



Alexandre Bandeira de Mello Ferreira

**Planejamento e Gestão Integrados de Resíduos
Sólidos Urbanos e Tratamento Mecânico Biológico
para a Sustentabilidade Ambiental de
Pequenos Municípios**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Engenharia Urbana e Ambiental da PUC-Rio como
requisito parcial para obtenção do título de Mestre em
Engenharia Urbana e Ambiental (opção Profissional).

Orientadora: Profa. Maria Fernanda Campos Lemos

Rio de Janeiro
Setembro de 2014



ALEXANDRE BANDEIRA DE MELLO FERREIRA

**Planejamento e Gestão Integrados de Resíduos
Sólidos Urbanos e Tratamento Mecânico
Biológico para a Sustentabilidade Ambiental de
Pequenos Municípios**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana e Ambiental (opção profissional) pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Profa. Maria Fernanda Rodrigues Campos Lemos
Presidente / Orientador
Departamento de Engenharia Civil – PUC-Rio

Prof. Rodrigo Rinaldi de Mattos
PUC-Rio

Profa. Rachel Coutinho Marques da Silva
UFRJ

Prof. José Eugenio Leal
Coordenador Setorial de Pós-Graduação
do Centro Técnico Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 18 de setembro de 2014.

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e da orientadora.

Alexandre Bandeira de Mello Ferreira

Graduado em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Gama Filho em 1978. Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental pela Pontifícia Universidade Católica em 2012.

Ficha catalográfica

Ferreira, Alexandre Bandeira de Mello

Planejamento e Gestão Integrados de Resíduos Sólidos Urbanos e Tratamento Mecânico Biológico para a Sustentabilidade Ambiental de Pequenos Municípios / Alexandre Bandeira de Mello Ferreira; orientadora: Maria Fernanda Campos Lemos. – 2014.

121 f. ; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental, 2014.

Inclui bibliografia

1. Engenharia civil – Teses. 2. Planejamento Integrado. 3. Plano Diretor Municipal. 4. Desenvolvimento Sustentável. 5. Sustentabilidade Ambiental. 6. Direito Ambiental Brasileiro. 7. Resíduos Sólidos Urbanos. 8. Tratamento Mecânico Biológico. I. Lemos, Maria Fernanda Campos. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Civil. III. Título.

CDD: 624

Este trabalho é dedicado aos meus pais, Antonio Gonçalves Ferreira (em memória) e minha mãe, Elvira Bandeira de Mello Gonçalves Ferreira, uma mulher digna e vitoriosa que soube superar tantas adversidades na condução de sua vida e educação de seus filhos.

Agradecimentos

Agradecimentos em especial à minha esposa Ana, aos meus filhos Zazá, Luisa, Duda e Vinícius e à minha orientadora Maria Fernanda.

Resumo

Ferreira, Alexandre Bandeira de Mello; Lemos, Maria Fernanda Campos (Orientadora). **Planejamento e Gestão Integrados de Resíduos Sólidos Urbanos e Tratamento Mecânico Biológico para a Sustentabilidade Ambiental de Pequenos Municípios.** Rio de Janeiro, 2014. 121p. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Este trabalho apresenta o *planejamento e gestão integrados de resíduos sólidos urbanos e tratamento mecânico-biológico*, como alternativa para reduzir as “Pegadas Ecológicas” dos pequenos municípios com a emissão de gases de aterro na disposição de lixo doméstico residual e contribuir para uma política microrregional de sustentabilidade ambiental. O caso estudado é de um grupo de pequenos municípios no sul do estado de Minas Gerais, que, em face da proximidade de seus centros urbanos e interdependência entre suas atividades sociais, econômicas e ambientais, apresentam condições favoráveis aos objetivos do trabalho. Este grupo, constituído pelos municípios de Caxambu, Baependi, Conceição do Rio Verde, Cambuquira, Campanha, Lambari e Jesuânia, encontra-se em uma região de reservas naturais, produção agropecuária, turismo histórico e ecológico prescindindo de políticas públicas, ambientalmente adequadas, para a gestão de resíduos sólidos urbanos. Importa destacar a opção metodológica do trabalho em abordar aspectos das dimensões social e econômica da sustentabilidade, limitando-se à verificação de indicadores apenas da sua dimensão ambiental.¹ A pesquisa está baseada na avaliação de *Indicadores de Sustentabilidade Ambiental* relacionados à coleta, transporte e disposição do lixo doméstico residual dos pequenos municípios em estudo, e permite uma análise comparativa para medir o impacto ambiental entre a prática usual de vazamentos desses resíduos em lixões e o seu processamento em uma estação comunitária de tratamento mecânico-biológico. Para a análise comparativa de impacto ambiental é adotado, parcialmente, o “Método para Avaliação de Sustentabilidade Ambiental de Pequenos Municípios” desenvolvido por Carolina Herrmann Coelho-de-Souza (2009), adaptado do método de avaliação da “Pegada Ecológica” de Wackernagel e Rees (1996). O resultado da pesquisa revelou uma expressiva redução nas “Pegadas Ecológicas” dos pequenos municípios com a emissão de CO₂ equivalente, provenientes da disposição de lixo doméstico residual após o tratamento mecânico-biológico, confirmando a hipótese do trabalho.

Palavras-chave

Planejamento Integrado; Plano Diretor Municipal; Desenvolvimento Sustentável; Sustentabilidade Ambiental; Direito Ambiental Brasileiro; Resíduos Sólidos Urbanos e Tratamento Mecânico Biológico.

¹ O termo “Sustentabilidade Ambiental” aplica-se à dimensão ecológica da sustentabilidade e é empregado dessa forma, em conformidade com publicações referenciadas do Ministério das Cidades e IBGE.

Extended Abstract

Ferreira, Alexandre Bandeira de Mello; Lemos, Maria Fernanda Campos (Advisor). **Community Management of Urban Waste and Biological Mechanic Treatment in Small Municipalities**. Rio de Janeiro, 2014. 121p. MSc Dissertation. Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

This work presents the *integrated planning and management of urban solid waste and mechanical-biological treatment*, as an alternative to reduce the "Ecological Footprints" of small municipalities with the landfill gas emissions from residual household waste disposing and thus contributing to a micro-regional policy of environmental sustainability.

The studied case is a group of small municipalities in the South of the State of Minas Gerais, which, given the proximity of their urban centres and interdependence among its social, economic and environmental activities, shows suitable conditions for the purposes of this work.

This group is formed by the municipalities of Caxambu, Baependi, Conceição do Rio Verde, Cambuquira, Lambari, Campanha and Jesuânia, and is located in a region of natural reserves, agricultural production, historic and ecological tourism, and lacks appropriate environmental public policies for the management of municipal solid waste.

It is noteworthy the work's methodology option of approaching the social and economic aspects of Sustainability, focusing on verifying those Indicators only at their environmental aspect.²³

The research is based on the assessment of *Environmental Sustainability Indicators* related to the collection, transportation and disposal of residual household waste of the small municipalities studied, and allows for a comparative analysis to measure the environmental impact between the regular practice of using open-air uncontrolled landfill (non-treated garbage depository or dumping) and the processing on a community mechanical-biological treatment station.

² The term "environmental sustainability" applies to the ecological dimension of sustainability and is employed in this manner, in accordance with the publications referred by the Ministry of Cities and IBGE (Brazilian Institute of Geography and Statistics).

For the comparative analysis of the environmental impact it is partially adopted the "Method for Evaluating the Environmental Sustainability for Small Municipalities" ("Método para Avaliação de Sustentabilidade Ambiental de Pequenos Municípios") developed by Carolina Herrmann Coelho-de-Souza (2009), adapted from the method of "Ecological Footprint" assessment by Wackernagel and Rees (1996).

The survey result indicated a significant reduction in the small municipalities "Ecological Footprints" with the equivalent to CO₂ emissions, derived from disposing the municipal waste after its mechanical biological treatment, confirming the hypothesis of the work.

As to a general objective, this work proposes the integrated urban planning and management model, within the framework of the basic sanitation sector, aiming at the environmental sustainability of small municipalities and aligning itself to the National Sanitation Guidelines and National Solid Waste Policy.

Its specific objective includes the development of an evaluation research of environmental sustainability indicators of such municipalities, from its *integrated planning and management of municipal solid waste and mechanical-biological treatment*, in order to demonstrate the possibility of reducing their "Ecological Footprints" derived from landfill gas emissions or CO₂ equivalent, on environmentally appropriate destination and disposal of residual household waste.

For this purpose, a survey of the sustainability indicators of small municipalities and their management of municipal solid waste was done. Such data collection aims at gathering data for a comparative analysis.

The data is intended to the "Ecological Footprints" calculation in two distinct alternatives. The first alternative, or alternative 1, uses the CO₂ equivalent emissions resulting from the disposal of residual household waste dumps and the area in hectares of biomass to sequester these emissions; the second alternative, or alternative 2, uses the CO₂ equivalent emissions of residual household waste and is calculated after its processing in the community station of mechanical-biological treatment and disposal in landfill, and the area in hectares of biomass to sequester CO₂ equivalent emissions is recalculated.

After these calculations, a comparative analysis with the values found in sustainability indicators resulting from the two cases analyzed in the alternatives 1

and 2 will be done along with the actual levels of reduction in CO₂ equivalent emissions.

The synthesis of the results and indications of comparative analysis will both allow the verification of the hypothesis of the work and will have the additional objective of allowing a better informed decision-making for small municipalities and their public and private agents for the universality of basic sanitation services and dissemination of micro-regional policy of environmental sustainability.

To present the work complete details, a reference is made, in principle, to the overall objective in relation to National Sanitation Guidelines and National Solid Waste Policy, in order to address some legal grounds on which the work is based and demonstrate their applicability to the municipal public administration functions adequacy to the applicable federal legislation and thus offering real environmental sustainability conditions for small municipalities.

As it was said, the enactment of the following federal laws, associated with and related to the municipal sanitation, began to exert demands in disagreement with the mobilization political capacity of the small municipalities public administrations, needed for its effective fulfillment: National Guidelines of Basic Sanitation - Regulatory Law of Sanitation, #11,445/2007, and the current National Solid Waste Policy – Law #12,305/2010. Both of them are derived from the legislation that settled as a regulatory mark in the urban infrastructure and municipal sanitation sector.

Due to these demands, especially the Law #12,305/2010, the intention of the work is to provide support for small municipalities, within the scope of the basic sanitation sector, aiming at the protection and preservation of its urban-rural ecosystems, under the vision of *objective liability* and *environmental protection*, to which these municipalities are subject, in compliance with the *principles of Precaution and Prevention* provided for in *Brazilian Environmental Law*.

And also, subsequently, to reach the work's specific goal of reducing the "Ecological Footprints" of small municipalities derived from landfill gas or CO₂ equivalent emissions on disposition of residual household waste.

Regarding its purposes towards to environmental sustainability, the work refers to the *Principles of National Solid Waste Policy*, particularly the *principle of sustainability* and to the *principle of shared responsibility*, which guide this

Policy and establish the *solidary liability* for environmental damage, among the public power, the business sector and the community, by the product life cycle and their reverse logistics system.

According to the article 30, sole paragraph, item I to VI, of law #12,305/10, the shared responsibility objectives consist of guaranteeing the interests between the economic and social agents and the business management and marketing processes compatibility with environmental management developing sustainable strategies; promote the utilization of solid wastes, directing them to their supply chain or for other productive chains; reduce the generation of solid waste, the waste of materials, pollution and environmental damage; encourage the use of less aggressive inputs to the environment and greater sustainability; stimulate the market development, the production and consumption of products derived from recycled and recyclable materials; promote productive activities to achieve efficiency and sustainability and; encourage good practices of social and environmental responsibility (BRAZIL, 2010 *apud* SINNOTT, 2012).

In this scenario, in which prospects are designed with new horizons and challenges to local governments and within a context of increasing awareness of the environmental problem indicating an irreversible movement of public policies consolidation for the sector of basic sanitation, likewise and as a counterpart, it must be assumed as well the innovation in planning and management activities, breaking up paradigms that over the years have been promoting the environmental degradation and pollution, and perpetuating practices of progressive depletion of non-renewable natural resources.

Answering the question, *the integrated planning and management of municipal solid waste and mechanical-biological treatment for environmental sustainability of small municipalities* represent an innovative alternative of integrated urban planning and management, especially for its support to the *Principle of National Solid Waste Policy*.

In its conception, the integrated planning and management have as its central force/idea the micro-regional integration of activities associated with municipal solid waste (from small municipalities encompassed in a region), aiming at their processing and energy consumption and/or production of organic compounds in a community station of mechanical-biological treatment.

The project implementation includes the physical occupation of a rural area situated geographically among the small municipalities, at an equivalent distance from its urban headquarters, with the purpose of building the mechanical-

biological treatment community station and the landfill, to "*environmentally suitable destination and disposal* " of the resulting waste.

The condition of the equivalent distance among the identified area and the municipalities urban centres, as well as their location and grouping features in the same micro-region, are strategically important to facilitate the management of municipal solid waste.

The activities of integrated planning and management related to the collection and final disposal of municipal solid waste are also important to allow the programming, implementation and control for the logistics of collecting and transportation of the common household waste.

These processes must be efficiently monitored, given the distances to be traveled and the surrounding area of actuation, with the objectives of optimizing the consumption of fossil fuels for transportation of such waste to the environmentally appropriate destination and final disposition, consonant to the referred sections VII and VIII of article 3, Law # 12,305/2010.

Another important aspect to consider is that the municipal integration allows for the preventive intervention of planning and management in micro-regional context, obtaining better results to the environmental sustainability.

Besides that, it favors the selection and management of areas suitable for installing the mechanical treatment-biological station of waste as well as landfills, in accordance with criteria of preservation of biomes, forest reserves and water springs areas, regarding the requirement for Studies of Environmental Impacts – EIA.

The design of a community plan for the mechanical-biological treatment of municipal solid waste is essentially based on the possibility and necessity to gather residual household waste from small municipalities in a collective manner, with a relative minimum volume to justify the investment in their construction and operation.

Because such recommendations relating to minimum volumes of residues and the feasibility of the required investments were not found in the associated literature, the proposal builds on the experience carried out in cities with municipal solid waste production between 20 and 30 thousand tons/year, for an equivalent processing of residual household waste through the integrated planning and management of their waste.

The reference for fixing this volume of waste is the data collected from the sectoral project named "Promoção do Tratamento Mecânico-Biológico de Resíduos" (Mechanical-Biological Waste Treatment Promotion) from 1988 to 2003, by the German Agency for Technical Cooperation-GTZ (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit), in pilot projects at the cities of Al-Salamieh (Syria), Phitsanulok (Thailand) and São Sebastião (Brazil), with a production of 20,000 tons/year, 32,850 tonnes/year and 30,000 tons/year, respectively.

As the proposals for the mechanical-biological treatment of residual household waste at small municipalities, biological degradation simplified processes were used at the three cities in this pilot project, being that in Al-Salamieh with forced aeration composting piles, and in Phitsanulok and São Sebastião with passive aeration.

The results with construction costs of landfills had an approximate gain of 50% after the mechanical-biological treatment, with mass reduction and compactness of the treated waste, as well as in volume and levels of percolate contamination and production of landfill gas.

Observing these parameters, it was selected a group of small municipalities in the South of the state of Minas Gerais, in the Southeast region, with an average volume of municipal solid waste production (predominantly residual household waste) between 60 tons/day and 80 tons/day, equivalent to 22,000 tons/year and 30,000 tons/year, which fits in the samples taken as reference.

The program has been designed in such a way that one can calculate the size of the installations with gains from 20,000 mg/year. At the biological treatment plant itself, it was set as a basic goal a treatment aimed to reduce the biological activity of the treated material to about 25% of the fresh waste activity. This does not match the German strict requirements for the landfill of biologically treated waste. However, essential improvements were obtained with regard to the emissions, as well as a clear gain of space in landfills (pilot project – GTZ, 2003).

With the results of this pilot project, particularly the Brazilian experience in the city of São Sebastião-SP, it was acquired the understanding of the mechanical-biological treatment of municipal solid waste potential to reduce landfill gas emissions.

Among the types of gas produced in landfills, and that mostly contribute to the greenhouse effect, are carbon dioxide (CO₂), methane (CH₄) and nitrous oxide (N₂O), as shown in Table 1 below, over the total estimated emissions in the European Union in the year 1994 and their relative proportion to waste disposal:

Table 1: Anthropogenic emissions of CO₂, CH₄ and N₂O, in the EU, 1994

Gases	Emissions	Potential of greenhouse effect	Greenhouse effect of the emissions set	Potential of Greenhouse effect of waste emissions
Unit	(Gg)	(over 100 years)	(Gg) in CO ₂ equivalent	(Gg) in CO ₂ equivalent
CO ₂	3,215	1	3,215 (- 0.5%)	15 (9%)
CH ₄	22	21	460 (33%)	152 (89%)
N ₂ O	1,05	310	325 (1%)	3(2%)
Total	3,237	-	4,000 (4.25%)	170

Source: GTZ, 2003

These greenhouse gas emissions, derived from the metabolism of cities, which includes its residual household waste, result the need for large areas of forests and biomass equivalent in order to achieve the sequestration of such gases, responsible for the respective "Ecological Footprints" of cities, according to the assessment method developed by Wackernagel and Rees (1996).

The possibility of mechanical and biological treatment of this residual household waste for their use and subsequent environmentally appropriate disposal will allow a significant reduction of the landfill gas emissions and, consequently, the mitigation of small municipalities with municipal solid waste management "Ecological Footprints".

Furthermore, in addition to the benefits to the environmental sustainability, the *integrated planning and management of municipal solid waste and mechanical-biological treatment* have been incorporated in the Municipal Plan of Integrated Management of Solid Residues – PMGIRS – given the condition established by the article 18 of law # 12,305/2010, repeated below:

Art. 18. The development of municipal plan for the solid waste integrated management, under the terms established by this law, is a condition for the federal district and the municipalities have access to resources of the Union, or controlled by the Union, intended for projects and services related to urban cleaning and solid waste management, or to be benefited with incentives or financing from federal credit entities or fostering for such a purpose.

*§ 1 It shall be prioritized the access to resources of the Union referred to in the **caput** the municipalities that:*

I – Opt for inter-municipal consortium solutions for solid waste management, including the development and implementation of inter-municipal plan, or that voluntarily include themselves in the micro-regional solid waste plans referred to in paragraph 1 of Art. 16:

II – Deploy selective collection with the participation of cooperatives or other forms of association of reusable and recyclable material collectors groups, formed by low-income individuals.

§ 2º It shall be established in regulation additional standards on access to the EU resources according to this article.

