suas áreas, do que resultados positivos, como apregoam alguns.

Como explicitado na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (1992), “como muitos dos problemas e soluções tratados na Agenda 21 têm suas raízes nas atividades locais, a participação e cooperação das autoridades locais será um fator determinante na realização de seus objetivos. Como nível de governo mais próximo do povo, desempenham um papel essencial na educação, mobilização e resposta do público, em favor de um desenvolvimento sustentável”.

Assim, crendo que o agir local é fundamental para a melhoria da qualidade de vida dos munícipes e, por efeito cumulativo (ou efeito cascata) de todos os habitantes do planeta, e ainda e diante de um dos objetivos propostos para esta dissertação de contribuir para melhorar o planejamento, manejo e geração de políticas públicas, sugerimos abaixo algumas estratégias/ações, existentes na literatura mundial e de fácil acesso, sendo experiências perfeitamente passíveis de replicação/execução.

#### A – Quanto à emissão de CO<sub>2</sub> pelos Combustíveis

É sabido o papel fundamental da vegetação arbóreo-arbustiva no equilíbrio ecológico dos ecossistemas. Mas, a função principal sublinhada para este trabalho, está relacionada à capacidade intrínseca de ser sumidouro de CO<sub>2</sub>, sendo a relação assumida por este trabalho de que 1 ha absorve 1 ton de CO<sub>2</sub> (ANDRADE, 2006).

Os valores de CO<sub>2</sub> liberados pelos combustíveis nos anos 2000 e 2004 foram, respectivamente 1.005.849,504 t e 1.081.330,043 t. Obedecendo à relação citada acima seriam necessários 1.005.849,504 ha em 2000 e 1.081.330,043 ha em 2004 de áreas verdes com vegetação arbórea/arbustiva para absorver o Gás Carbônico emitido.

O município de São Luís, desconsiderando as áreas de restingas e inundáveis, possui 317, 999 Km<sup>2</sup> ou 31.799,9 ha de cobertura vegetal.

Assim, trabalhando com uma média de emissão de CO<sub>2</sub> dos anos em estudo, temos uma área de cobertura vegetal 32,81 vezes menor do que a necessária para garantir à absorção do CO<sub>2</sub> emitido pela queima dos combustíveis.

Em decorrência desta constatação, sugerimos as seguintes ações:

1 - Implementar um projeto de recuperação ou reconstituição da flora local e/ou maranhense (vegetação autóctone) criando bosques/áreas verdes em terrenos

abandonados, praças e outros espaços, como os identificados no mapa como de solo exposto.

As áreas plantadas teriam sua capacidade de seqüestro de CO<sub>2</sub> quantificadas, podendo constituírem-se como uma estratégia de captação de recursos para o município via mercado de Carbono.

Um *pool* de relações podem ser estabelecidas, de colaboração, cooperação técnica, contratações, doações, entre entidades, voluntários, Centros de Pesquisas e governo local, empresas/indústrias como estratégia de implementação da proposta: para a coleta ou compra das sementes, processo de preparação do solo, de germinação e para os cuidados após o plantio.

Os objetivos específicos seriam: reproduzir espécies vegetais autóctones, buscando incluir espécies raras ou ameaçadas de extinção; restabelecer a cobertura arbórea e arbustiva autóctone em áreas públicas e privadas, através do plantio e do aproveitamento da regeneração natural; desenvolver um componente de educação ambiental, através da criação de parques botânicos de espécies autóctones em espaços públicos e privados; envolver entidades públicas e privadas no desenvolvimento da ação evidenciando suas culturas de responsabilidade ambiental.

2 – Incentivar a adesão das empresas transportadoras a Programas como o Despoluir da CNT – Confederação Nacional dos Transportes – que, dentre outras ações disponibiliza para transportadoras e autônomos, um equipamento chamado opacímetro, incentivando a redução da contaminação atmosférica através da busca dos limites de emissão por veículo à diesel.

3 – Incentivar o uso de biocombustíveis, menos poluentes, pelos transportadores, de forma a ampliar e fortalecer a cadeia de produção e distribuição local dessas energias.

#### B - Quanto à emissão de CO<sub>2</sub> por outras fontes

4 - Implantar um programa de Casas Ecológicas em parceria com o SEBRAE e a Caixa Econômica Federal, associações e iniciativa privada.