The conclusion is that with this alternative of integrated urban planning and management, the small municipalities start to obtain, in a collective and solidary way, institutional resources intended for the financing of urban infrastructure projects and basic sanitation granted by the Solid Waste National Policy, and promote its social and economic development, in accordance with the *universal principles of environmental sustainability*.

Keywords

Integrated Planning; Municipal Master Plan; Sustainable Development; Environmental Sustainability; Brazilian Environment Law; Municipal Solid Waste and Mechanic Biologic Treatment.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	20
1.1. Apresentação do Tema	20
1.2. Contextualização	26
1.2.1. O desenvolvimento sustentável	26
1.2.2. O Estatuto da Cidade	28
1.3. Objetivos	31
1.3.1. Objetivo geral	31
1.3.2. Objetivo específico	32
1.4. Justificativas	33
1.5. Considerações Finais	39
2. PLANEJAMENTO E GESTÃO URBANOS INTEGRADOS	41
2.1. Planejamento e Gestão Integrados de Resíduos Sólidos Urbanos e Tratamento Mecânico-Biológico	41
3. REVISÃO DE LITERATURA	47
3.1. Planejamento Físico-Territorial e Sustentabilidade	47
3.2. Planejamento e Gestão	53
3.3. Sustentabilidade Ambiental e Pegada Ecológica	61
3.4. Tratamento Mecânico-Biológico	67
4. METODOLOGIA	71
4.1. Considerações Gerais	71
4.2. Adaptação ao Método da Pegada Ecológica	76
4.3. Ferramenta de Diagnóstico de Sustentabilidade – DAS	80
5. ESTUDO DE CASO	85
5.1. Objeto Empírico	85
5.2. Aspectos Gerais dos Pequenos Municípios	89
5.2.1. Município de Caxambu	91
5.2.2. Município de Baependi	92
5.2.3. Município de Conceição do Rio Verde	93
5.2.4. Município de Cambuquira	94
5.2.5. Município de Campanha	95
5.2.6. Município de Lambari	96
5.2.7. Município de Jesuânia	97
5.3. Avaliação de Sustentabilidade – Formulação de Dados	98
5.3.1. Município de Caxambu	98
5.3.2. Município de Baependi	100
5.3.3. Município de Conceição do Rio Verde	102
5.3.4. Município de Cambuquira	104
5.3.5. Município de Campanha	106
5.3.6. Município de Lambari	108
5.3.7. Município de Jesuânia	110
5.3.8. Síntese dos resultados – alternativa 1	112

5.3.9. Síntese dos resultados – alternativa 2	113
5.4. Discussão e Conclusão	114
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	119

Lista de quadros

Quadro 1: Diagnóstico do Setor de Saneamento	38
Quadro 2: Modo de apresentação da Pegada Ecológica	76
Quadro 3: Diagnóstico de Sustentabilidade Ambiental – DAS	78
Quadro 4: Subcategorias da Ferramenta Proposta	78
Quadro 5: Subcategoria do Saneamento	79
Quadro 6: Subcategoria do Transporte	79

Lista de tabelas

Tabela 1: Emissões antropogênicas de CO ₂ , CH ₄ e N ₂ O, na U.E., 1994	45
Tabela 2: Relação Combustível Fóssil / Emissão de CO ₂	83
Tabela 3: Relação RSU / Emissão de CO ₂	83
Tabela 4: Relação de Gás de Aterro / CO ₂ /CH ₄ (Efeito Estufa – 21 vezes CO ₂)	84
Tabela 5: Relação de Biomassa / Sequestro de CO ₂	84

Lista de figuras

Figura 1: Energia. Homem. Resíduos	35
Figura 2: Esquema do metabolismo linear e circular da cidade	52
Figura 3: Decurso Temporal da decomposição do gás de aterro	69
Figura 4: Organograma do processo de elaboração do Plano Diretor Municipal, com inserção da ferramenta de avaliação da Sustentabilidade Ambiental	75
Figura 5: Microrregião dos Pequenos Municípios	86
Figura 6: Área Ampliada da Microrregião	87
Figura 7: Comarcas das Promotorias de Meio Ambiente	90

INTRODUÇÃO

1.1

Apresentação do Tema

O atendimento à atual Legislação Federal, no âmbito do planejamento urbano e ambiental, representa um grande desafio à administração pública dos pequenos municípios brasileiros diante de seus crônicos problemas com a falta de recursos institucionais, econômico-financeiros, técnicos e humanos.

As dificuldades não são menores quando as demandas envolvem infraestrutura urbana, em observância às determinações da Lei de Regulação do Setor de Saneamento Básico, Lei nº 11.445/2007, e da Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº 12.305/2010, que atribuem aos municípios a titularidade pela prestação desses serviços, essenciais à população e ao meio ambiente.

Sob tais condições impostas às administrações municipais, cabe ao poder público dos pequenos municípios buscar alternativas para o cumprimento dessas obrigações legais, nas atividades de planejamento e gestão urbanos de suas municipalidades, com soluções criativas que possam viabilizar o financiamento e a execução de seus respectivos projetos.

No que tange à organização socioespacial de seus territórios, a partir da implantação de planos diretores municipais, conforme o Estatuto da Cidade – Lei nº 10.257/2001 –, características regionais particulares mostram situações onde os pequenos municípios encontram-se localizados, geograficamente, de forma agrupada e com relativa proximidade entre seus centros urbanos, exigindo uma visão de integração nas atividades de planejamento e gestão municipal, ao se considerar, sobretudo, os aspectos relacionados à sustentabilidade ambiental.

Neste sentido, o planejamento e gestão urbanos integrados entre os pequenos municípios, associados aos planos diretores municipais, podem exercer essas funções de forma mais eficiente, além de permitir o desenvolvimento de projetos comunitários de infraestrutura urbana e oferecer condições adequadas para tratar a sustentabilidade ambiental transversalmente, em nível microrregional.

Dentre os projetos comunitários de infraestrutura urbana, no setor de saneamento básico, apresenta-se o *planejamento e gestão integrados de resíduos sólidos urbanos e tratamento mecânico-biológico*, como alternativa para se reduzir as “Pegadas Ecológicas” dos pequenos municípios com emissões de gases de aterros na disposição do lixo doméstico residual e contribuir para uma política microrregional de sustentabilidade ambiental, em alinhamento com os princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº 12.305/2010.

O interesse com a sustentabilidade ambiental nos pequenos municípios decorre, entre outras razões, da observação de que os esforços para se alcançar o desenvolvimento sustentável nas médias e grandes cidades não têm logrado resultados efetivos, a curto e médios prazos, compatíveis com as principais correntes do pensamento ambientalista internacional.

Se avaliarmos, por exemplo, o conteúdo do mais importante documento divulgado após a realização da ECO-92, no Rio de Janeiro, denominado “Agenda 21”, e os efeitos provocados no cotidiano das cidades brasileiras até a realização da conferência RIO+20, constataremos que persistem as desigualdades sociais nas médias e grandes cidades, com seus crônicos problemas de gestão do meio ambiente urbano que constituem a “Agenda Marrom” (BRASIL, 1999), assim como os problemas habitacionais que ainda desafiam os princípios e metas da “Agenda Habitat” (BRASIL, 2003).

Em que pesem as iniciativas pioneiras do governo brasileiro, a partir dos resultados da ECO-92, que orientou a publicação do documento “Cidades Sustentáveis – Subsídios para a elaboração da Agenda 21 Brasileira” (BRASIL, 2000), da aprovação da Lei nº 10.257/2001 – Estatuto da Cidade (BRASIL, 2001), da criação do Conselho das Cidades pelo Ministério das Cidades (BRASIL, 2004) e da posterior promulgação da Lei nº 11.445/2007, denominada Lei de Regulação do Setor de Saneamento Básico, seguida da Lei nº 12.305/2010, instituindo a Política Nacional de Resíduos Sólidos, entre outras providências, as condições de sustentabilidade ambiental das médias e grandes cidades não se modificaram, notadamente, como mostram suas áreas periurbanas, onde são evidentes precárias condições habitacionais resultantes da falta de infraestrutura urbana e saneamento básico, agravando continuamente os problemas de desequilíbrio ambiental e de preservação dos ecossistemas.

Reconhecendo, portanto, o contexto de grande complexidade às atividades de planejamento e gestão urbanos nas médias e grandes cidades, sob princípios de sustentabilidade ambiental, o trabalho vai ao encontro do complemento de seu tema – os pequenos municípios –, na visão de que nesta escala urbana, a partir de ações integradas e associadas, as variáveis de *planejamento* possam ser tratadas de forma mais favorável à composição de interesses, preservando-se a continuidade dos processos de *gestão* e de suas possibilidades em alcançar resultados positivos, sem frustrar as expectativas das comunidades e de seus respectivos atores sociais.

Do mesmo modo, da reflexão de questões habitacionais urbanas e de seus impactos ambientais que se sucedem, amiúde, surge a percepção de que muitos problemas que afetam as condições de sustentabilidade ambiental nas médias e grandes cidades, relacionados à migração e inchaço populacional, poderiam ser evitados caso houvesse melhores condições de sustentabilidade ambiental nos pequenos municípios, com investimentos em infraestrutura urbana.

Esta possibilidade se ampara no entendimento de que melhorias na dimensão ambiental resultariam em melhorias nas dimensões social e econômica da sustentabilidade, com a perspectiva de sustentabilidade ampliada e progressiva preconizado na “Agenda 21”, o que, teoricamente, elevaria os padrões de qualidade de vida da população urbana e poderia reter os crescentes movimentos migratórios dos pequenos municípios para as médias e grandes cidades.

Admitindo esta hipótese como verdadeira, não seria improvável que estes movimentos migratórios pudessem começar a ocorrer no sentido inverso, ao encontro dos pequenos municípios, previamente planejados de forma integrada na sua dimensão ambiental e físico-territorial, para um eventual crescimento em bases ecologicamente sustentáveis.

Há de se considerar ainda, que intrínsecas relações entre sustentabilidade ambiental e saneamento básico conferem ao *planejamento e gestão integrados de resíduos sólidos urbanos e TMB* um atendimento simultâneo, tanto a demandas diretas deste setor de infraestrutura urbana, em conformidade com a legislação pertinente, como a demandas por melhores condições de sustentabilidade ambiental: seja pela redução das emissões de gases de efeito estufa, como pela diminuição dos níveis de contaminação dos solos na disposição, ambientalmente adequada, do lixo doméstico residual.

Cabe aqui uma breve análise em aspectos da política do governo federal para o setor de saneamento básico, através da Lei nº 11.445/2007, ao recomendar aos municípios brasileiros a implantação de um plano municipal de saneamento básico que, de fato, se constitui em um importante alicerce para o *desenvolvimento sustentável* e principal suporte à infraestrutura urbana e saúde pública das cidades.

Remete-se à legislação que trata da Regulação do Setor de Saneamento Básico, reproduzindo parte do texto da cartilha de saneamento básico do “Instituto Trata Brasil” (2009), sobre a Lei nº 11.445/2007:

A Lei 11.445, promulgada em 5 de janeiro de 2007, foi denominada Lei de Regulação do Setor de Saneamento Básico. Ela é considerada o marco regulatório para o setor de saneamento no Brasil e contém os princípios da universalização do acesso, da integralidade e intersectorialidade das ações e da participação social.

A Lei define Saneamento Básico como o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas.

Estabelece também que os titulares dos serviços deverão formular a Política Pública de Saneamento Básico e elaborar os respectivos Planos Municipais e/ou Regionais de Saneamento Básico, principal instrumento para o planejamento e a gestão do saneamento básico em âmbito municipal.

Observa-se, no texto, que recai sobre os municípios a responsabilidade pela elaboração de planos municipais de saneamento básico, o que implica sua posterior implantação, compreendendo a aquisição e operacionalização de sistemas e equipamentos para coleta e tratamento de efluentes, bem como para o processamento de resíduos sólidos urbanos, entre outros, expondo as limitações destes municípios em atenderem, eficientemente, as demandas por estes serviços.

Não obstante a situação de grande dificuldade que a legislação impõe para as administrações municipais, a implantação de políticas públicas para este setor é de extrema relevância, conforme estatísticas sobre saneamento básico no Brasil.

Segundo indicadores da Cartilha de Saneamento Básico do Instituto Trata Brasil (2009), apenas 32% da população é atendida com coleta e tratamento de esgoto sanitário, 39% com aterro sanitário, 32,40% com aterros controlados, 28,20% com lixões e 21% com serviço de drenagem urbana.

O tratamento mecânico-biológico de resíduos sólidos urbanos sequer é mencionado na pesquisa, diante das poucas experiências reconhecidas com esta tecnologia no Brasil, destacando-se como referência o projeto-piloto implantado em São Sebastião-SP, pela Agência Alemã para Cooperação Técnica – GZT (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit), entre os anos de 1988 e 2003, e o projeto da estação de TMB em Novo Hamburgo (TU Braunschweig e GKE Consult), entre 2002 e 2007.

Posteriormente, com a promulgação da Lei nº 12.305/2010, instituindo a Política Nacional de Resíduos Sólidos e determinando a implantação do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PMGIRS –, com prazos limites para agosto de 2014, as dificuldades dos pequenos municípios aumentaram ainda mais, reforçando a alternativa pelo *planejamento e gestão integrados de resíduos sólidos urbanos e TMB* para atendimento da nova lei.

É válido notar aqui o distanciamento temporal existente entre a atual legislação brasileira de saneamento básico municipal e as iniciativas de países desenvolvidos no âmbito deste setor, em face de seus processos de urbanização (...) “passagem de uma forma diluída de população para uma concentração em centros urbanos” (DAVIS, Kingsley. *A urbanização da humanidade*, 1967), que já se observa nas cidades industriais do século XIX, motivando, por exemplo, a radical intervenção urbana de Paris, à época com cerca de dois milhões de habitantes, e precárias condições sanitárias, pelo polêmico Plano Haussmann.

Desde então, as preocupações higienistas no planejamento das cidades acompanharam a concepção da cidade moderna do início do século XX, aparecendo nas principais correntes do urbanismo modernista, “tanto progressistas, em Le Corbusier, como culturalistas, em Sitte e Ebenezer Howard” (MONTE-MÓR, 2004), sinalizando já naqueles tempos uma conscientização sobre a importância do saneamento básico no desenvolvimento urbano, vindo a se constituir em princípios universais de sustentabilidade ambiental.

A partir desta visão higienista, indispensável no planejamento das cidades com objetivos de assegurar condições de saúde pública, qualidade de vida e dignidade à população urbana, a alternativa por projetos comunitários integrados, no âmbito do setor de saneamento básico, apresenta-se como uma solução factível para o desenvolvimento sustentável dos pequenos municípios.

Por fim, importa destacar que, em razão das interfaces entre as ações de Planos Municipais de Gestão Integrados de Resíduos Sólidos, Planos Municipais de Saneamento Básico e Planos Diretores Municipais, são abordadas ao longo do trabalho, como referência teórico-conceitual, algumas modalidades de planejamento e gestão urbanos com destaque àquela de perspectiva autonomista nas relações com as comunidades, que oferece importantes subsídios ao *planejamento e gestão integrados de resíduos sólidos urbanos e tratamento mecânico-biológico* para a consecução de seus objetivos.

Da mesma forma, reitera-se que a estratégia da abordagem microrregional *para a sustentabilidade ambiental de pequenos municípios*, em essência, trata de questões comuns entre cidades vizinhas e mostra-se adequada em alguns estados brasileiros, como o de Minas Gerais, onde 80% de seus 853 municípios têm menos que 20 mil habitantes (IBGE, 2010), muitas das vezes agrupados em pequenas regiões que carecem de planejamento físico-territorial e de infraestrutura nas suas áreas urbanas e rurais.

A despeito dos incontestáveis avanços para o planejamento urbano e a gestão de cidades, o Estatuto da Cidade deixou algumas lacunas ao não abordar questões que, hoje, encontram-se no centro das atenções dos processos de urbanização das cidades brasileiras, principalmente no âmbito de processos regionais que extrapolam em muito os limites político-administrativos municipais. Além disso, o Estatuto deu ao Plano Diretor uma dimensão fundamental na articulação das ações de planejamento no âmbito do município, evidenciando seu caráter de controle urbanístico municipal, mas deixando em aberto como articulá-lo ao desenvolvimento regional em diversas dimensões. Portanto, aqui questionamos: “O que fazer, como gerir e tratar os problemas e questões que são comuns a mais de um município no âmbito da produção de Planos Diretores municipais?”

Existem processos sendo construídos, territorialidades e articulações entre agentes sociais configurando novas práticas no trato de problemas de interesse comum a mais de um município. Alguns dos aglomerados que se formaram ou regiões metropolitanas criadas posteriormente à Constituição de 1988 apresentam arranjos de gestão compartilhada intermunicipal envolvendo parcerias entre o setor público e o setor privado e recortes geográficos flexíveis. A escala das novas territorialidades abrange as aglomerações, regiões metropolitanas e as “regiões ambientais” delimitadas pelas ações que envolvem a gestão de recursos naturais.

Os processos de discussão de planos diretores municipais podem ser uma excelente oportunidade de municípios que enfrentam problemas comuns discutirem e fazerem acordos em torno de questões setoriais e temáticas mais amplas que se relacionam ao desenvolvimento regional. Pode ser até mesmo uma forma de avançarmos na construção de novas metodologias para o tema do planejamento espacial metropolitano ou regional (BRASIL, 2004).

1.2

Contextualização

1.2.1

O desenvolvimento sustentável

A qualidade de vida e a dignidade da pessoa humana têm sido temas em destaque nos principais fóruns internacionais que tratam da questão urbana mundial, tal como dos inerentes conflitos e contradições que permeiam as relações entre o crescimento das cidades, o direito do cidadão, a sustentabilidade e a preservação ambiental.

Com a realização da histórica Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente, em Estocolmo (1972), conhecida como Declaração de Estocolmo, os países participantes manifestaram-se, conjuntamente, pela primeira vez, sobre a necessidade de medidas restritivas ao desenvolvimento industrial das cidades visando à proteção de seus socioecossistemas urbanos e rurais.

No âmbito desse processo, a expressão “meio ambiente humano”, dali derivada, passou a ser incorporada aos preceitos e fundamentos do Direito Ambiental Brasileiro, respaldando todas as demais iniciativas à elaboração de uma legislação pertinente.

Posteriormente, os debates abordando questões ambientais pela ONU, a partir de 1980, resultariam na publicação denominada “Nosso Futuro Comum”, em 1987, pela Comissão Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento – Comissão Brundtland, cunhando o termo *desenvolvimento sustentável*, como aquele que “atende às necessidades da geração presente sem comprometer as possibilidades de gerações futuras em atenderem suas próprias necessidades”.

Estariam assim pavimentadas as bases para a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento – CNUMAD –, realizada no Rio de Janeiro, em 1992, conhecida como ECO-92, tendo como principal resultado a aprovação do documento universal denominado “Agenda 21”, definindo princípios e fixando diretrizes destinadas ao combate das desigualdades sociais, à preservação do meio ambiente e, principalmente, ao desenvolvimento sustentável das cidades.

A demonstração de mobilização do governo e da sociedade civil brasileira é traduzida pela realização de variados encontros e seminários nos anos seguintes, com a participação de instituições estaduais e federais, públicas, privadas e acadêmicas, resultando na divulgação oficial pelo Ministério das Cidades do documento “Cidades Sustentáveis – Subsídios para elaboração da Agenda 21 Brasileira” (BRASIL, 2000), onde o país se manifesta formal e conscientemente, reafirmando seus propósitos de engajamento em ações para a sustentabilidade ambiental, social e econômica das cidades.

Destacam-se, igualmente, as iniciativas do Instituto de Administração Municipal – IBAM – e Caixa Econômica Federal, com a tradução para o idioma português do documento Agenda Habitat (BRASIL, 2003), assim como do Ministério das Cidades com a criação do Conselho das Cidades (BRASIL, 2004), ambas dando suporte adicional a ações de conscientização e apoio às municipalidades, na implementação de políticas públicas direcionadas a assentamentos humanos com a população de baixa renda, a fim de prover seu acesso à habitação digna com infraestrutura urbana e saneamento básico, para superação de desigualdades sociais e erradicação da pobreza.

Concluindo este cenário, foi realizada em 2012 no Rio de Janeiro a conferência RIO+20, após 20 anos da ECO-92, onde, mesmo com algumas frustrações de expectativas por resultados mais efetivos, os países participantes reafirmam seus compromissos em continuar buscando meios para a redução de suas atuais “Pegadas Ecológicas” e assim viabilizar a fixação de metas reais e factíveis para atendimento aos princípios do desenvolvimento sustentável.

Neste breve resumo, destacam-se alguns dos principais marcos e eventos das últimas décadas do século XX, quando se desenvolvem as primeiras ações que demonstram as preocupações e providências das Nações Unidas diante do acelerado ritmo de crescimento industrial das cidades e os impactos ambientais decorrentes, sinalizando a necessidade de mobilização da comunidade internacional e dos governos em implementarem políticas para conciliar a inexorável tendência de modernização e desenvolvimento urbano com a sustentabilidade ambiental.

O Estatuto da Cidade, instituído através da Lei Federal nº 10.257/2001, é um importante instrumento de política urbana que pode promover o

desenvolvimento sustentável, em que pesem os esforços necessários para sua implementação frente à dinâmica contrária de forças sociais e econômicas existente nas cidades.

Todavia, com o apoio institucional de instâncias regionais de preservação e proteção do meio ambiente, amparadas pela atual legislação ambiental brasileira e por intermédio de programas comunitários integrados entre pequenos municípios, a aplicabilidade do Estatuto da Cidade passa a contar com uma maior aliança de forças de participação popular para as atividades de planejamento e gestão urbanos, sob princípios de sustentabilidade ambiental.

1.2.2

O Estatuto da Cidade

A Lei Federal nº 10.257/2001, regulamentando os artigos 182 e 183 da CF e com o objetivo de fixar diretrizes para a política urbana nacional, estabelece em seu artigo 41, incisos I e V, a obrigatoriedade de implantação de plano diretor municipal em cidades com mais de 20 mil habitantes ou aquelas inseridas em áreas metropolitanas de influência de empreendimentos com impacto ambiental de âmbito regional, de áreas de especial interesse turístico e onde o município pretenda utilizar os instrumentos do § 4º do artigo 182 da CF (Desapropriações, Imposto progressivo e Parcelamento e edificação compulsórios).

Esta lei, denominada “Estatuto da Cidade”, cria normas de ordem pública que regulam o uso da propriedade urbana visando às funções sociais da cidade na ocupação de seu território.

De acordo com seu artigo 2º, são apresentadas as seguintes diretrizes gerais para a ordenação do seu desenvolvimento social e econômico:

I – Garantia do direito a cidades sustentáveis, entendido como direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infraestrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, para as presentes e futuras gerações.

II – Gestão democrática por meio da participação da população e de associações representativas dos vários segmentos da comunidade na formulação, execução e acompanhamento de planos, programas e projetos de desenvolvimento urbano.

III – Cooperação entre os governos, a iniciativa privada e os demais setores da sociedade no processo de urbanização, em atendimento ao interesse social.

IV – Planejamento do desenvolvimento das cidades, da distribuição espacial da população e das atividades econômicas do Município e do território sob sua área de influência, de modo a evitar e corrigir as distorções do crescimento urbano e seus efeitos negativos sobre o meio ambiente.

V – Oferta de equipamentos urbanos e comunitários, transporte e serviços públicos adequados aos interesses e necessidades da população e às características locais.

VI – Ordenação e controle do uso do solo, de forma a evitar:

- a) a utilização inadequada dos imóveis urbanos;*
- b) a proximidade de usos incompatíveis ou inconvenientes;*
- c) o parcelamento do solo, a edificação ou o uso excessivos ou inadequados em relação à infraestrutura urbana;*
- d) a instalação de empreendimentos ou atividades que possam funcionar como polos geradores de tráfego, sem a previsão da infraestrutura correspondente;*
- e) a retenção especulativa de imóvel urbano, que resulte na sua subutilização ou não utilização;*
- f) a deterioração das áreas urbanizadas;*
- g) a poluição e a degradação ambiental.*

VII – Integração e complementaridade entre as atividades urbanas e rurais, tendo em vista o desenvolvimento sócio econômico do Município e do território sob sua área de influência.

VIII – Adoção de padrões de produção e consumo de bens e serviços e de expansão urbana compatíveis com os limites da sustentabilidade ambiental, social e econômica do Município e do território sob sua área de influência.

IX – Justa distribuição dos benefícios e ônus dos processos de urbanização.

X – Adequação dos instrumentos de política econômica, tributária e financeira e dos gastos públicos aos objetivos do desenvolvimento urbano, de modo a privilegiar os investimentos geradores de bem-estar geral e a fruição dos bens pelos diferentes segmentos sociais.

XI – Recuperação dos investimentos do Poder Público de que tenha resultado a valorização de imóveis urbanos.

XII – Proteção, preservação e recuperação do meio ambiente natural e construído, do patrimônio cultural, histórico, artístico, paisagístico e arqueológico.

XIII – Audiência do Poder Público municipal e da população interessada nos processos de implantação de empreendimentos ou atividades com efeitos potencialmente negativos sobre o meio ambiente natural ou construído, o conforto ou a segurança da população.

XIV – Regularização fundiária e urbanização de áreas ocupadas por população de baixa renda mediante o estabelecimento de normas especiais de urbanização, uso e ocupação do solo e edificação, consideradas a situação sócio econômica da população e as normas ambientais.

XV – Simplificação da legislação de parcelamento, uso e ocupação do solo e das normas edilícias, com vistas a permitir a redução dos custos e o aumento da oferta dos lotes e unidades habitacionais.

XVI – Isonomia de condições para os agentes públicos e privados na promoção de empreendimentos e atividades relativos ao processo de urbanização, atendido o interesse social.

Depreende-se que, pela sua abrangência, a implementação destas diretrizes demanda um trabalho de grande complexidade, envolvendo as instituições públicas para atuarem em diferentes níveis de interesses e/ou conflitos de natureza social, econômica e cultural, associados a aspectos técnicos e operacionais que atuam nesses processos.

No âmbito do Ministério Público do Estado de Minas Gerais, esse apoio institucional pode contar com as Coordenadorias (Geral e Regionais) de Promotorias de Meio Ambiente, Coordenadoria Estadual de Defesa do Patrimônio Cultural e Turístico e Coordenadoria Estadual das Promotorias de Justiça de Habitação e Urbanismo, constituindo o Centro de Apoio Operacional das Promotorias de Justiça – CAOMA.

Assim, estão definidos três aspectos do conceito jurídico de meio ambiente no estado de Minas Gerais, sob os quais deve se “orientar” e, principalmente, se “submeter” o plano diretor municipal participativo, além, evidentemente, das diretrizes gerais do Estatuto da Cidade.

Cabe aqui uma observação à Lei do Estatuto da Cidade, pois a não obrigatoriedade de implantação de um plano diretor municipal, em municípios com populações abaixo dos limites legais ali estabelecidos, pode dissimular os pequenos municípios de interesse na organização socioespacial de seus territórios, privando-os, sobretudo, da oportunidade de compreensão desse importante processo através da relação formal com as atividades de planejamento e gestão e, conseqüentemente, com os princípios do desenvolvimento sustentável.

1.3

Objetivos

1.3.1

Objetivo geral

Este trabalho é orientado aos pequenos municípios do sul do estado de Minas Gerais, particularmente àqueles carentes de recursos financeiros, técnicos e humanos, com baixos níveis populacionais e que se ressentem da falta de planejamento físico-territorial e de investimentos em infraestrutura urbana, saneamento básico e preservação ambiental.

Tem por objetivo geral propor o planejamento e gestão urbanos integrados, no âmbito do setor de saneamento básico, visando à sustentabilidade ambiental de pequenos municípios localizados num mesmo contexto geográfico com proximidade física de seus núcleos urbanos e conexões entre suas múltiplas funções socioespaciais e econômicas, alinhando-se, outrossim, às Diretrizes Nacionais de Saneamento Básico e à Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Essas características de localização são observadas em diversas regiões de alguns estados brasileiros e mostram, pela origem e crescimento desses pequenos municípios, uma relação de interdependência que transpõe os limites territoriais de suas fronteiras, integrando naturalmente seus ecossistemas municipais.

Destarte, as funções dessa modalidade de planejamento e gestão urbanos permitem ampliar as leituras técnicas de seus diagnósticos com maior alcance territorial, em benefício da sustentabilidade ambiental e, igualmente, compartilhar custos com a implantação de projetos comunitários de infraestrutura urbana e saneamento básico municipal.

Importa-se ainda em demonstrar, em linhas gerais, aspectos das atividades de planejamento e gestão urbanos de que podem se valer os pequenos municípios, por meio de experiências com o associativismo, conselhos de desenvolvimento urbano e orçamentos participativos, entre outras ferramentas democráticas e eficientes para a superação das naturais dificuldades de mobilização de recursos, no âmbito das administrações públicas municipais.

1.3.2

Objetivo específico

O trabalho tem por objetivo específico a pesquisa e avaliação de indicadores de sustentabilidade ambiental de um grupo de pequenos municípios a partir de seu *planejamento e gestão integrados de resíduos sólidos urbanos e tratamento mecânico-biológico*, para demonstrar a hipótese de redução de suas “Pegadas Ecológicas” com a emissão de gases de aterros, ou CO₂ equivalente, na destinação e disposição, ambientalmente adequadas, do lixo doméstico residual.

Com esse propósito, será realizado um levantamento para a formulação de dados e análise comparativa sobre indicadores de sustentabilidade ambiental dos pequenos municípios, relacionados à coleta, transporte e disposição do seu lixo doméstico residual.

Os dados destinam-se ao cálculo das “Pegadas Ecológicas” em duas alternativas distintas; na primeira alternativa, ou alternativa 1, são calculadas as emissões de CO₂ equivalente, resultantes da disposição do lixo doméstico residual em Lixões e a área em hectares de biomassa para sequestro dessas emissões; na segunda alternativa, ou alternativa 2, são calculadas as emissões de CO₂ equivalente, do lixo doméstico residual após seu processamento na estação comunitária de tratamento mecânico-biológico e disposição em aterro sanitário e, novamente, calculada a área em hectares de biomassa para sequestro das emissões de CO₂ equivalente.

Após esses cálculos proceder-se-á a análise comparativa entre os valores encontrados pelos indicadores de sustentabilidade resultantes dos dois processos analisados, nas alternativas 1 e 2, verificando-se os níveis reais de redução nas emissões de CO₂ equivalente.

A síntese dos resultados e as respectivas indicações da análise comparativa, além de permitirem a verificação da hipótese do trabalho, têm o objetivo complementar de subsidiar os pequenos municípios, seus agentes públicos e privados, na tomada de decisões para a universalização dos serviços de saneamento básico municipal e disseminação de uma política microrregional de sustentabilidade ambiental.

1.4

Justificativas

As principais questões que justificam a proposta do trabalho convergem para o reconhecimento da existência de um baixo nível de conscientização com a problemática da geração, destinação e disposição de resíduos sólidos urbanos, por parte das administrações públicas municipais dos pequenos municípios e de sua população, em geral, agravada pela dificuldade de obtenção de recursos econômico-financeiros, técnicos e humanos, que impedem o desenvolvimento socioespacial de seus territórios, sob princípios de sustentabilidade ambiental.

Esta situação pode ser constatada pela notável ausência de sistemas de infraestrutura urbana, particularmente, com o saneamento básico municipal, na maioria dos pequenos municípios brasileiros.

Neste sentido, o *planejamento e gestão integrados de resíduos sólidos urbanos e tratamento mecânico-biológico* podem assegurar o acesso a linhas de crédito para o financiamento de seus projetos, de forma comunitária.

Conforme a Lei nº 12.305, Seção IV – Dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, artigo 18, § 1º, “*Serão priorizados no acesso aos recursos da União referidos no caput os municípios que*”:

I – Optarem por soluções consorciadas intermunicipais para a gestão dos resíduos sólidos, incluída a elaboração e implementação de plano intermunicipal, ou que se inserirem de forma voluntária nos planos microrregionais de resíduos sólidos (...).

II – Implantarem a coleta seletiva com a participação de cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis (...).

Há de se considerar a importância no desenvolvimento de ações para o setor de saneamento básico municipal, particularmente, na gestão de resíduos sólidos urbanos, sob a visão de que este serviço público essencial é um marco a ser alcançado nas demandas dos pequenos municípios com infraestrutura urbana, mas que ainda se constitui em um crônico problema das cidades brasileiras com impactos à sustentabilidade ambiental, sejam nas emissões atmosféricas de CO₂, sejam nas contaminações de solos e lençóis freáticos.

Destacam-se, da mesma maneira, as funções do setor de saneamento básico e suas interfaces com a sustentabilidade, relacionadas à sua *dimensão econômica e social*, no âmbito da saúde pública dessas comunidades, uma vez que a disposição do lixo doméstico residual em lixões ou em aterros sem controle técnico cria o habitat propício para o crescimento e proliferação de vetores causadores de várias endemias no ambiente urbano e rural, afetando as condições de qualidade de vida da população de baixa renda, bem como de seus índices de desenvolvimento humano.

Outro aspecto relevante e que se aplica à *dimensão ambiental* refere-se às funções do planejamento e gestão integrados e de sua abordagem sistêmica, que, uma vez ampliadas a outros níveis da administração municipal, permitem tratar a sustentabilidade transversalmente, trazendo maiores benefícios aos grupos de pequenos municípios através da análise, controle e monitoramento de bacias hidrográficas, de reservas florestais e de biomas locais, integrando-os por meio de corredores ecológicos para a preservação da biodiversidade de toda microrregião.

Ademais, os benefícios poderão advir com o trabalho de educação ambiental dessas comunidades, disseminando-se o conceito de sustentabilidade ambiental a partir do saneamento básico municipal e demonstrando que reside na dimensão urbano-rural de seus socioecossistemas a responsabilidade pela proteção, preservação e uso racionalizado de seus recursos naturais.

Adicionalmente, o trabalho contribui com a divulgação de uma nova ferramenta aplicável na elaboração de planos diretores municipais, com a inclusão da variável sustentabilidade ambiental (COELHO-DE-SOUZA, 2009) o que resulta em valor agregado às atividades de planejamento e gestão urbanos.

Por fim, ao se dedicar ao setor de saneamento básico dos pequenos municípios e colaborar de forma comunitária e integrada com objetivos sustentáveis de: i) racionalização no uso da água captada de mananciais para tratamento e consumo; ii) coleta e encaminhamento de seus efluentes para tratamento adequado antes de seu retorno aos mesmos mananciais; iii) drenagem das águas pluviais no seu percurso pelas áreas urbanas pavimentadas; e iv) processamento e tratamento mecânico-biológico de resíduos sólidos urbanos, com seu possível aproveitamento energético e/ou disposição, o trabalho terá, enfim, percorrido um grande caminho em busca da sustentabilidade ambiental.

Na prática, o saneamento básico municipal constitui-se de serviços de infraestrutura urbana, tecnologicamente disponíveis, que podem significar a grande e necessária mudança nos padrões de sustentabilidade ambiental encontrados nas cidades brasileiras, particularmente, naquelas que são sedes de pequenos municípios, demarcando o ponto de inflexão na crescente curva de poluição ambiental antropogênica e estabelecendo um novo paradigma para as condições de vida das populações urbanas e rurais dessas cidades.

A História tem demonstrado que a fixação do homem, em qualquer região, tem sido uma função das disponibilidades, quantitativas e qualitativas, das fontes de energia necessárias à sua subsistência.

Estas fontes de energia existem sob diversas modalidades, as principais sendo: luz solar, ar, água e alimento.

(...) A energia em forma de água e de alimento, no entanto, tem-se mostrado como principal condição imposta pelo Homem para sua permanência nas mais inóspitas regiões do globo. Destas duas, a água tem sido o primeiro fator na fixação do Homem e formação de novas comunidades.

(...) O Homem, no entanto, é, até certo ponto, um esbanjador; sua eficiência ao consumir a energia não é total, e em consequência resultam desta utilização diversos tipos de resíduos, entre os quais predominam: esgoto, lixo e partículas na atmosfera.

O instinto e a necessidade que levam o Homem a se fixar próximo às fontes de energia e muitas vezes transportá-las de longas distâncias, não lhe figuram igualmente importantes no momento de medir a necessidade de afastar ou condicionar os resíduos refugados pelo organismo e pela própria comunidade. Historicamente verifica-se um comodismo natural que possibilita um contato íntimo, embora indesejável, entre as fontes de energia e os resíduos humanos, decorrendo, em consequência, um consumo de fontes de energia cada vez mais impuras, a ponto de se tornarem num grau extremo, inadequadas à vida.

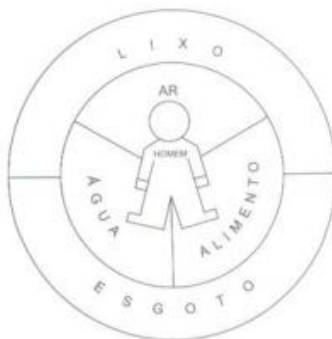


Figura 1: Energia. Homem. Resíduos

Fonte: JORDÃO e PESSOA (2009).