5 – Dar o exemplo: substituir lâmpadas comuns por fluorescentes em todos os prédios da administração pública municipal; abastecer os veículos de trabalho com álcool ou outro combustível menos poluente; implantar a reciclagem, principalmente de papel e plástico em todos os órgãos da administração; plantar árvores e/ou criar jardins nos espaços livres dos prédios públicos.

C – Instituir legalmente, com metas, estratégias de ação e socialização de informações, uma comissão interinstitucional entre poder público municipal e instituições de ensino e pesquisa locais e nacionais, visando realizar pesquisas e transferir conhecimentos/saber já desenvolvidos, sobre produtos e processos ecologicamente corretos e ambientalmente sustentáveis. Exemplo: UFRJ – madeira plástica, SEBRAE/RJ – pré-moldados de bambu e raspas de pneus, UFMA – blocos pré-moldados de adobe.

D – Articulação entre Prefeitura e entidades da sociedade objetivando a implementação da Agenda 21 Local, num modelo de gestão pública que valoriza os diversos atores, as parcerias e a co-gestão de políticas, adotando um padrão de administração socio-cêntrico e eco-cêntrico.

E – Instituir, em caráter permanente, um programa de socialização de informações para o servidor público, de todos os níveis, setores e Secretarias, dando a conhecer os documentos nacionais e internacionais produzidos nos diversos encontros mundiais organizados pela ONU e seus organismos, no intuito de implementar suas recomendações.

F – Implementar o Planejamento Estratégico no poder público municipal (Prefeitura e Secretarias) para que seja dada visibilidade aos problemas, somando esforços em pontos estratégicos e socializando os avanços e retrocessos da administração, otimizando tempo e recursos públicos num olhar holístico sobre a cidade.

## REFERÊNCIAS

Agenda elétrica sustentável 2020: estudo de cenários para um setor elétrico brasileiro Eficiente, seguro e competitivo / WWF-Brasil. 2. Ed. — Brasília, 2007. 80 p: il. ; (Série técnica: v.12)

AMB e Veritas Ltda.; Enerdinâmica/ Palma Consultores. **One Planet Living na Mata de Sesimbra**. Portugal, 2002, 58p. Pioneer Project OPL/Mata de Sesimbra. Acesso em:

ANDRADE, B. B. Turismo e Sustentabilidade no Município de Florianópolis: uma aplicação do método de pegada ecológica. 2006. Dissertação (Mestrado em Administração) – UFSC, Florianópolis - SC.

ANDRADE, L. M. S. de; Romero, M. A. B. Desenho de Assentamentos Urbanos Sustentáveis: proposta metodológica. **In:** I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável / X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2004, São Paulo.

ANDRADE, Liza et al. **Desenho de Assentamentos urbanos sustentáveis: proposta metodológica**. **In:** I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável, X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. São Paulo, 2004.

AZEVEDO, Andrea Christina Gomes de. **Variação espaço-temporal das diatomáceas epífitas em *Bostrychia Montagne* (Rhodophyta) no manguezal de Parna-Açu, Ilha de São Luís – MA**. Dissertação (mestrado). Universidade de Pernambuco, Recife: 1998.

BARSA, Nova Enciclopédia. São Paulo: Encyclopaedia Britannica do Brasil Publicações, 1999. v.4.

BELLEN, Hans Michael van. **Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2006.

\_\_\_\_\_. **Desenvolvimento sustentável: uma descrição das principais ferramentas de Avaliação**. Ambiente & Sociedade – Vol. VII nº. 1 jan./jun. 2004

BENETTI, L. B. **Avaliação do Índice de Desenvolvimento Sustentável do Município de Lages (SC) através do Método do Painel de Sustentabilidade**. 2006. 215p. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina

BOYDEN, S. et al. **The Ecology of a City and its People**. Canberra, Australian National University, 1981, 437p.

BROWN, L.R. et al. The state of the world. New York: Norton, 1996. **In:** Dias, G. F. Pegada ecológica e sustentabilidade humana. São Paulo: Gaia, 2002.

Cadernos de Saúde Pública. v.4 n.2 Rio de Janeiro abr./jun. 1988  
Disponível em: <http://www.scielo.org/scielo.php> ISSN 0102-311X  
Acesso dia: 16/12/2007



CASAGRANDE JR., E. F. **Inovação Tecnológica e Sustentabilidade**: possíveis ferramentas para uma necessária interface. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, CEFET – PR, 2004. Acesso em: 18/12/2006.