Neste trecho, retirado do livro *Tratamento de esgotos domésticos* dos autores Eduardo Pacheco Leão e Constantino Arruda Pessôa, configura-se a resignação e o descaso do ser humano com esta “energia rejeitada”, na forma de resíduos e dejetos lançados *in natura* no meio ambiente, fenômeno que se sobressai com frequência nas áreas periurbanas de médias e grandes cidades, principalmente e de uma forma geral nos pequenos municípios.

A ausência de campanhas de conscientização sobre educação ambiental e o comportamento da população destes pequenos municípios, influenciado por atributos próprios e inerentes da cultura das pequenas comunidades com predominância de aspectos da vida rural, acabam por inibir iniciativas sustentáveis, contribuindo para a sistematização de procedimentos inadequados ao meio ambiente no trato de questões relacionadas ao saneamento básico municipal.

Paradoxalmente, será a partir de intervenções urbanas nos pequenos municípios que se apresentarão as maiores possibilidades de “inversão” de uma situação crônica na realidade das cidades brasileiras com demandas por saneamento básico e, conseqüentemente, por sustentabilidade ambiental.

As atuais condições políticas amparadas por ampla legislação ambiental fornecem meios adequados ao poder público municipal na criação de mecanismos para apoio institucional, no desenvolvimento de ações locais que promovam efeitos a curto e médio prazos, ao encontro das necessidades das comunidades.

Junte-se a isso as características socioeconômicas e físico-territoriais dos pequenos municípios que favorecem a implantação de planos diretores, planos de saneamento básico e planos de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos, principalmente, se os mesmos se valerem do planejamento e gestão urbanos integrados, a partir do seu associativismo, que poderá lhes assegurar soluções comunitárias com respaldo técnico e financeiro adequados para seus objetivos.

Ainda que a dimensão dos problemas de poluição ambiental provocados por pequenos municípios possa ser relativizada, seja com a disposição de lixo orgânico a céu aberto ou com o lançamento de esgotos sanitários *in natura* nos mananciais, estas práticas comuns reproduzem uma cultura equivocada que perpetua a visão egocêntrica do homem em relação ao seu meio ambiente, dissociando-o da sua desejável simbiose com a natureza.

Distanciam-se, radicalmente, das correntes do pensamento ambientalista da comunidade internacional que se ocupam com a pesquisa sobre a qualidade de vida nas cidades e procuram, mediante equilíbrio dos ecossistemas urbanos, pavimentar as bases para o desenvolvimento sustentável.

(...) a humanidade ainda vem experimentando uma grave perda de qualidade de vida e testemunhando alterações ambientais globais incontestáveis, cujos impactos gerais são difíceis de prever. Essa perda de qualidade de vida tem sido mais nitidamente identificada nas cidades, o centro de expressão da espécie humana, e justamente o ambiente menos pesquisado, do ponto de vista das alterações ambientais globais e, conseqüentemente, menos compreendido.

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

(...) o MaB foi o primeiro empreendimento internacional que considerou as cidades – o lugar onde vive e trabalha maior parte da população mundial – como sistemas ecológicos (DIAS, 2002).

Evidentemente, o alcance da problemática da sustentabilidade ambiental nos ecossistemas urbanos, associada ao saneamento básico municipal, não deve ser vista de forma comum entre pequenas, médias e grandes cidades.

Em países desenvolvidos ou em desenvolvimento, com reconhecida qualidade em serviços públicos municipais, as questões de sustentabilidade ambiental são tratadas em diferentes níveis, em face de suas “Pegadas Ecológicas”, que resultam, entre outros fatores, de seu metabolismo com o alto consumo de energias transformadas, queima excessiva de combustíveis fósseis e falta de controle no ciclo de vida dos produtos industrializados.

São problemas presentes também em cidades brasileiras, cuja cultura ocidental com hábitos de consumo exacerbado resultam na produção excessiva de toneladas de lixo sem destinação e disposição, ambientalmente adequadas, que promovem o recrudescimento da problemática ambiental por deficiências no *planejamento e gestão integrados de resíduos sólidos urbanos*.

Nos pequenos municípios, os fatores que mais impactos produzem à sustentabilidade ambiental resultam, basicamente, de deficiências no setor de saneamento básico municipal, em que pese a produção de lixo doméstico residual se dar em menor escala, proporcionalmente.

Segundo dados da Confederação Nacional da Indústria, “no Brasil, cerca de 8,5 milhões de domicílios não têm rede geral de abastecimento de água. Outros 26 milhões não dispõem de rede coletora de esgoto sanitário e 75% de todo esgoto sanitário coletado nas cidades são despejados *in natura* nos cursos d’água”.

A situação geral do setor de saneamento do Brasil não é satisfatória sequer para o abastecimento de água, serviço que se encontra mais bem posicionado em termos de cobertura da população urbana (95,2%), uma vez que existem importantes disparidades geográficas e irregularidades no fornecimento que colocam em risco a qualidade das águas distribuídas. A realidade do serviço de esgoto é, porém, dramática. Pouco mais de metade da população brasileira urbana dispõe de coleta de esgoto no domicílio e apenas 37,9% dos esgotos gerados são tratados (BRASÍLIA, 2011).

Quadro 1: Diagnóstico do Setor de Saneamento

	Item	Status atual*
Situação dos serviços	Abastecimento de água	Razoável
	Coleta de esgotos	Ruim
	Tratamento de esgotos	Péssimo
	Lixo	Ruim
	Drenagem	Péssimo
Marco regulatório e quadro legal	Titularidade: indefinição constitucional	Péssimo
	Marco regulatório: Lei no 11.445/2007	Bom
	Leis sobre participação privada: Lei das concessões (8.987/95) e Lei das PPP (11.079/04)	Bom
	Aplicação e promoção das PPPs e concessões	Bom
	Lei sobre cooperação público-pública: lei dos consórcios (11.107/05)	Bom
	Aplicação da regulamentação dos contratos de programa/consórcios	Ruim
Quadro regulatório	Princípios de regulação	Bom
	Situação das entidades reguladoras	Ruim
Planejamento	Princípios de planejamento e planos municipais de saneamento	Bom
	Situação dos planos municipais de saneamento	Ruim
Financiamento dos investimentos	Disponibilidade de recursos	Bom
	Modelos de financiamento	Ruim
	Financiamento de mercado	Ruim

Fonte: Agentes do Setor

* Foram consideradas estas classificações: Péssimo< Ruim< Razoável< Bom < Ótimo

Conclui-se, enfim, que nessas condições de qualidade na oferta de serviços públicos, a sustentabilidade ambiental torna-se uma meta difícil, demandando, prioritariamente, investimentos no setor de saneamento básico que possibilite à administração pública desses pequenos municípios, uma real oportunidade de prover seu desenvolvimento sustentável.

1.5

Considerações Finais

Neste trabalho estão associadas condições de *planejamento e gestão integrados de resíduos sólidos urbanos e tratamento mecânico-biológico* para a formulação da sua hipótese: *redução das “Pegadas Ecológicas” dos pequenos municípios com a emissão de gases de aterros na disposição de lixo doméstico residual*, o que estabelece, em princípio, uma limitação à sua proposta.

Com certeza, a hipótese como está formulada permite levantar de imediato a seguinte questão: afinal, fora das condições de *planejamento e gestão integrados de resíduos sólidos urbanos* e utilizando-se as mesmas técnicas de *tratamento mecânico-biológico* não se reduziriam as “Pegadas Ecológicas” dos pequenos municípios com emissão de gases de aterro na disposição do lixo orgânico?

Evidentemente, não se pode rejeitar a hipótese derivada. Tampouco se pretende demonstrar aqui, metodológica e cientificamente, a necessidade de condições para os objetivos do trabalho; não há este propósito.

Todavia, o trabalho se apoia na clara compreensão de que não há como prescindir do *planejamento e gestão integrados de resíduos sólidos urbanos* entre pequenos municípios, para o tratamento mecânico-biológico de seus resíduos.

Isto porque, a complexidade e os custos operacionais do tratamento mecânico-biológico de resíduos sólidos urbanos exigem que sua aplicação se dê em uma escala maior, em face dos processos de redução, separação, tratamento mecânico-biológico, produção de compostos, incineração e/ou disposição com tratamento da água lixiviada dos aterros sanitários, o que acaba por se constituir em um projeto inviável para um pequeno município, isoladamente.

Há de se considerar, igualmente, o volume de lixo doméstico residual produzido por um pequeno município que justifique o investimento na construção de uma estação de tratamento mecânico-biológico, em que pese a importância que isto venha a representar à sustentabilidade ambiental.

Consoante dados estatísticos, a produção de resíduos sólidos urbanos com o metabolismo das cidades brasileiras varia entre “0,4 e 0,5 kg/h/dia, para municípios com até 49.999 habitantes, e de 1,2 a 1,3 kg/h/dia, para grandes cidades com mais de 500.000 habitantes” (FRICK *et al.*, 2007).

Como os pequenos municípios pesquisados têm uma população média de 15.000 habitantes, isoladamente, produziriam algo em torno de 7,5 toneladas de lixo doméstico residual por dia, um volume relativamente pequeno para operacionalizar uma estação de TMB; o que explica não ter sido encontrado na literatura pertinentes experiências semelhantes no Brasil neste sentido.

Assim, as condições estabelecidas, a priori, de *planejamento e gestão integrados de resíduos sólidos urbanos e tratamento mecânico-biológico*, na verdade, importam, necessariamente, para viabilizar uma conjunção de fatores essenciais à formulação da hipótese do trabalho.

Cabe lembrar que estas condições estão associadas a um objetivo geral: “Propor o planejamento e gestão integrados, no âmbito do setor de saneamento básico municipal, visando à sustentabilidade ambiental de grupos de pequenos municípios situados em um mesmo contexto geográfico, com proximidade física de seus núcleos urbanos e conexões entre suas múltiplas funções socioespaciais e econômicas.”

Logo, essas condições devem ser tomadas como “premissas” ao trabalho de pesquisa para a demonstração da hipótese formulada.

Concluindo e reiterando o que foi observado acima, a atividade de planejamento e gestão integrada de resíduos sólidos urbanos pressupõe a necessidade de ações intermunicipais coordenadas e direcionadas à coleta seletiva e ao transporte do lixo doméstico residual, ainda no ambiente urbano, para seu posterior encaminhamento à estação comunitária de tratamento mecânico-biológico e disposição em aterro sanitário.

Como se trata de um atendimento microrregional entre os pequenos municípios, o planejamento e gestão integrados exercem funções essenciais para o trabalho cooperativado e comunitário de organização físico-espacial, no setor de saneamento básico municipal, *intraurbano* e *interurbano*, promovendo os objetivos de desenvolvimento microrregional com sustentabilidade ambiental.

O planejamento regional trata da relação entre as cidades, com suas mútuas relações de dependência, e também da relação entre as cidades e as áreas rurais que as circundam e sustentam. O planejamento regional contribui para a eficácia dos planos urbanos, pois muitas vezes, os problemas enfrentados por uma cidade têm sua origem fora dela. (SIEBERT, Claudia. *Revista Tecnocientífica*, Blumenau: FURB, v. 8, nº 32, 2000).

PLANEJAMENTO E GESTÃO URBANOS INTEGRADOS

2.1

Planejamento e Gestão Integrados de Resíduos Sólidos Urbanos e Tratamento Mecânico-Biológico

Para apresentar em detalhes a proposta de *planejamento e gestão integrados de resíduos sólidos urbanos e tratamento mecânico-biológico*, remete-se, a princípio, ao objetivo geral do trabalho no intuito de abordar alguns fundamentos jurídicos em que ele se apoia e demonstrar sua relevância para a adequação das funções da administração pública municipal à legislação federal pertinente e, conseqüentemente, oferecer melhores condições de sustentabilidade ambiental aos pequenos municípios.

Como já foi dito, a promulgação das seguintes leis federais, associadas e relacionadas ao saneamento básico municipal, passaram a exercer demandas incompatíveis com a capacidade política de mobilização das administrações públicas dos pequenos municípios para seu efetivo atendimento: as Diretrizes Nacionais de Saneamento Básico – Lei de Regulação do Setor de Saneamento Básico, Lei nº 11.445/2007, e a atual Política Nacional de Resíduos Sólidos – Lei nº 12.305/2010, ambas dos diplomas legais que se fixaram como marco regulatório no setor de infraestrutura urbana e saneamento básico municipal.

Em razão dessas demandas, principalmente da Lei nº 12.305/2010, a proposta do trabalho identifica-se como uma alternativa para prover suporte aos pequenos municípios, no âmbito do setor de saneamento básico, visando à proteção e à preservação de seus ecossistemas urbano-rural, sob a visão da *responsabilidade objetiva* e da *tutela ambiental*, que recaem sobre essas municipalidades, em observância aos *Princípios de Precaução e Prevenção* previstos no *Direito Ambiental Brasileiro*.

E, subseqüentemente, viabilizar seu objetivo específico de redução das “Pegadas Ecológicas” dos pequenos municípios, com a emissão de gases de aterros ou CO₂ equivalente, na disposição de lixo doméstico residual.

Em seus propósitos direcionados à sustentabilidade ambiental, o trabalho recorre aos *Princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos*, particularmente ao *Princípio da Sustentabilidade* e ao *Princípio da Responsabilidade Compartilhada*, que norteiam esta *Política* e estabelecem a *responsabilização solidária* de danos ambientais, entre o poder público, o setor empresarial e a coletividade, pelo ciclo de vida dos produtos e seu sistema de logística reversa.

Conforme dispõe o art. 30, parágrafo único, inciso I a VI, da Lei nº 12.305/10, os objetivos da responsabilidade compartilhada consistem em compatibilizar interesses entre os agentes econômicos e sociais e os processos de gestão empresarial e mercadológico com os de gestão ambiental desenvolvendo estratégias sustentáveis; promover o aproveitamento de resíduos sólidos, direcionando-os para a sua cadeia produtiva ou para outras cadeias produtivas; reduzir a geração de resíduos sólidos, o desperdício de materiais, a poluição e os danos ambientais; incentivar a utilização de insumos de menor agressividade ao meio ambiente e de maior sustentabilidade; estimular o desenvolvimento de mercado, a produção e o consumo de produtos derivados de materiais reciclados e recicláveis; propiciar que as atividades produtivas alcancem eficiência e sustentabilidade e; incentivar as boas práticas de responsabilidade socioambiental (BRASIL, 2010 *apud* SINNOTT, 2012).

Na composição deste cenário, no qual se desenham perspectivas com novos horizontes e desafios às administrações municipais e dentro de um contexto de crescente conscientização com a problemática ambiental sinalizando um irreversível movimento de consolidação das políticas públicas para o setor de saneamento básico, há que se presumir, igualmente e em contra partida, a inovação nas atividades de planejamento e gestão, quebrando-se paradigmas que ao longo dos anos promovem a degradação e a poluição ambiental e perpetuam práticas de progressivo esgotamento de recursos naturais não renováveis.

Em resposta à questão, *o planejamento e gestão integrados de resíduos sólidos urbanos e tratamento mecânico-biológico para a sustentabilidade ambiental de pequenos municípios* representam uma alternativa inovadora de planejamento e gestão urbanos integrados, sobretudo, por se ampararem no *Princípio da Política Nacional de Resíduos Sólidos*.

Na sua concepção, o planejamento e gestão integrados têm como ideia-força central a integração microrregional das atividades associadas a resíduos sólidos urbanos provenientes dos pequenos municípios regionalizados, para seu processamento e aproveitamento energético e/ou produção de compostos orgânicos numa estação comunitária de tratamento mecânico-biológico.

A implantação do projeto prevê a ocupação física de uma área rural situada, geograficamente, entre os pequenos municípios, em relativa equidistância de suas sedes urbanas, com a finalidade de construção da estação comunitária de tratamento mecânico-biológico e de um aterro sanitário, para “*destinação e disposição ambientalmente adequada*” dos rejeitos provenientes.

Esta condição de equidistância entre a área identificada e os respectivos centros urbanos dos municípios, bem como suas características de localização e agrupamento em uma mesma microrregião são estrategicamente importantes para viabilizar o manejo dos resíduos sólidos urbanos.

Da mesma forma, são importantes as atividades de planejamento e gestão integrados relacionadas com o recolhimento e destinação final dos resíduos sólidos urbanos para permitir a programação, execução e controle na logística de coleta e transporte comum desse lixo doméstico residual.

Esses processos devem ser eficientemente monitorados, em face das distâncias a serem percorridas e seus raios de atuação no atendimento, com objetivos de racionalização no consumo de combustíveis fósseis para transporte desses resíduos até a destinação e disposição final, ambientalmente adequada, consoante estabelecem os incisos VII e VIII do artigo 3º da Lei nº 12.305/2010 em referência.

Outro aspecto relevante a se considerar é que a integração municipal permite a intervenção preventiva do planejamento e gestão em âmbito microrregional, obtendo-se melhores resultados à sustentabilidade ambiental.

Além do mais, favorece a seleção e o manejo de áreas adequadas para ocupação com instalações físicas industriais da estação de tratamento mecânico-biológico de resíduos, tanto como de aterros sanitários, observando-se critérios para preservação de biomas, reservas florestais e nascentes de bacias hidrográficas, em que pese, neste sentido, a obrigatoriedade de elaboração de Estudos de Impactos Ambientais – EIA.

A concepção de uma planta comunitária para o tratamento mecânico-biológico dos resíduos sólidos urbanos se fundamenta, essencialmente, na possibilidade e necessidade de se coletar comunitariamente o lixo doméstico residual proveniente dos pequenos municípios, reunindo um volume mínimo relativo que justifique o investimento na sua construção e operacionalização.

Como não foram encontradas na literatura pertinentes recomendações relacionando volumes mínimos de resíduos e a viabilidade de investimentos necessários, a proposta se baseia na experiência realizada em cidades com produção de resíduos sólidos urbanos entre 20 e 30 mil toneladas/ano, para um processamento equivalente de lixo doméstico residual, por intermédio do planejamento e gestão integrados de seus resíduos.

A referência na fixação deste volume de resíduos são os dados coletados do projeto setorial denominado “Promoção do Tratamento Mecânico-Biológico de Resíduos” realizado de 1988-2003, pela Agência Alemã para Cooperação Técnica – GZT (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit), em projetos pilotos nas cidades de Al-Salamieh (Síria), Phitsanulok (Tailândia) e São Sebastião (Brasil), com produção de resíduos de 20.000 toneladas/ano, 32.850 toneladas/ano e 30.000 toneladas/ano, respectivamente.

A exemplo do que se propõe para o tratamento mecânico-biológico do lixo doméstico residual dos pequenos municípios, nas três cidades deste projeto-piloto foram utilizados processos simplificados de degradação biológica, sendo em Al-Salamieh, com aeração forçada em pilhas de compostagem, e em Phitsanulok e São Sebastião, com aeração passiva.