Censo Demográfico e Econômico de 1940.\_pt\_IV\_MA. Retirado do Site: Acesso dia 04/01/2008

Censo Demográfico de 1950. VI Recenseamento Geral do Brasil - Série Regional, Volume XII, Tomo 1. Rio de Janeiro, 1955.

Disponível em: [www.ibge.gov.br/biblioteca/publicações](http://www.ibge.gov.br/biblioteca/publicações). Acesso dia 04/01/2008

CERVI, Jaison Luís. **A Pegada ecológica do município cidade do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, 2008.152f. Dissertação (Mestrado)

CIDIN, R.da C.P.J.; Silva, R. S. **Pegada ecológica**: instrumento de avaliação dos impactos antrópicos no meio natural. In: Estudos Geográficos, Rio Claro, 2(1):43-52, junho, 2004 (ISSN 1678—698X)

Cíntia Bonder. Desenvolvimento sustentável como uma forma de mitigar o impacto negativo da globalização nas comunidades locais. **Revista Virtual Textos & Contextos**, p. 1-15, nº 2, dez. 2003.

CINTRA, Cynthia Leonis Dias. **Resíduos sólidos e o programa de prevenção de riscos ambientais (PPRA)**. Apresentação oral. VIII Seminário Nacional de Resíduos Sólidos – Responsabilidade Sócio-Ambiental, ABES, Nov., 2006. São Luís – MA.

COSTA, Felipe. Primórdios do aquecimento global. **Ciência Hoje**. Disponível em: <http://cienciahoje.uol.com.br>. Acesso em: 17/08/2007.

CVRD. Relatório meteorológico do terminal da Ponta da Madeira. Superintendência da Estrada de Ferro Carajás. Assessoria de Meio Ambiente – ASBIQ, 1997.

Cultura – Maracujá.

[http://www.cnpat.embrapa.br/sbsp/anais/Trab\\_Format\\_PDF/158.pdf](http://www.cnpat.embrapa.br/sbsp/anais/Trab_Format_PDF/158.pdf)

Acesso dia 15/09/2008

Cultura – Mandioca. Disponível em:

[http://www.cnpmf.embrapa.br/publicacoes/comunicados/comunicado\\_119.pdf](http://www.cnpmf.embrapa.br/publicacoes/comunicados/comunicado_119.pdf)

Acesso dia: 15/09/2008

CULTURA – Mamão.

Disponível em: <http://www.seagri.ba.gov.br/Mamao.htm>

Acesso dia: 15/09/2008

DARLING, F.F.; Dasnann, R.F. The Ecosystem View of Human Society. In Smith, R.L. (coord.). The Ecology of Man. New York, Harper and Row, 2. ed., 1972. p.41-45. In: DIAS, G. F. Princípios e práticas, p. 227.

DIAS, G. F. **Estudo sobre o metabolismo socioecossistêmico urbano da região de Taguatinga-DF e as alterações ambientais globais**. Brasília, 1999. 178p. Tese (Doutorado em Ecologia) - Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília.

\_\_\_\_\_. **Educação Ambiental**: princípios e práticas. 8. ed. São Paulo: Gaia, 2003.

DIEESE. [http://www.dieese.org.br/esp/estudos\\_setoriais.xml](http://www.dieese.org.br/esp/estudos_setoriais.xml)

EDE, Sharon. **Nós nos adequamos ao planeta?** Sustentabilidade, Sistemas de Alimentação e Pegada Ecológica. Traduzido por Ana Lúcia Brandimarte. Acesso em: 20/07/2006.

ESPÍRITO SANTO, J. M. (Org.). **São Luís: uma leitura da cidade.** Prefeitura de São Luís / Instituto de Pesquisa e Planificação da Cidade. São Luís: Instituto da Cidade, 2206. 94p.

GÓMEZ, C.R.P.; Santos, J.F. dos.; Parisio, D.C. de A. Ecological Footprint Method como ferramenta para avaliar o perfil do consumo consciente. In: ENGEMA - Encontro Nacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente, IX, 2007, Curitiba. **Artigo** 241. 13p.