Os resultados com custos de construção de aterros sanitários apresentaram ganho de aproximadamente 50% após o tratamento mecânico-biológico, com a redução de massa e compactabilidade dos resíduos tratados, assim como no volume e níveis de contaminação dos percolados e na produção de gases de aterro.

Observando-se esses parâmetros, foi selecionado um grupo de pequenos municípios no sul do estado de Minas Gerais, com um volume médio de produção de resíduos sólidos urbanos (predominantemente lixo doméstico residual) entre 60 toneladas/dia e 80 toneladas/dia, equivalentes a 22.000 toneladas/ano e 30.000 toneladas/ano, que se enquadra nos exemplos tomados como referência.

O programa foi concebido de maneira a que se possa calcular o porte de instalações com um rendimento a partir de 20.000 mg/ano. Na planta de tratamento biológico fixou-se, como base, um objetivo de tratamento voltado a reduzir a atividade biológica do material tratado para cerca de um quarto da atividade dos resíduos frescos. Isso não corresponde às elevadas exigências alemãs para o aterro de resíduos tratados biologicamente. No entanto, obtêm-se melhoras fundamentais quanto às emissões e um ganho nítido de espaço nos aterros sanitários (Projeto-Piloto – GTZ, 2003).

Pelos resultados desse projeto-piloto, particularmente da experiência brasileira na cidade de São Sebastião-SP, tem-se uma compreensão do potencial do tratamento mecânico-biológico de resíduos sólidos urbanos para a redução das emissões dos gases de aterro.

Entre os gases produzidos em aterros e que mais contribuem para o efeito estufa predominam o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄) e o óxido de nitrogênio (N₂O), como mostra a Tabela 1 abaixo, sobre o total de emissões estimado na União Europeia no ano de 1994 e sua proporção relativa à destinação de resíduos:

Tabela 1: Emissões antropogênicas de CO₂, CH₄ e N₂O, na U.E., 1994

Gases	Emissões	Potencial de efeito estufa	Potencial de efeito estufa do conjunto das emissões	Potencial de efeito estufa das emissões de resíduos
Unidade	(Gg)	(acima de 100 anos)	(Gg) em equivalentes CO ₂	(Gg) em equivalentes CO ₂
CO ₂	3.215	1	3.215 (- 0,5%)	15 (9%)
CH ₄	22	21	460 (33%)	152 (89%)
N ₂ O	1,05	310	325 (1%)	3(2%)
Total	3.237	-	4.000 (4,25%)	170

Fonte: GTZ, 2003

Essas emissões de gases de efeito estufa, provenientes do metabolismo das cidades onde se inclui o seu lixo doméstico residual, resultam na necessidade de grandes áreas de florestas ou biomassa equivalentes para o sequestro desses gases, o que determinam as respectivas “Pegadas Ecológicas” das cidades, de acordo com o método de avaliação desenvolvido por Wackernagel e Rees (1996).

A possibilidade de tratar mecânica e biologicamente esse lixo doméstico residual para seu aproveitamento e posterior disposição final, ambientalmente adequada, permitirá uma expressiva redução nas emissões de gases de aterro e, conseqüentemente, redução das “Pegadas Ecológicas” dos pequenos municípios com o manejo de resíduos sólidos urbanos.

Adicionalmente, além dos benefícios à sustentabilidade ambiental, o *Planejamento e gestão integrada de resíduos sólidos urbanos e tratamento*

mecânico-biológico vêm se consubstanciar no Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PMGIRS –, atendendo à condição estabelecida no artigo 18 da Lei nº 12.305/2010, reiterado a seguir:

Art. 18. A elaboração de plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos, nos termos previstos por esta Lei, é condição para o Distrito Federal e os Municípios terem acesso a recursos da União, ou por ela controlados, destinados a empreendimentos e serviços relacionados à limpeza urbana e ao manejo de resíduos sólidos, ou para serem beneficiados por incentivos ou financiamentos de entidades federais de crédito ou fomento para tal finalidade.

*§ 1º Serão priorizados no acesso aos recursos da União referidos no **caput** os Municípios que:*

I – Optarem por soluções consorciadas intermunicipais para a gestão dos resíduos sólidos, incluída a elaboração e implementação de plano intermunicipal, ou que se inserirem de forma voluntária nos planos microrregionais de resíduos sólidos referidos no parágrafo 1º do Art. 16:

II – Implantarem coleta seletiva com a participação de cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis formados por pessoas físicas de baixa renda.

§ 2º Serão estabelecidas em regulamento normas complementares sobre o acesso aos recursos da União na forma deste artigo.

Conclui-se, assim, que a partir dessa alternativa de planejamento e gestão urbanos integrados, os pequenos municípios passam a se credenciar de forma comunitária e solidária à obtenção de recursos institucionais destinados ao financiamento de projetos de infraestrutura urbana e saneamento básico contemplados pela Política Nacional de Resíduos Sólidos e promovem o seu desenvolvimento social e econômico, em conformidade com os *Princípios Universais de Sustentabilidade Ambiental*.

REVISÃO DE LITERATURA

3.1

Planejamento Físico-Territorial e Sustentabilidade

Em razão de importantes interfaces com o *planejamento e gestão integrados de resíduos sólidos urbanos e tratamento mecânico-biológico*, convém iniciar a revisão de literatura abordando alguns aspectos das atividades de planejamento físico-territorial sob princípios de sustentabilidade ambiental.

A acuidade dos problemas ambientais nos ecossistemas urbanos e rurais relacionada a assentamentos humanos, seja em médias e grandes cidades, ou em pequenos municípios, demonstra que persiste uma relação de não coexistência entre as atividades de planejamento físico-territorial e sustentabilidade, com diferentes impactos nas suas dimensões social, econômica e ambiental.

Essa relação de não coexistência mais visível na ocupação espacial de áreas periféricas das cidades, em detrimento da sua preservação ambiental, tende a agravar-se à medida que a capacidade de carga desses ecossistemas vai sendo exaurida pelo natural processo de metabolismo linear das cidades que consomem e poluem sem considerar a necessidade de redução, reutilização e reciclagem de matéria-prima e energia proveniente de resíduos sólidos urbanos.

Na visão do ecologista Herbert Girardet, “a solução está na busca de um metabolismo circular nas cidades, onde o consumo é reduzido pela implementação de eficiências e onde a reutilização é maximizada” (GIRARDET *apud* ROGERS, 2008). (...) “Devemos reciclar materiais, reduzir o lixo, conservar recursos não renováveis e insistir no consumo dos renováveis (ROGERS, 2008).

A compreensão de que novos processos devem ser adotados em substituição aos atuais processos lineares de produção visando ao metabolismo circular das cidades acabam por influir na forma de planejamento físico-territorial:

Estes processos aumentam a eficiência global do núcleo urbano e reduzem seu impacto no meio ambiente. Para atingir este ponto, devemos planejar cada cidade para administrar o uso de recursos e para isso precisamos desenvolver uma nova forma de planejamento urbano holístico e abrangente (ROGERS, 2008).

Verifica-se que essa nova forma de planejamento urbano preconizado por Richard Rogers deve considerar em seu escopo, necessariamente, as atividades de *planejamento e gestão integrados de resíduos sólidos urbanos*, inclusive com a previsão de sistemas de logística reversa, para alinhar-se à visão de Girardet, o que, coincidentemente, vai ao encontro do princípio da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, previsto na Lei nº 12.305/2010.

Entretanto, quando se observa uma relação de não coexistência entre o planejamento físico-territorial e a sustentabilidade ambiental, antes de uma “nova forma de planejamento urbano”, aponta-se, na verdade, apenas para a problemática de ausência de planejamento – quase sempre incapaz de se antecipar às ocupações desordenadas das cidades – e deficiências nos serviços de infraestrutura urbana e saneamento básico que impedem a implantação de planos de gestão integrados de resíduos sólidos urbanos e tratamento mecânico-biológico.

Considerando as características do modelo desenvolvimentista industrial de cidade, que em muitos casos cresce a partir de seus centros urbanos na direção da periferia, espalhando-se em extensas regiões metropolitanas suburbanizadas e com grande densidade populacional, serão nestas áreas onde os problemas ambientais se mostrarão mais evidentes com a eliminação de dejetos *in natura* e disposição inadequada de RSU, sem que se possa ignorar os indesejáveis efeitos provocados em outras áreas urbanas e rurais dos municípios.

Em países subdesenvolvidos, de industrialização fordista periférica e incompleta, como o Brasil (...) as periferias urbanas precárias proliferam com áreas de sub-habitação e ausência de serviços urbanos e sociais básicos.

Essa suburbanização precária que se iniciou nas grandes cidades, como Rio de Janeiro e São Paulo, com a industrialização substitutiva de importações, produziu periferias pobres parcialmente integradas à dinâmica urbana. A expansão do modelo fordista a partir dos anos sessenta, contrariamente à expectativa de maior inclusão social, resultou no agravamento das condições de exclusão urbana... (MONTE-MÓR, 2004).

Esse notável descompasso entre as funções de planejamento físico-territorial e crescimento desordenado das cidades contribui para uma irreversível condição de “insustentabilidade ambiental”, com agravamento dos processos de degradação das áreas periféricas das cidades e de distanciamento entre as classes sociais e econômicas que compõem seu tecido urbano.

Realmente, na escala metropolitana, o planejamento físico-territorial tem se mostrado ineficiente em reverter a espiral crescente de problemas socioambientais das cidades, proeminentes em suas áreas periurbanas, deixando de promover ações efetivas para desestabilizar as injustas condições de desigualdades sociais que, indiretamente, afetam a sustentabilidade ambiental.

Retornando, então, à solução proposta por Girardet e admitindo sua hipótese como cientificamente verdadeira, conclui-se que a busca por um modelo de metabolismo circular nas cidades para torná-las ambientalmente sustentáveis está intrinsicamente ligada às funções de *planejamento e gestão integrados de resíduos sólidos urbanos e tratamento mecânico-biológico*, sem o qual não se retroalimenta o metabolismo circular das cidades, a partir de sistemas de logística reversa e de controle do ciclo de vida dos produtos.

No que se aplica aos pequenos municípios, características próprias de sua natureza, com ritmo moderado de crescimento populacional e de desenvolvimento socioeconômico, podem permitir condições favoráveis ao seu planejamento e gestão urbanos integrados com esses objetivos sustentáveis.

Em razão de sua dimensionalidade espacial, as leituras técnicas de mapas temáticos relacionados ao território, população, uso do solo, infraestrutura e economia indicam, em geral, tendências para que o planejamento se concentre em questões físico-territoriais, priorizando, com isso, a sustentabilidade ambiental.

Isso se explica, teoricamente, pelos diferentes níveis de planejamento integrado, segundo a classificação apresentada no *Curso de planejamento municipal integrado* (FERRARI, 1977), de onde é possível deduzir que a complexidade das atividades de planejamento é uma função direta da abrangência e extensão do espaço físico-territorial, objeto de seus estudos, tal como de seus níveis populacionais.

Dentro dessa classificação do autor (FERRARI, op. cit., 1977), o planejamento tem abrangência nacional, macrorregional, estadual, microrregional e municipal, prevalecendo no primeiro nível, ou nacional, aspectos da realidade social e econômica e no último nível, ou municipal, aspectos da problemática físico-territorial: (...) “entre a planificação nacional e a municipal (planos estaduais e regionais) há um quase equilíbrio entre os setores econômico-sociais e físico-territoriais” (*idem, ibidem*).

Admitindo, por isso, que as funções do planejamento físico-territorial simplificam-se, comparativamente, às médias e grandes cidades, os pequenos municípios podem se valer da inovação de experiências comunitárias nas suas demandas por infraestrutura urbana, com uma real possibilidade de resultados perceptíveis, a curto e médio prazos, nos seus indicadores de sustentabilidade ambiental, principalmente nas categorias que compõe o saneamento básico municipal (água, esgoto, drenagem pluvial e *resíduos sólidos urbanos*), a partir da reversibilidade dos problemas deste setor que impactam seus ecossistemas.

Uma experiência prática de inovação, como referência de planejamento físico-territorial integrado e de associativismo entre pequenos municípios, foi desenvolvida na região central do estado de Santa Catarina, através da Associação dos Municípios do Alto Vale do Itajaí – AMAVI –, com a elaboração de forma integrada de plano diretor regional participativo, para seus 28 municípios associados, a maioria com população abaixo de 20 mil habitantes, mediante convênio de cooperação técnica, apresentado conforme transcrição a seguir:

Baseada nas prioridades elencadas na 2ª Conferência Regional das Cidades e buscando maior eficiência na integração e valorização dos seus 28 municípios associados, os técnicos da AMAVI elaboraram uma proposta de Plano Diretor Regional Participativo, apresentada aos prefeitos da região durante uma de suas Assembleias Ordinárias e aprovada por unanimidade pelos presentes.

A proposta do Plano Diretor Regional Participativo consistia na transferência do corpo técnico da associação para a coordenação dos trabalhos nos municípios e tinha como objetivo:

- a elaboração dos Planos Diretores Municipais;*
- a capacitação das lideranças comunitárias locais e corpo técnico dos municípios;*
- a implantação de sistemas municipais de planejamento.*

A proposta continha uma nova visão de elaboração do Plano Diretor, na medida em que propunha uma ação conjunta, regionalizada e em municípios de pequeno porte onde não existia a exigência legal de elaboração de plano.

Apesar das dificuldades encontradas com o “pouco interesse de participação por parte da população” e a “falta de recursos técnico-administrativos e institucionais”, importa aqui, destacar o depoimento de seus coordenadores:

(...) Como pontos positivos deste processo nós podemos citar a inovação representada por Planos Diretores elaborados regionalmente e o início de um processo de participação da população nos debates referentes à política urbana municipal.

(...) A experiência de elaboração dos Planos Diretores Participativos na região do Alto Vale do Itajaí representou o início de um processo de planejamento territorial na região. Temos ciência de que esses avanços e dificuldades fazem parte deste processo e que a AMAVI deve continuar dando sua contribuição para que a região se desenvolva de forma sustentável e socialmente justa (MEURER E VIEIRA. *Seminário PPLA*, Curitiba, 2010).

Uma segunda proposta de inovação nas atividades de planejamento e gestão integrados, no âmbito do setor de saneamento básico, refere-se à experiência do CITRESU – Consórcio Intermunicipal de Tratamento de Resíduos Sólidos –, que reuniu 10 municípios da região Celeiro do Rio Grande do Sul com população em torno de 50 mil habitantes, para destinação ambientalmente adequada de seus resíduos urbanos.

A concepção do projeto era encaminhar o lixo doméstico residual dos municípios do consórcio para um aterro sanitário construído de forma comunitária e, assim, evitar a disposição desses resíduos em lixões ou aterros sanitários distantes, localizados em outros municípios, o que acarretava, além de despesas com o seu transporte, a queima de combustíveis fósseis e a transferência de custos ambientais.

Para atingir esses objetivos racionalmente, foram desenvolvidos sistemas de separação doméstica dos resíduos secos e úmidos, divulgando-se os princípios de “redução”, “reutilização” e “reaproveitamento”, entre as populações dos pequenos municípios que integraram o consórcio.

Os investimentos na construção do aterro sanitário em local adequado e estratégico, considerando as distâncias a serem percorridas com o transporte de RSU, contou com o financiamento estadual e federal, cabendo, igualmente, uma contrapartida dos respectivos municípios.

Como resultados positivos e adicionais aos benefícios trazidos ao meio ambiente regional, com o fim dos indesejáveis “lixões” e a proporcional redução

nas emissões de gases de aterro, destacam-se as campanhas educacionais, de separação adequada e coleta seletiva do lixo urbano entre a população urbana.

Outro ponto de importância notável foi a integração municipal alcançada:

(...) uma aproximação maior entre esses municípios para a resolução de outros problemas comuns; a transversalidade dos temas meio ambiente e limpeza urbana aplicados nas disciplinas escolares e a redução dos custos de coleta e destino de resíduos por parte dos municípios (CITRESU, 2000).

Por fim, remetendo novamente à ideia de Rogers (2008), sobre uma “nova forma de planejamento urbano holístico e abrangente” ao encontro do modelo de “cidade com metabolismo circular” de Herbert Girardet, a experiência acima da AMAVI e do CITRESU demonstram que o planejamento e gestão urbanos integrados representam uma alternativa factível para atender às demandas do setor de infraestrutura urbana e de saneamento básico, por cidades ambientalmente sustentáveis.

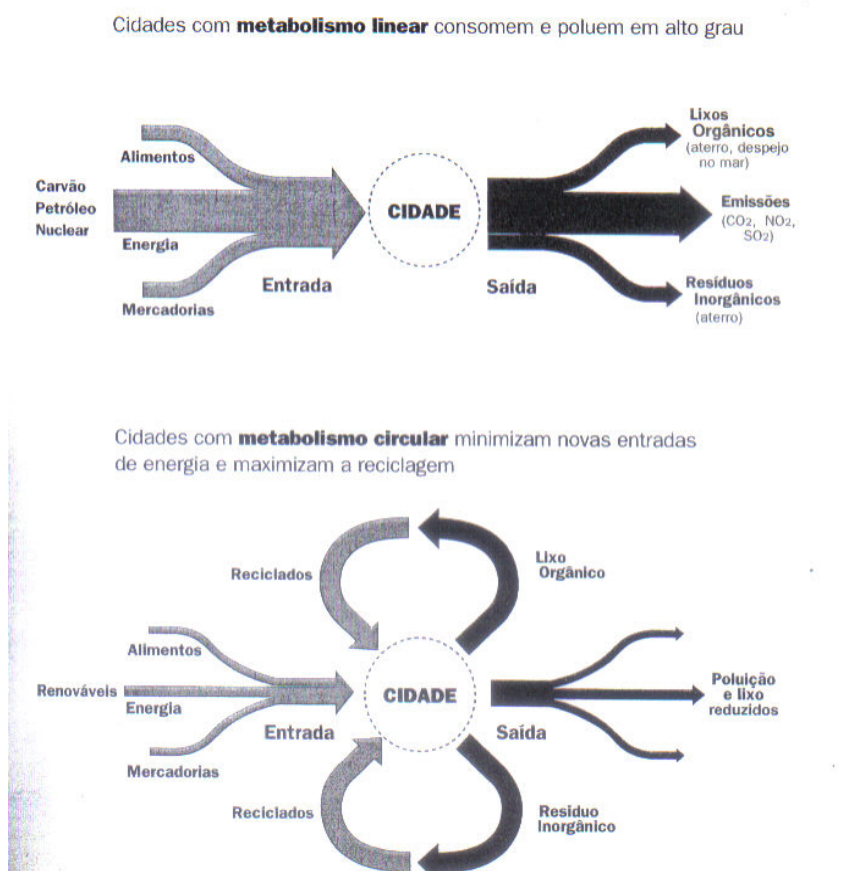


Figura 2: Esquema do metabolismo linear e circular da cidade

3.2

Planejamento e Gestão

As diferentes visões das ciências sociais, humanas e tecnológicas sobre planejamento e gestão urbanos remetem à revisão de alguns conceitos associados a estas disciplinas, compreendendo sua evolução e abrangência para uma análise e avaliação no âmbito do *planejamento e gestão integrados de resíduos sólidos urbanos e tratamento mecânico-biológico*.

É necessária, a priori, uma compreensão das atividades de planejamento e gestão, abstraindo-se do autoritarismo tecnocrata do planejador e do gestor e fixando-se em uma análise das questões urbanas sob um enfoque essencialmente político – não obstante a importância da *téchne* –, sobretudo, porque o sentido final das atividades de planejamento e gestão consubstanciadas no plano diretor municipal deve ser, segundo o Estatuto da Cidade, a convergência com a função social da cidade com perspectiva de oferecer, progressivamente, autonomia individual e coletiva à sua população (SOUZA, 2010).

Portanto, nesta introdução, reporta-se ao livro *Mudar a cidade* (SOUZA, 2010), onde uma rica conceituação em torno das modalidades de planejamento e gestão ali abordadas se constituem em excelente referencial teórico.

Em outro nível, situa-se também como referência e fonte de pesquisa o livro *Curso de planejamento municipal integrado* de autoria do professor Celso Ferrari (1977), que, à época, já considerava o caráter sistêmico e multidisciplinar do planejamento físico-territorial, sendo citado por Souza (op. cit., 2010), como uma entre as poucas obras do gênero existentes no Brasil, em que pese sua compreensiva defasagem temporal com a visão contemporânea do planejamento urbano, no contexto das ciências sociais, humanas e tecnológicas, sem, contudo, deixar de oferecer ainda uma valiosa contribuição para o estudo dessa disciplina.

Como esclarecimento adicional, reitera-se que a modalidade de planejamento e gestão urbanos integrados idealizados neste trabalho deriva da sua abordagem microrregional entre pequenos municípios, em face da proximidade de seus centros urbanos, interdependência entre suas atividades socioespaciais, econômicas, culturais e institucionais e, principalmente, pelo enfoque na sustentabilidade ambiental da microrregião em referência.

O livro *Mudar a cidade* (SOUZA, 2010), uma “introdução crítica ao Planejamento e à Gestão urbanos”, apresenta, em linhas gerais, diversas modalidades de planejamento com características próprias, que, basicamente, derivam da versão clássica e acadêmica conhecida por planejamento físico-territorial, ou *blueprint planning*, desenvolvida a partir do ideário do urbanismo modernista de Le Corbusier, no início do século XX, sob as seguintes críticas:

(...) O Urbanismo modernista, cujo expoente-mor foi Le Corbusier, representa, ao mesmo tempo, o ápice do apriorismo em planejamento urbano. Muitas análises – e, especialmente nos últimos trinta anos, muitas críticas – têm sido endereçadas ao Urbanismo modernista.

(...) O modernismo foi o resultado de uma tentativa de melhor adaptar as cidades à era industrial e, por tabela, às necessidades do capitalismo. Mais do que isso: ele buscava mimetizar plenamente a racionalidade da produção industrial, transpondo para a produção do espaço urbano categorias próprias ao universo da produção industrial.

(...) É óbvio que não seria correto tachar o Urbanismo modernista simplesmente de conservador; em um certo sentido, ele era, isso sim, iconoclasta (desprezo pelas tradições e particularidades culturais...). No entanto, sob o ângulo político, embora o modernismo tenha revelado preocupações “sociais”, como com a produção em massa de habitações higiênicas para a classe operária e o acesso dos pobres a moradias dignas, a perspectiva era a de um disciplinamento e uma melhoria das condições de vida da classe trabalhadora nos marcos do capitalismo, e não uma superação deste (SOUZA, op. cit., 2010).

O planejamento físico-territorial clássico, formal em seus princípios com a racionalidade e estética do desenho urbano, identifica-se por sua função regulatória para com o crescimento industrial e a modernização das cidades na década de 1940, através de arquétipos de planos de ordenamento urbano, o que, naturalmente, influencia, ainda hoje, arquitetos e urbanistas.

A denominação “físico-territorial” está associada à organização da dimensão socioespacial da cidade, por meio de seu zoneamento e acessibilidade, com o objetivo de disciplinar a diversidade de uso do solo e a mobilidade urbana, priorizando-se de forma coletiva, mais que a individual, os direitos dos cidadãos.

A partir dos anos 60, em razão das críticas a ele dirigidas, principalmente de correntes políticas da esquerda de corte marxista, por representar um modelo civilizatório capitalista ocidental, o planejamento físico-territorial, ou *blueprint planning*, cede espaço ao planejamento sistêmico, igualmente identificado com os ideais de modernização da cidade, mas com uma abordagem distinta.

Entre diferenças e semelhanças, o planejamento sistêmico distingue-se do planejamento físico-territorial clássico por sua variante de enfoque específico, na *racionalidade instrumental*, “que se volta exclusivamente para a adequação dos meios a fins preestabelecidos, permanecendo estes últimos inquestionados” (SOUZA, op. cit., 2010).

Esta modalidade de planejamento, menos apriorístico, procurou estudar os problemas urbanos e a organização das cidades, à luz da Teoria Geral dos Sistemas, que, à época, influenciava as Ciências Tecnológicas, Sociais e Humanas.

Posteriormente, o enfoque sistêmico acabou incorporado ao planejamento físico-territorial, que ao absorver elementos desta linguagem promoveu uma abertura interdisciplinar nas suas atividades, sob uma nova visão de arquitetos e urbanistas, como um processo dinâmico de análise, diagnóstico e intervenção.

As críticas conservadoras contra a presença do Estado na organização socioespacial das cidades, através do planejamento regulatório, evoluíram com o decorrer dos tempos, promovendo o surgimento de novas abordagens de planejamento estratégico, destacando-se àqueles com perspectivas “mercadófilas” voltadas às demandas do mercado, sob o argumento de maiores benefícios indiretos à população, do que outros no clássico contexto de *welfare state*.

De acordo com a terminologia adotada em Brindley *et al.* (1989) (*apud* SOUZA, op. cit., 2010), o planejamento mercadófilo compreende três subtipos: *trend planning*, *leverage planning* e *private-manegement planning*.

Todos três rompem com o espírito regulatório ainda francamente hegemônico nos anos 70, na medida em que deixam de tentar “domesticar” ou “disciplinar” o capital para, pelo contrário, melhor ajustarem-se aos seus interesses, inclusive imediatos (SOUZA, op. cit., 2010).

Essa modalidade de planejamento e gestão, com enfoque estratégico nos investimentos, caracteriza-se por um modelo de “empresarialismo” revelado pela tendência de desregulamentação e diminuição da presença do Estado com progressiva substituição pelas conhecidas parcerias público-privadas.

Uma variação que evoluiu do planejamento físico-territorial, com origem nos Estados Unidos, na década de 1980, é o *new urbanism*, identificado por uma leitura de reintegração de componentes da modernidade, considerando a presença

de elementos da diversidade urbana em suas propostas, para atender às demandas de bairros residenciais nos subúrbios das cidades americanas.

Certamente, não se revelam nos modelos de bairros de Jane Jacobs, que destacava a importância da diversidade urbana para a vida saudável das cidades, e que em seu livro *Morte e vida das grandes cidades* (JACOBS, 1961) fundamentava procedentes críticas antimodernistas ao urbanismo corbusiano.

O *new urbanism*, em síntese:

(...) procura ser uma alternativa aos *suburbs*, forma de assentamento de baixa densidade típica do entorno das grandes cidades americanas, usualmente elitizada, que congrega conjuntos de escritórios a moradias unifamiliares, complexos de apartamentos e *shopping centers* – tudo isso dependendo, para ser acessível, do automóvel privado (SOUZA, op. cit., 2010).

Outra modalidade que também merece ser citada e que se caracteriza mais pelo seu método de ação é o planejamento com a abordagem “comunicativa e colaborativa” como forma de alcançar seus objetivos.

Baseia-se nas inspirações filosóficas e reflexões de Jürgen Habermas (*apud* SOUZA, op. cit., 2010), sobre o agir comunicativo para a solução de conflitos sobre demandas particulares nas intervenções urbanas, podendo se chegar mais facilmente a acordos voluntários, a partir de iniciativas de cooperação.

Ao contrário da variante, com enfoque na *racionalidade instrumental* do planejamento sistêmico, o planejamento comunicativo/colaborativo utiliza-se da racionalidade com um objetivo de transparência comunicacional, livre de “ações estratégicas” para alcançar seus fins, na compreensão de que a *racionalidade comunicativa* orienta-se pela busca do entendimento entre as partes nas relações de conflitos de interesses.

Em que pese sua eventual fraqueza em lidar com situações que envolvam contradições de classes sociais distintas, o agir comunicativo é intrínseco e está nas bases da legítima *participação popular*, o que será visto, adiante.

Com o processo de urbanização do país, que nos anos 80 tem dois terços da população vivendo em cidades e influenciado pelo emblemático movimento de reforma urbana no Brasil no governo do presidente João Goulart, nos anos 60, o pensamento crítico em torno do planejamento e gestão urbanos passa a clamar por visões mais progressistas na organização socioespacial das cidades, afastando-se

dos objetivos dos planos diretores municipais tradicionalmente de características regulatórias.

Assim, uma modalidade de planejamento alternativo, com abordagem política, ou planejamento politizado, (...) “uma versão de esquerda do planejamento estratégico” (SOUZA, op. cit., 2010), ganha espaço na administração pública municipal, orientando suas ações de forma não conservadora, através da visão de “novos planos diretores” de concepção progressista, apoiada no ideário de reforma urbana no Brasil, sob a égide dos artigos 182 e 183 da Constituição de 1988 e, posteriormente, da Lei do Estatuto da Cidade.

Paralelamente, inicia-se nos anos 70, no seio da comunidade internacional, um movimento preocupado com os altos índices de crescimento industrial, progressivo aumento da população urbana mundial, precárias condições de saneamento básico nas cidades de países periféricos, notáveis impactos ambientais nos socioecossistemas urbanos, forte tendência de esgotamento de recursos naturais não renováveis e mudanças climáticas de natureza antrópica, despertando a consciência da sociedade moderna para a necessidade de se estabelecer um novo paradigma de desenvolvimento sustentável, impondo uma visão ao planejamento e gestão urbanos, orientada para a *Sustentabilidade Ambiental* das cidades.

A ideia-força central do planejamento e gestão urbanos sustentáveis está associada ao processo de modernização das cidades, sob políticas públicas dirigidas à sustentabilidade, nas dimensões social, econômica e ambiental.

Esta perspectiva de abordagem ecológica e desenvolvimento sustentável, no planejamento e gestão urbanos, alinha-se com o artigo 2º, inciso I, das Diretrizes Gerais do Estatuto da Cidade – Lei nº 10.257/2001 –, cujo principal instrumento para a implementação da política urbana, é o plano diretor municipal participativo.

Ainda assim, o alcance de metas propostas pelo planejamento e gestão urbanos, seja na modalidade sustentável ou noutra, dependerá, essencialmente, de esforços que se encontram muito além de técnicas específicas pertinentes; não que se possa prescindir delas, evidentemente, mas, sobretudo, porque o ambiente socioespacial adequado para viabilizar a implantação de planos de intervenções urbanas, e a experiência tem mostrado, está ainda distante de uma situação de *participação popular* conscientizada para esses fins, o que exige, em contrapartida

da administração pública municipal, se valer de permeabilidade, transparência e de *accountability* em seus propósitos, além de oferecer a perspectiva de autonomia individual e coletiva nas relações com a comunidade.

Terminando esta introdução sobre os conceitos e a evolução de algumas modalidades de planejamento e gestão urbanos no Brasil, abstendo-se, outrossim, de novas considerações, remete-se a questão para o ponto de interesse principal neste contexto: a *participação popular*.

Neste sentido, importa considerar uma modalidade de planejamento e gestão urbanos, como referência teórico-conceitual deste trabalho: “A abordagem autonomista” (SOUZA, op. cit., 2010), com objetivos de colocar a *participação popular* num plano efetivo de decisões para se alcançar os resultados desejados.

Não se pretende aqui analisar, criticamente, os aspectos conceituais de autonomia e heteronomia, o que, pela própria natureza da problemática urbana, deriva espontaneamente para uma análise sobre democracia direta e democracia representativa, impertinente aos propósitos do trabalho.

De fato, o que importa apontar é que a eficiência na implantação do plano diretor municipal participativo e a posterior gestão da cidade, consoante esta lei orgânica municipal, variam com o alcance da *participação popular* na sua implementação e acompanhamento das respectivas intervenções urbanas, cujo grau de autonomia desta *participação popular* é função direta no nível de resultados alcançados.

No caso particular do trabalho, sua proposta de planejamento e gestão urbanos integrados entre pequenos municípios indica tratar-se de um projeto que envolve a complexidade de relações socioespaciais intraurbanas e interurbanas, simultaneamente, mas que pode ser um exemplo de fácil compreensão pela comunidade sobre a importância da *participação popular*.

Se, por um lado, caberá ao planejamento e à gestão integrados traçar um plano de ações por meio das administrações públicas municipais para o manejo de resíduos sólidos urbanos e tratamento mecânico-biológico, numa relação de interdependência entre sujeito e objeto do planejamento, a *participação popular*, por outro lado, deverá exercer semelhantes funções como sujeito coadjuvante deste planejamento e gestão, não só pelo seu legítimo direito de participar com autonomia, pactuando com a possibilidade e responsabilidade pelo alcance de metas, mas, principalmente, por ser a comunidade a principal fonte de geração dos

resíduos sólidos urbanos, no caso o “lixo doméstico residual”, cuja gestão se inicia dentro das habitações, nos hábitos de consumo alimentares da população.

Ao advogar o planejamento e gestão urbanos com abordagem autonomista, visando a obter resultados favoráveis com os objetivos do trabalho, busca-se, igualmente, a eficiência da *participação popular*, a partir de sua conscientização como agente coadjuvante do planejamento e gestão, reduzindo, ainda que minimamente, a cultural condição de heteronomia existente nas relações entre as comunidades urbanas e o poder público, o qual promove um processo de constante alienação do cidadão, perpetuando o sentimento de individualismo, indiferença, incapacidade participativa e desinteresse por iniciativas comunitárias.

Há uma clara evidência nesses processos participativos de planejamento e gestão urbanos, que a *participação popular*, assegurada no artigo 2º, inciso II, da Lei nº 10.257/2001 – Estatuto da Cidade – é, espontaneamente, desestimulada pela natural percepção de assimetria nas relações entre a comunidade e profissionais técnicos do planejamento, pela receptividade e descrédito de pareceres populares que se observa por parte do autoritarismo tecnocrático das audiências públicas, para leituras técnicas e comunitárias em diagnósticos de planos diretores municipais.

Dessa forma, atribuir funções de agente coadjuvante do planejamento e gestão urbanos à *participação popular*, sob orientação do conhecimento acadêmico-científico dos especialistas, seja por parte da administração pública municipal, seja por empresas consultoras, são estratégias democráticas de planejamento e gestão, que colocam a *participação popular* no mesmo nível de decisões, numa demonstração de autonomia individual e coletiva à população, motivando-as a exercer seu legítimo e inalienável direito de cidadania.

Entenda-se, agora, a *participação popular* não apenas no sentido de interação com o planejamento e gestão urbanos, decidindo democraticamente, sobre seus *fins* e parcialmente, sobre seus *meios*, mas no sentido de interação com o *planejamento e gestão integrados de resíduos sólidos urbanos*, onde sua associação é direta com a origem, processamento e geração desses resíduos, provenientes da comunidade.

Ao se conscientizar de que caberá às próprias comunidades as funções de autogestão no manejo do “lixo doméstico residual”, a *participação popular*, como agente coadjuvante, provavelmente vai demandar a si própria responsabilidades

adicionais frente à administração pública municipal, justificadas pelo seu comprometimento com o novo status participativo.

Esse nível de *participação popular* é de fundamental importância e se deve ao fato de que a principal finalidade do planejamento e gestão integrados de resíduos sólidos urbanos é viabilizar seu tratamento mecânico-biológico, cujos procedimentos preliminares de redução, separação, coleta seletiva e recolhimento acontecem nos respectivos domicílios urbanos.

Compreende-se, do mesmo modo, que as modalidades de planejamento e gestão urbanos convencionais e não progressistas, ou ainda aquelas progressistas, mas com poucas perspectivas de autonomia individual e coletiva para os cidadãos, não têm logrado resultados mais favoráveis através da implantação de seus planos diretores municipais, pela limitada e pouco influente *participação popular*, ao contrário do que se verifica com algumas experiências de planejamento e gestão urbanos, com abordagem autonomista.

Remete-se aos exemplos dos conselhos de orçamentos participativos, implantados em algumas cidades brasileiras, com destaque especial para o orçamento participativo do município de Porto Alegre, no Rio Grande do Sul (SOUZA, op. cit., 2010), cuja autonomia é de reconhecimento internacional.

Há, certamente, uma forte percepção de que a abordagem autonomista, além de motivar a *participação popular* em suas competências básicas como agente social da administração pública municipal, permite ao planejamento e à gestão urbanos democratizar as decisões junto à população, sobre os objetivos e metas dos planos diretores municipais participativos na organização físico-territorial e desenvolvimento de seus municípios.

É importante que se assegure nesses objetivos e metas observância à indissociabilidade do planejamento e gestão urbanos com a sustentabilidade ambiental, razão pela qual a proposta do trabalho de *planejamento e gestão integrados de resíduos sólidos urbanos e TMB* concorre para a universalização dos serviços de saneamento básico nos pequenos municípios, oferecendo a essas comunidades melhor qualidade de vida e dignidade à população. (...) “pode-se dizer que se está diante de um autêntico processo de desenvolvimento socioespacial quando se constata uma *melhoria da qualidade de vida* e um *aumento da justiça social*” (SOUZA, op. cit., 2010).

3.3

Sustentabilidade Ambiental e Pegada Ecológica

Os conceitos em torno de sustentabilidade ambiental e pegada ecológica estão associados, por natureza, à noção de desenvolvimento sustentável, já apresentada na introdução deste trabalho, onde as definições do relatório Brundtland e do documento que compõe a “Agenda 21” são utilizadas como referência, por serem aceitas, atualmente, pela maior parte de segmentos da sociedade.

Não obstante, a questão sobre como operacionalizar essas definições, transformando-as em ferramentas para mensurar a sustentabilidade, vem, continuamente, motivando e aprofundando as discussões de especialistas.