**Gestores de panificação participam de curso intensivo em Brasília.**

Disponível em: [www.achanoticias.com.br/noticia\\_pdf.kmf?noticia=7224079](http://www.achanoticias.com.br/noticia_pdf.kmf?noticia=7224079)

Acesso dia: 15/09/2008

IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Pesquisa de Informações Básicas Municipais 1991. Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acesso em: 20/07/2007

\_\_\_\_\_, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Pesquisa de Informações Básicas Municipais 2001. Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acesso em: 20/07/2007

STRINGUETO, Kátia. Consciência verde. Que diferença faz? Publicado na **Revista Bons Fluídos - 06/2008**.

Disponível em: <http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/atitude/conteudo>.

Acesso dia: 20/16/2008.

MACÊDO. Lúcio Antonio Alves de. Assimilação de esgotos em manguezais. Dissertação (mestrado). Departamento de Saúde Ambiental, Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo: 1986.

MARIGA, Jandira Turatto. **Resíduos Sólidos e Meio Ambiente Urbano.** Revista Varia Scientia, v. 05, n. 10, p. 177-187 1

MEDEIROS, Â. M. F. de. **A reciclagem do lixo na cidade de São Luís (MA).** São Luís, 2001. 90 p. Monografia (Administração) – Universidade Estadual do Maranhão.

MORIN, E. Entrevista concedida à Anne Rapin. Label France. Disponível em: [www.ambafrance.org.br/abr/label/Label28/Sciences/morin.html](http://www.ambafrance.org.br/abr/label/Label28/Sciences/morin.html). Acesso em: 26.08.2006.

ODUM, E.P. Ecologia. Rio de Janeiro: Interamericana, 1985. 434p.

PARENTE, Aparecido e FERREIRA, Elaine. Ecological Footprint Method: um estudo do município de Joinville, Estado de Santa Catarina. In: ENGEMA - Encontro Nacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente, IX, 2007, Curitiba. **Artigo** nº 192. 15 p.

REBELO-MOCHEL, Flávia. Relatório Técnico. Programa integrado dos manguezais maranhenses. Sub-projeto mapeamento temático. São Luís, 1996.

RIBEIRO, Maurício Andrés. A guerra e o meio Ambiente. Disponível em: <http://www.ecologizar.com.br/vale06.html>. Acesso dia 10/10/2006.

SACHS, I. Caminhos para o desenvolvimento sustentável. 3 ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2002. 96 p.

SILVA, L. F.da. **A construção de um índice de sustentabilidade ambiental agrícola (ISA): uma proposta metodológica.** Campinas, SP: [s.n.], 2007. Tese: Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Economia.

SNIS – Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos. Disponível em: <HTTP://www.snis.gov.br>. Acesso dia 16/10/2008.

TOMAZONI, M. A. **Contribuição ao estudo de indicadores ambientais.** In: GEONORDESTE, Ano XV, N°2, 2006.

WACKERNAGEL, M; REES, W. Our ecological footprint: reducing human impact on the earth. 6. ed. Canada: New Society Publishers, p. 160, 1996.

WEBER, Max. A cidade. 1921

In: <http://www.miranda.utad.pt/antropologiacultural/tema15.doc>.

\_\_\_\_\_. **Economia e Sociedade: fundamentos da sociologia compreensiva.**

Volume I. 4ª edição. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2004; São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2004.

#### **Sites:**

[http://pt.wikipedia.org/wiki/História\\_das\\_cidades](http://pt.wikipedia.org/wiki/História_das_cidades)

<http://www.feagri.unicamp.br/energia/agre2002/pdf/0092.pdf>

[http://pt.wikipedia.org/wiki/História\\_das\\_cidades](http://pt.wikipedia.org/wiki/História_das_cidades).

[http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/vii\\_en](http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/vii_en)

<http://www.rc.unesp.br/igce/grad/geografia/revista.htm>

<http://www.scielo.org/scielo.php>

<http://www.ibama.gov.br/ibamaflorestas>

<http://www.bracelpa.org.br/bra/publicações>

<http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?p=22574754>

[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2007\\_TR650479\\_8913.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2007_TR650479_8913.pdf)

<http://diariodoprofessor.com/2007/11/16/dissertacao-de-mestrado-de-casio-garcez/>