Além disso, se discutem diferentes ideologias ambientais que fazem com que o ambientalismo percorra uma linha entre tendências de pensamento opostas: o tecnocentrismo e o ecocentrismo (PEARCE, 1993 *apud* BELLEN, 2012).

Pode-se identificar nessa linha entre o tecnocentrismo e o ecocentrismo diferentes dimensões do ambientalismo que variam em quatro graus classificados por Pearce como: sustentabilidade muito fraca, fraca, forte e muito forte.

“A concepção tecnocêntrica pode ser aproximada a um modelo antropocêntrico de relação homem-natureza enquanto a posição ecocêntrica observa essa relação como simétrica” (PEARCE, 1993 *apud* BELLEN, 2012).

Em que pese a importância desse debate em torno das dimensões do ambientalismo, existe uma consciência geral de que a geoesfera tem capacidade para atender às demandas da sociedade humana em um nível adequado, limitado às características específicas da Terra, o que define o conceito de “capacidade de carga” dos ecossistemas.

A ultrapassagem desta capacidade de carga, pelas atividades humanas em suas interações com o meio ambiente, promove a redução dos serviços oferecidos pela biosfera ao ser humano, resultando em contínua degradação ambiental.

Pode-se deduzir, neste caso, que o desenvolvimento, para ser considerado sustentável, não deve nunca exceder à capacidade de carga de um ecossistema, seja na sua dimensão ambiental, social e econômica.

Uma complexa rede de causas e consequências dos impactos provocados com a ultrapassagem da capacidade de carga dos ecossistemas é identificada pelo

German Advisory Council of Global Change (WBGU, 1996 *apud* BELLEN, 2012) e consta de um quadro com os principais elementos da degradação ambiental, relacionados a seguir:

- Cultivo excessivo das terras marginais;
- exploração excessiva dos ecossistemas naturais;
- abandono de práticas de agricultura tradicionais;
- utilização não sustentável de sistemas agroindustriais do solo e corpos d'água;
- depleção de recursos não renováveis;
- degradação da natureza para fins recreacionais;
- destruição ambiental pelo uso de armas e decorrente de conflitos militares;
- dano ambiental pela introdução de projetos de grande escala;
- introdução de métodos de agricultura inadequados e/ou inapropriados;
- indiferença a padrões ambientais em função do rápido crescimento econômico;
- crescimento urbano descontrolado;
- destruição da paisagem natural na expansão planejada da infraestrutura urbana;
- desastres ambientais antropogênicos com impactos ecológicos de longo prazo;
- difusão contínua e em grande escala de substâncias na biosfera;
- disposição controlada e descontrolada de resíduos;
- contaminação local de propriedades onde se localizam plantas industriais.

Observa-se, entre esses elementos, a degradação ambiental decorrente da “disposição controlada e descontrolada de resíduos”, que se relaciona diretamente com a proposta de *planejamento e gestão integrados de resíduos sólidos urbanos e tratamento mecânico-biológico*.

Porém, a avaliação qualitativa e quantitativa dos elementos de degradação ambiental, quando ameaça ultrapassar os limites da capacidade de carga dos ecossistemas, carece de um sistema criterioso de indicadores para verificação das respectivas condições de sustentabilidade ambiental e os eventuais impactos que possam ser provocados ao meio ambiente.

As amplas questões e dimensões que o conceito de desenvolvimento sustentável alcança levaram especialistas e pesquisadores à definição de dez princípios de orientação para avaliar indicadores de sustentabilidade, durante a conferência realizada em Bellagio, Itália, em 1996.

Os princípios de Bellagio “servem como orientação para avaliar a melhor escolha, utilização, interpretação e comunicação de indicadores” (BELLEN, 2012) e estão inter-relacionados, devendo ser aplicados conjuntamente para otimizar os processos de avaliação.

Em síntese, resultam das demandas de desenvolvimento sustentável do relatório Brundtland e da “Agenda 21”, onde a avaliação do progresso rumo à sustentabilidade deve ser orientada a partir de: *guia de visão e metas; perspectiva holística; elementos essenciais; escopo adequado; foco prático; abertura/transparência; comunicação efetiva; ampla participação; avaliação constante; e capacidade institucional* (BELLEN, 2012).

Entre outras importantes fontes de indicadores ambientais, destaca-se a publicação da OECD (Organization for Economic Cooperation and Development), que fornece um sistema de monitoramento ambiental para os países-membros, baseado no modelo *pressure, state, response* (PSR), desenvolvido a partir do sistema *stress, response*, que assume a relação de causalidade entre os elementos considerados.

Os objetivos da OECD definem-se no “rastreamento do progresso ambiental (monitoramento do ambiente e de suas mudanças no tempo); integração entre preocupações ambientais e políticas públicas; integração entre preocupações ambientais e política econômica” (BELLEN, 2012).

Outro sistema conhecido e que deriva do PSR é o sistema DSR, no qual o item *pressure* (P) é substituído pelo *driving force* (D), incorporando aspectos sociais, econômicos e institucionais à sustentabilidade, a partir dos princípios da “Agenda 21”.

A abordagem a essas quatro dimensões da sustentabilidade ambiental ou ecológica, social, econômica e institucional, no âmbito da OECD, é também adotada pelo IBGE em Indicadores de Desenvolvimento Sustentável (BRASIL, 2010).

No entanto, para a escolha da metodologia aplicada aos objetivos do trabalho, utiliza-se como fundamentação teórica a pesquisa sobre sistemas de indicadores de sustentabilidade de Hans Michael van Bellen, cuja análise comparativa entre indicadores se baseia na fixação dos pré-requisitos abaixo:

Para responder ao problema geral, ou seja, realizar uma análise comparativa entre as ferramentas de avaliação de sustentabilidade mais reconhecidas internacionalmente, os seguintes objetivos específicos foram estabelecidos:

- Contextualizar o conceito de desenvolvimento sustentável;*
- analisar os fundamentos teóricos e empíricos que caracterizam as ferramentas de avaliação de sustentabilidade;*
- levantar por pesquisa bibliográfica as mais importantes ferramentas de avaliação de sustentabilidade no contexto internacional;*
- selecionar, com um questionário enviado a especialistas da área, entre as ferramentas levantadas na etapa anterior, quais os três sistemas de avaliação de sustentabilidade mais importantes no contexto internacional atualmente;*
- descrever os pressupostos teóricos que fundamentam as três ferramentas selecionadas;*
- descrever o funcionamento de cada uma das ferramentas selecionadas;*
- comparar as ferramentas selecionadas a partir de categorias analíticas previamente escolhidas (BELLEN, 2012).*

Entre os 18 métodos selecionados, a partir desse procedimento, e enviados a especialistas, organizações governamentais e não governamentais e instituições públicas, privadas e educacionais, Bellen obteve os seguintes resultados para os três primeiros métodos mais indicados: *Ecological footprint method* (13,92 %); *Dashboard of sustainability* (12,66 %) e *Barometer of sustainability* (8,86 %).

As características desses três sistemas de indicadores de sustentabilidade diferenciam-se e assemelham-se pelas categorias de *escopo*, *esfera*, *dados*, *participação e interface*, importando abordar, aqui, apenas as categorias *escopo* e *esfera*, cuja pertinência é maior com o tema do trabalho.

O *Ecological footprint method*, ou “Pegada Ecológica”, tem seu escopo dirigido essencialmente à dimensão ambiental ou ecológica, e na visão dos seus autores, “o aproveitamento racional da natureza é a manutenção do capital natural” (BELLEN, 2012).

Os autores do método Wackernagel e Rees consideram ainda que a economia humana é um subsistema da ecoesfera, e que a sociedade para viver em um modelo com sustentabilidade deve preservar os recursos da natureza de uma forma que permita a renovação destes recursos.

No que se refere à esfera de aplicação, o *ecological footprint* é um método de abrangência global, continental, nacional, regional, local, organizacional e individual.

O *Dashboard sustainability*, ou Painel de sustentabilidade, sistema organizado pelo Consultative Group on Sustainable Development Indicators (CGSDI), através do World Resources Institute (WRI), em 1996, teve seu escopo inicial voltado às dimensões ecológica, social e econômica da sustentabilidade, e por se tratar de um sistema computacional, apresentado por meio de painéis com índices indicativos, permite agregar dimensões distintas à ferramenta, o que levou especialistas a adotarem uma versão final, incluindo a dimensão institucional.

Sobre a esfera de aplicação, o método tem abrangência inferior e se dá em níveis continental, nacional, regional, local e organizacional.

O *Barometer sustainability*, ou Barômetro de sustentabilidade, é um sistema desenvolvido por especialistas ligados ao World Conservation Union (IUCN) e ao International Development Research Centre (IDRC), que combina diferentes indicadores, permitindo conclusões a partir de dados mesmo contraditórios.

Tem seu escopo priorizando as dimensões ecológica e social, na visão de que a avaliação do estado das pessoas e do meio ambiente para o desenvolvimento sustentável já demandam uma grande variedade de indicadores.

A esfera de aplicação do método se dá em níveis global, continental, nacional, regional e local, igualmente com abrangência inferior ao *Ecological footprint method*.

Sobre as diferenças de abrangência de escopos na utilização dos métodos, Bellen observa que,

(...) na medida em que um sistema se utiliza apenas de um escopo, como no caso o *ecological footprint*, a importância dessa dimensão dentro do sistema assume o valor máximo. Assim, no sistema do *barometer of sustainability* a dimensão ecológica tem metade do peso que no *ecological footprint*. Já no *dashboard of sustainability*, o peso dessa dimensão é de apenas um quarto quando comparada com o *ecological footprint* (BELLEN, 2012).

Neste sentido, a metodologia de pesquisa adota uma ferramenta baseada no *Ecological footprint method*, ou “Pegada Ecológica”, em alinhamento com o objetivo geral do trabalho que visa à dimensão ecológica ou ambiental da sustentabilidade.

Da mesma forma, o método da “Pegada Ecológica” permite verificar a hipótese do trabalho, uma vez que a destinação e disposição, ambientalmente adequadas, de resíduos em aterros sanitários, a partir do *planejamento e gestão integrados de resíduos sólidos urbanos e tratamento mecânico-biológico*, pode reduzir, significativamente, a produção dos principais gases de aterros, dióxido de carbono (CO₂) e metano (CH₄), em benefício da dimensão ambiental da sustentabilidade dos pequenos municípios e indiretamente às dimensões econômica e social.

Convergindo com a visão dos autores do *Ecological footprint method*, Wackernagel e Rees, o atendimento às demandas da dimensão ambiental da sustentabilidade incorpora sua dimensão econômica – *a economia humana é um subsistema da ecosfera* – e promove benefícios diretos à dimensão social, particularmente, se o atendimento destas demandas derivarem de investimentos em infraestrutura urbana e saneamento básico, como ocorre com os processos de tratamento mecânico-biológico de resíduos sólidos urbanos.

Finalmente, o *Ecological footprint method*, ou “Pegada Ecológica”, é um método que se fundamenta na capacidade de carga dos ecossistemas, o que corresponde à população que pode ser suportada ao longo do tempo por este ecossistema.

No entender de Bellen, resumidamente,

(...) o método consiste em estabelecer a área necessária para manter uma determinada população ou sistema econômico, indefinidamente, fornecendo: energia e recursos naturais e capacidade de absorver os resíduos ou dejetos do sistema (BELLEN, 2012).

3.4

Tratamento Mecânico-Biológico

Reconhecendo a Alemanha e a Áustria como os países pioneiros na tecnologia sobre tratamento mecânico-biológico de resíduos, os fundamentos teóricos que orientam o trabalho têm como base de consulta o guia “Aplicação do tratamento mecânico-biológico de resíduos no Brasil, dos especialistas alemães Klaus Fricke, Norbert Dichtl, Heike Santen, Kai Münnich, Tobias Bahr, Kai Hillebrecht e Olaf Schulz, a partir da experiência de implantação do projeto-piloto de uma estação de TMB em Novo Hamburgo-RS, entre 2002 e 2007.

Conforme os fundamentos gerais da regulamentação alemã na gestão de resíduos,

(...) evitar a geração de resíduos apresenta-se com prioridade máxima. Os resíduos cuja geração é inevitável devem ser encaminhados para aproveitamento material ou energético. Caso o reaproveitamento total não seja possível, (...) deve-se tratar o fluxo parcial de resíduos, (...) de forma que uma disposição ambientalmente aceitável e sem consequências futuras possa ser estabelecida (FRICKE *et al.*, 2007).

O tratamento mecânico-biológico do lixo doméstico residual deve ser compreendido como um subprocesso do *planejamento e gestão integrados de resíduos sólidos urbanos*, pela natureza intrínseca de suas funções.

Neste sentido, seus objetivos principais são: i) reduzir o volume de resíduos através de uma coleta seletiva; ii) separar, manual e mecanicamente, e administrar o fluxo do material para reciclagem, reutilização e/ou aproveitamento energético; iii) separar, manual e mecanicamente, e administrar o fluxo da fração orgânica para estabilização biológica e destinação final, compreendendo o tratamento térmico ou disposição em aterros sanitários

(...) O processo mecânico-biológico é uma técnica que abrange o tratamento das duas frações dos resíduos urbanos, ou seja, a segregação das embalagens e a estabilização da carga orgânica, além também de envolver a destinação final dos rejeitos resultantes do tratamento em aterros sanitários (FORTES NETO. **RESID’2004**, SÃO PAULO).

A estabilização biológica que a fração orgânica do lixo doméstico residual alcança após o TMB pode se dar por intermédio de processos de biodegradação aeróbios e anaeróbios, ambos visando à completa inertização da matéria orgânica.

No caso de processos anaeróbios (fermentação), que deriva na produção de biogás (CH₄), no reator – processo de metanização –, existe a alternativa de utilização desse biogás em sistemas integrados de cogeração de energia elétrica.

O tratamento mecânico-biológico é identificado ainda como um pré-tratamento quando seu objetivo é apenas a destinação e disposição de resíduos em aterros sanitários, o que permite a redução de massa e volume desses resíduos, desintegração da matéria orgânica e redução de emissões de gases de aterros, predominantemente, o gás dióxido de carbono (CO₂) e o gás metano (CH₄).

Conquanto a existência de alternativas distintas para o tratamento mecânico-biológico, com objetivos variados de compostagem, produção de biogás e redução de massa e volume de resíduos em benefício do custo de construção e vida útil dos aterros sanitários, o propósito fixado neste trabalho tem como primazia as condições de sustentabilidade ambiental dos pequenos municípios provenientes das atividades humanas com o manejo de resíduos sólidos urbanos.

Importa, então, como característica de maior relevância no tratamento mecânico-biológico, sua capacidade potencial de redução das emissões de gases de aterro, em especial o gás metano (CH₄) e o dióxido de carbono (CO₂), produzidos, espontaneamente, com a disposição da fração orgânica do lixo doméstico residual sem tratamento, em “lixões”, o que contribui para aumento do “efeito estufa” na atmosfera. (...) “O objetivo principal do tratamento mecânico-biológico é a minimização do ônus ambiental inerente à disposição de resíduos mediante a estabilização dos resíduos em grande escala” (*Projeto setorial TMB – relatório final*, São Sebastião-SP: GTZ, 1998-2008).

De acordo com o guia “Aplicação do tratamento mecânico-biológico de resíduos no Brasil”,

(...) Com o depósito de resíduos sólidos não tratados em aterros de reator, são produzidos gases de aterro e chorume com alta carga poluente devido à decomposição anaeróbia dos componentes orgânicos dos resíduos sólidos (FRICKE *et al.*, 2007).

Esses gases, particularmente o CO₂ e o metano (CH₄) em expressiva percentagem, promovem um efeito potencialmente nocivo ao se misturar com

oxigênio, constituindo misturas combustíveis e explosivas. (...) “o metano, além disso e como está comprovado, tem seu potencial global de aquecimento, “Global Warming Potential”, ou seja, o efeito estufa do metano é 21 vezes mais elevado que o de dióxido de carbono” (FRICKE *et al.*, 2007).

(...) A produção de gás de aterro depende de muitos parâmetros, tais como o tipo e a quantidade dos resíduos sólidos depositados, idade dos aterros, tipo e gestão da água do aterro e o clima local. Ao longo do tempo, conforme a idade do aterro e dos processos de decomposição que se realizam, resulta um decurso típico da composição do gás do aterro (Figura abaixo).

Assim, pouco depois da integração dos resíduos sólidos no aterro ainda há suficiente oxigênio para uma decomposição aeróbia da substância orgânica contida nos resíduos sólidos (Fase I). Depois de se ter gasto completamente o oxigênio através dos micro-organismos inicia-se uma decomposição anaeróbia.

No início predominam os passos de decomposição com os seus produtos típicos intermediários, tais como ácidos orgânicos, chorume e dióxido de carbono e hidrogênio na fase de gás (Fase II). Os produtos intermediários são utilizados como substratos pelas bactérias que produzem metano. A produção de metano inicia-se cerca de 0,5 até 1 ano após a disposição. Enquanto no princípio da produção de metano se registram ainda concentrações de metano variáveis no gás de aterro (Fase III), estabiliza-se a parte de metano num decurso posterior em valores de aproximadamente 40-50% (Fase IV), respectivamente > 60% (Fase V). Estas duas fases são caracterizadas por um desenvolvimento acentuado do gás. Depois da produção de gás no corpo dos resíduos sólidos, surge uma queda de pressão, o gás do aterro sai em caso de não haver desgasificação ativa em grandes quantidades através da superfície do aterro. Nestas fases estáveis que se sucedem durante várias décadas, liberta-se a percentagem principal de metano e dióxido de carbono que são nocivos para o meio ambiente.

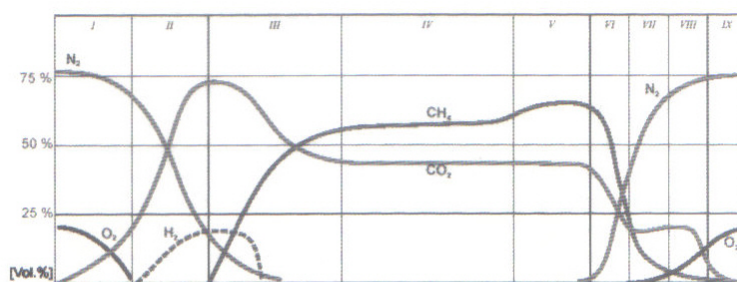


Figura 3-1: Esquema do decurso temporal da decomposição do gás do aterro (eixo do tempo sem escala) (Christensen & Kjeldsen, 1987)

Figura 3: Decurso Temporal da decomposição do gás de aterro

E, finalmente, deve-se compreender a relação sistêmica do tratamento mecânico-biológico de resíduos sólidos urbanos, com a atual política nacional de resíduos sólidos – PNRS, Lei nº 12.305/2010, mediante *Aplicabilidade do princípio da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos*, conforme o texto que se reproduz abaixo, de Alice Pereira Sinnott (2012).