<http://www.unicamp.br/fea/ortega/extensao/Tese-LucasPereira.pdf>

[http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/vii\\_en/mesa3/trabalhos/a\\_pe\\_gada\\_ecologica\\_breve\\_panorama.pdf](http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/vii_en/mesa3/trabalhos/a_pe_gada_ecologica_breve_panorama.pdf)

[http://www.ence.ibge.gov.br/noticias/detalhe\\_noticia.asp?cod=276](http://www.ence.ibge.gov.br/noticias/detalhe_noticia.asp?cod=276)

<http://lablogatorios.com.br/geofagos/tag/fotossintese/>

<http://blogalego.blogspot.com/2007/04/sequestro-de-carbono.html>

## APÊNDICES

**Apêndice A****Tabela de cálculos para a obtenção da Pegada Ecológica da água em São Luis, nos anos 2000 e 2004.**

<b>Ano</b>	<b>Consumo (m<sup>3</sup>) (1)</b>	<b>Consumo (mgl) (2)</b>	<b>Emissão de CO2 (t) (3)</b>	<b>PE Total (ha) (4)</b>	<b>PE per capita (ha) (5)</b>	<b>PE Total (gha) (6)</b>	<b>PE per capita (gha) (7)</b>
2000	74.764,00	74,764	27,662	41,493	0,0000476	75,185	0,0000653
2004	98.886,30	98,886	36,587	54,880	0,0000572	56,845	0,0000783

## Apêndice B

Ano 2004

Relação de Kg e CO<sub>2</sub>: 1.35 Kg de lixo emitem 0,45 Kg de CO<sub>2</sub> (1 libra = 0,45 Kg)

Segundo o IPCC 1 hectare de terra absorve 1 ton CO<sub>2</sub>

<b>Tipos de Resíduos</b>	<b>Geração de Resíduos (Ton./ano) (1)</b>	<b>Geração de Resíduos (Kg) (2)</b>	<b>Emissão de CO<sub>2</sub> (Kg) (3)</b>	<b>Emissão de CO<sub>2</sub> (t) (4)</b>	<b>PE Total (ha) (5)</b>	<b>PE per capita (ha) (6)</b>	<b>PE Total (gha) (7)</b>	<b>PE per capita (gha) (8)</b>
Resíduos sólidos domiciliares, comerciais e de varrição	171.600	171.600.000	57.200.000	57.200	57.200	0,0569	78.364	0,0817
Resíduos sólidos gerados em feiras e mercados	6.240	6.240.000	2.080.000	2.080	2.080	0,0021	2.849,6	0,0029
Resíduos sólidos classe “D” gerados em Unidades de Saúde	2.808	2.808.000	936.000	936	936	0,0009	1.282,32	0,0013
RS classificados como entulho e diversificados com remoção Manual/Mecânica/Poliguindaste	195.560	195.560.000	65.186.666,66	65.186,66	65.186,66	0,0679	89.305,72	0,0931
Resíduos sólidos gerados por empresas particulares	7.800	7.800.000	2.600.000	2.600	2.600	0,0027	3.562	0,0037
<b>Totais</b>	<b>384.008</b>	<b>384.008.000</b>	<b>128.002.666,66</b>	<b>128.002,66</b>	<b>128.002,66</b>	<b>0,1305</b>	<b>175.363,64</b>	<b>0,1827</b>

## **ANEXOS**

**Anexo 1.** Consumo de energia elétrica em São Luis, em MWh, dos anos de 2000 a 2006.

Fonte: Companhia Energética do Maranhão - CEMAR

Classes	População (2000-2001-2002-2003-2004-2005-2006)						
	870 028	889.129	906.567	923.526	959.124	978.824	998.385
Residencial	336.448	309.848	235.204	330.762	326.450		362.737
Industrial	84.023	77.029	57.353	75.517	77.780		90.515
Comercial	246.706	231.943	179.207	261.818	270.066		308.735
Rural	1.284	1.042	710	1.395	1.213		
P. Público	68.475	60.564	51.690	77.260	77.521		
Il. Pública	83.405	73.703	49.261	51.498	48.816		*
Serv. Públicos	25.989	26.055	19.725	26.472	27.338		
Próprio	2.679	2.538	1.916	3.379	3.093		
<b>Total</b>	<b>849.009</b>	<b>782.723</b>	<b>595.066</b>	<b>828.102</b>	<b>832.278</b>	<b>888.963</b>	<b>947.609</b>

\* Outros: 185.628