(...) Com o fim de alcançar tais objetivos, foram estabelecidas obrigações para cada membro da cadeia produtiva. Conforme disposto pela referida Lei, incumbe aos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes o investimento no desenvolvimento, na fabricação e na colocação no mercado de produtos, bem como a divulgação de informações relativas às formas de evitar, reciclar e eliminar os resíduos sólidos associados a seus respectivos produtos, o recolhimento dos produtos e dos resíduos remanescentes após o uso, assim como sua subsequente destinação final, ambientalmente adequada, no caso de produtos objeto de sistema de logística reversa e o compromisso de, quando firmados acordos ou termos de compromisso com o município, participar das ações previstas no plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos no caso de produtos ainda não incluídos no sistema de logística reversa. Aos consumidores, a obrigação de acondicionar adequadamente e de forma diferenciada os resíduos sólidos gerados e disponibilizar adequadamente os resíduos sólidos reutilizáveis e recicláveis para coleta ou devolução, sempre que houver implantado no plano municipal a coleta seletiva. Aos titulares dos serviços públicos de limpeza e manejo de resíduos sólidos compete, dentre outras medidas, adotar procedimentos para reaproveitar os resíduos sólidos reutilizáveis e recicláveis oriundos dos serviços públicos de limpeza e de manejo de resíduos sólidos; implantar sistema de compostagem para resíduos sólidos orgânicos e articular com os agentes econômicos sociais formas de utilização do composto produzido e dar disposição final ambientalmente adequada aos resíduos e rejeitos oriundos dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, priorizando a organização e o funcionamento de cooperativas ou de outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis.

4

METODOLOGIA

4.1

Considerações Gerais

Conforme seu objetivo específico, o trabalho pretende avaliar indicadores de sustentabilidade ambiental dos pequenos municípios, a partir do *planejamento e gestão integrados de resíduos sólidos urbanos e tratamento mecânico-biológico*, e demonstrar a hipótese de redução das “Pegadas Ecológicas” com a emissão de gases de aterro na disposição de lixo doméstico residual.

Nesta avaliação serão calculadas as “Pegadas Ecológicas” provenientes do manejo de resíduos sólidos urbanos, em duas alternativas distintas, para uma análise comparativa entre os indicadores de sustentabilidade: i) resultantes do transporte e disposição do lixo doméstico residual em lixões; e ii) resultantes de seu transporte e processamento em uma estação comunitária de TMB.

Para compreensão da metodologia de pesquisa adotada no cálculo da “Pegada Ecológica”, é importante considerar alguns princípios e conceitos sobre os indicadores de sustentabilidade ambiental e desenvolvimento sustentável.

A pesquisa para avaliação das condições de sustentabilidade de um ecossistema urbano-rural, em geral, se utiliza de “Indicadores” que possam qualificar e quantificar os atributos de um conjunto de categorias analisadas.

A utilização de indicadores de sustentabilidade envolve variadas questões sobre a eficiência e validade de algumas destas ferramentas, demonstrando que ainda existe uma dificuldade de consenso na conceituação de sustentabilidade e de desenvolvimento sustentável, o que se reflete, diretamente, na aceitação comum de resultados mostrados pelos seus indicadores.

O surgimento do conceito de desenvolvimento sustentável, que se tornou rapidamente uma unanimidade em todos os segmentos da sociedade, ocasionou o aprofundamento da discussão sobre seu real significado teórico e prático. A questão que se estabelece a partir daí é: como o desenvolvimento sustentável pode ser definido e operacionalizado para que seja utilizado como ferramenta (...).

A resposta a esse questionamento tem sido o desenvolvimento e a aplicação de sistemas de indicadores ou ferramentas de avaliação que procuram mensurar a sustentabilidade. Entretanto, a complexidade do conceito de desenvolvimento sustentável com suas múltiplas dimensões e abordagens tem dificultado a utilização mais consciente e adequada dessas ferramentas (BELLEN, 2012, p. 13).

A questão principal, que é colocada na maioria das vezes, decorre do caráter sistêmico que se impõe, obrigatoriamente, quando associamos a visão de natureza e recursos ambientais e de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável.

O texto transcrito abaixo de Dias (2012) comenta, sinteticamente, esta questão, mostrando o atual nível de informações e incertezas em torno deste tema, questionando, na essência, o sentido da principal conceituação de desenvolvimento sustentável, divulgada, em 1987, pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, a Comissão Brundtland.

A discussão sobre o conceito de Desenvolvimento Sustentável extravasou por duas décadas, com largas margens de incertezas. Essa discussão jacobina trocou de milênio e os benefícios que deveriam trazer, da sua implantação, continuam tímidos. O que é “Desenvolvimento” e o que é “Sustentável” mereceram teses que adensaram as prateleiras empoeiradas da academia. Os desafios impostos pela realidade do enfraquecimento da segurança ecológica global colocaram essa discussão em xeque. Na verdade, “satisfazer as necessidades das gerações presentes, sem comprometer as das gerações futuras”, sinaliza a perpetuação de uma situação de stress sistêmico, ou seja, desde que as “necessidades” (ou ganância) da espécie humana sejam satisfeitas, não se devem levar em conta as necessidades dos inúmeros, complexos, intrincados e interrelacionados subsistemas que asseguram a biodiversidade na Terra. O etnocentrismo esteve bem representado nessa abordagem. O atendimento das necessidades humanas e o respeito simultâneo à capacidade de suporte e resiliência dos ecossistemas parecem ser mais adequados quando se pensa em biosfera e não em homosapiensfera (DIAS, 2012).

Mesmo assim, o reconhecimento da necessidade de aprofundamento desses debates, em torno de variadas questões relacionadas a critérios e métodos de abordagens para avaliação de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável, a metodologia utilizada no trabalho se apoia em referenciais teóricos e empíricos de uma ferramenta derivada do reconhecido método denominado *Ecological footprint method*, de Wackernagel e Rees (1996), ou “Pegada Ecológica”, adotado por Dias (2012) para avaliação de indicadores de sustentabilidade em um estudo de sua autoria, realizado no Distrito Federal em área delimitada pelas cidades satélites de Taguatinga, Ceilândia e Samambaia.

A “Pegada Ecológica” foi apontada em pesquisa sobre indicadores de sustentabilidade, realizada por Bellen (2012), como o método mais eficiente para medir o desenvolvimento sustentável, segundo a conceituação adotada pela Comissão Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento – Comissão Brundtland, sendo reconhecido por pesquisadores como marco teórico de diversos trabalhos direcionados ao estudo de ferramentas desenvolvidas sob este conceito.

Constitui-se em um método que contabiliza a matéria e a energia produzidas, direta ou indiretamente, para consumo de um socioecossistema – uma cidade e sua população – e sua capacidade de absorver resíduos e dejetos provenientes deste consumo, convertendo-os em área equivalente de biomassa.

Desta forma, tem-se o conhecimento da capacidade de carga do sistema, em referência, e se a mesma está sendo excedida, ou não. No caso de um município, por exemplo, procede-se a uma análise comparativa entre a área de sua superfície territorial e aquela equivalente à produção de recursos consumidos para sua manutenção e de sua população e a eliminação de seus dejetos.

De posse dos resultados, é possível inferir se há déficit ecológico entre a área da “Pegada Ecológica” do município e a área de sua superfície territorial.

Evidentemente, no caso de um eventual “crédito ecológico”, não significa que devam ser mantidas práticas, reconhecidamente, prejudiciais ou nocivas ao meio ambiente, quando as mesmas fizerem parte da rotina da administração pública do município (sistemas de esgotos sanitários sem coleta e tratamento, disposição de lixo doméstico residual em Lixões, entre outras).

A partir deste conceito de “Pegada Ecológica”, Coelho-de-Souza (2009) percebe a possibilidade de contribuição desta ferramenta no planejamento físico-territorial de pequenos municípios, adaptando-a para uso na metodologia de elaboração de planos diretores municipais, do Ministério das Cidades, onde se observa a inexistência de leituras técnicas e comunitárias, na etapa de diagnósticos, que avaliem as condições de sustentabilidade do município.

Por certo, as recomendações do Ministério das Cidades, Brasil (2004), para a elaboração de um plano diretor municipal, consideram as seguintes etapas de trabalho: i) leituras técnicas e comunitárias, para diagnóstico; ii) formulação de propostas de intervenção, com a definição de estratégias; iii) definição de instrumentos de implementação; e iv) sistematização da gestão e monitoramento.

Na etapa de diagnóstico, são pesquisadas as características do território, da população, uso do solo, infraestrutura e economia, a partir da leitura dos mapas temáticos, citados abaixo, sem que haja referências à leitura de indicadores de sustentabilidade ambiental dos municípios:

A) Mapas temáticos sobre o território

- Riscos para ocupação urbana;
- áreas para preservação cultural;
- estrutura fundiária;
- evolução histórica da cidade e do território;
- inserção regional do município;
- indicadores de mobilidade e circulação.

B) Mapas de caracterização e distribuição da população e movimentos

- População por bairro e densidade;
- população por faixa etária e escolaridade;
- população por condições de emprego e renda familiar;
- crescimento ou evasão da população.

C) Mapas de uso do solo

- Ocupação atual do território.

D) Mapas de infraestrutura urbana

- Serviços e equipamentos e níveis de atendimento;
- redes de infraestrutura;
- redes de equipamentos urbanos (educação, saúde, cultura, esporte, etc.);
- população atendida por infraestrutura.

E) Mapas da atividade econômica do município

- Atividades econômicas predominantes;
- atividades em expansão ou retração.

Todavia, as Diretrizes Gerais do Estatuto da Cidade, no artigo 2º, inciso VIII, recomendam: “Adoção de padrões de produção e consumo de bens e serviços e de expansão urbana compatíveis com os limites da sustentabilidade ambiental, social e econômica do Município e do território sob sua área de influência”, sem indicar de que maneira estes “padrões” devem ser avaliados e em compatibilidade com que “limites de sustentabilidade”?

Destarte, o método desenvolvido por Coelho-de-Souza (2009), denominado “Método de Avaliação da Sustentabilidade Ambiental de Pequenos Municípios”, insere a variável “sustentabilidade ambiental”, na fase de diagnóstico do planejamento, permitindo uma efetiva avaliação através da “Pegada Ecológica” do município, para uma posterior tomada de decisões em favor de alternativas que se aproximem de premissas mais sustentáveis.

A Figura 4 a seguir apresenta o organograma proposto das categorias pesquisadas nos mapas temáticos referenciados, conforme as recomendações do Ministério das Cidades, Brasil (2004), para elaboração de Planos Diretores Municipais, com a inserção da categoria “sustentabilidade ambiental”, proposta por Coelho-de-Souza (2009).

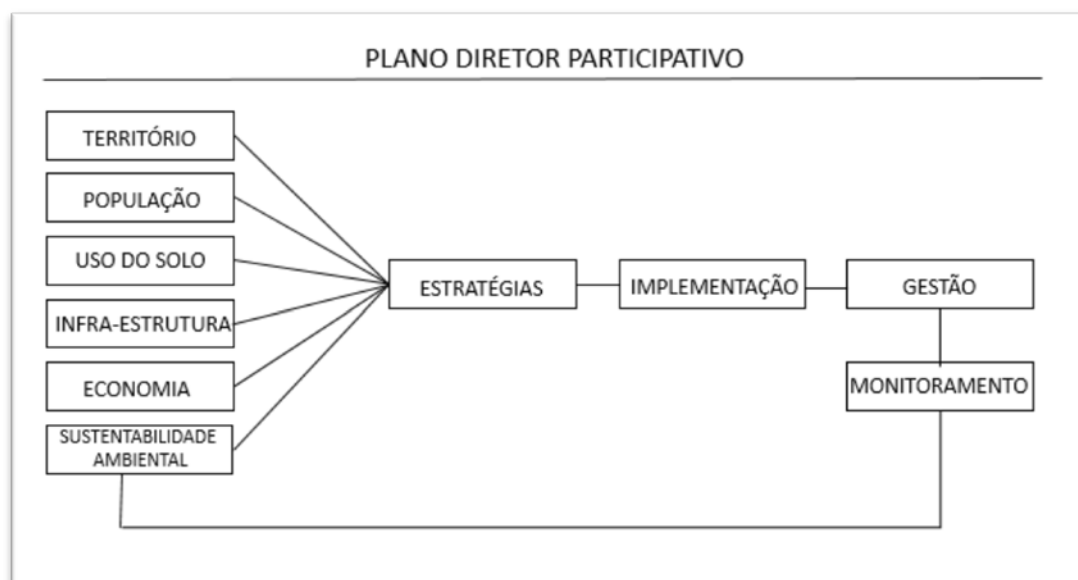


Figura 4: Organograma do processo de elaboração do Plano Diretor Municipal, com inserção da ferramenta de avaliação da Sustentabilidade Ambiental
Fonte: COELHO-DE-SOUZA (2009)

4.2

Adaptação ao Método da Pegada Ecológica

Agora que se tem uma compreensão da proposta de Coelho-de-Souza (op. cit., 2009), com a inserção da variável “sustentabilidade ambiental” no processo de elaboração do plano diretor municipal, cabe analisar de que maneira a ferramenta de avaliação foi adaptada do método de “Pegada Ecológica”, para que ela possa ser utilizada, ainda que parcialmente, neste trabalho.

Sinteticamente, o método de “Pegada Ecológica” desenvolvido por Wackernagel e Rees (1996 *apud* COELHO-DE-SOUZA, 2009), considera cinco categorias de uso de terra: i) alimentação; ii) edificações; iii) transporte; iv) bens de consumo; e v) serviços, com suas respectivas subcategorias, consoante cada região. E oito categorias de área de terra correspondente: i) área para geração de energia (combustível fóssil); ii) área do ambiente construído (área degradada); iii) hortas e pomares (produção de vegetais e frutas); iv) área de cultivos; v) área pastoril (leite, carne e lã); vi) florestas manejadas (madeiras); vii) florestas intocadas; e viii) áreas não produtivas (desertos e geleiras). Excluem-se os itens vii) e viii) por não serem considerados como terra ecologicamente produtiva.

A partir daí, formula-se um quadro conectando as linhas com os itens de uso (consumo) e as colunas com a área de terra correspondente (apropriação):

Quadro 2: Modo de apresentação da Pegada Ecológica

PEGADA ECOLÓGICA		Correspondente área de terra ecologicamente produtiva (ha/capita)						TOTAL
		Energia	Degradada	Jardim	Cultivo	Pastoril	Floresta	
CATEGORIAS DE USO	Alimentação							
	Edificações							
	Transporte							
	Bens de Consumo							
	Serviços							
TOTAL								

Fonte: WACKERNAGEL E REES (1996) *apud* COELHO-DE-SOUZA (2009)

Na adaptação de Coelho-de-Souza, o “Método para Avaliação de Sustentabilidade Ambiental de Pequenos Municípios” desenvolve-se a partir de modificações nas categorias de uso, do método da “Pegada Ecológica” original, de Wackernagel e Rees (1996).

Essas modificações procedem-se, inicialmente, conforme recomendações para elaboração do plano diretor municipal, que deve “definir os objetivos específicos das políticas públicas, como habitação, transporte e mobilidade, meio ambiente e saneamento” (BRASIL, 2006a).

É imprescindível, logo, a inclusão da categoria “Saneamento” (água, esgoto, resíduos sólidos urbanos e drenagem pluvial), que não é abordado na formulação de dados da “Pegada Ecológica” original.

Da mesma forma, serão excluídas as categorias (iv) e (v) de uso de terra, correspondentes a “bens de consumo” e “serviços”, respectivamente, uma vez que, na compreensão de Coelho-de-Souza (op. cit., 2009), o plano diretor municipal, não influencia no consumo de bens materiais da população, e no caso de serviços (...) “Esta questão já é analisada no diagnóstico para elaboração de planos diretores através dos mapas de uso de solo”.

(...) Além disso, as áreas das edificações referentes aos “serviços” estarão incluídas na avaliação sobre áreas ocupadas da zona urbana, na categoria Edificações” (COELHO-DE-SOUZA, 2009).

A autora sugere, igualmente, a alteração do nome “Edificações” para “Ambiente Construído”, para que se compreenda que a categoria abrange, além de edificações, as alterações físicas realizadas pelo homem no ambiente natural.

Nas categorias de áreas de “terra ecologicamente produtivas”, o método propõe que áreas de “hortas e pomares” sejam incluídas dentro das áreas de “cultivo”, para uma simplificação de análise, visto que essa categoria só se associa à categoria “alimentação”. E que as áreas de “florestas manejadas” sejam excluídas, por se associarem ao consumo de “madeira e papel”, itens que não são considerados no plano diretor municipal ou no planejamento e gestão urbanos.

Uma outra modificação do método proposto é considerar os resultados em hectares/habitante, em vez de hectares/pessoa, para destacar que os resultados se relacionam com os impactos ambientais associados ao planejamento de um município, proporcional, portanto, aos seus habitantes.

E, finalmente, denomina-se a ferramenta por quadro de Diagnóstico de Sustentabilidade Ambiental – DSA –, representado pelo quadro abaixo:

Quadro 3: Diagnóstico de Sustentabilidade Ambiental – DAS

DSA (Diagnóstico de Sustentabilidade Ambiental)		Correspondente à área de solo produtiva (ha/habitante)				Total ha/hab
		Energia	Construída	Cultivo	Pastoril	
Uso do Solo	Alimentação					
	Transporte					
	Saneamento					
	Ambiente Construído					
	TOTAL					

Fonte: COELHO-DE-SOUZA (2009)

Para aplicação da ferramenta em diagnósticos de planos diretores, este quadro é ainda desdobrado em seu equivalente com as respectivas subcategorias e a introdução da coluna “Impacto Reduzido”, no caso de se optar por alternativas de soluções “sustentáveis”, o que permite a subtração de áreas que promovam a redução de impactos ambientais. Assim, têm-se as seguintes subcategorias:

Quadro 4: Subcategorias da Ferramenta Proposta

Categorias	Subcategorias
Alimentação	Frutas/ Vegetais/ Grãos e Produtos Animais
Transporte	Gasolina/Álcool e Diesel
Saneamento	Água, Esgoto, RSU e Drenagem Urbana
Ambiente Construído	Urbana e Rural

Fonte: COELHO-DE-SOUZA (2009)

Veja abaixo os Quadros de Diagnósticos de Sustentabilidade Ambiental, com as categorias e subcategorias Saneamento e Transporte, pertinentes ao trabalho.

Quadro 5: Subcategoria do Saneamento

DSA		Área de solo correspondente (ha/habitante)				Impacto Reduzido (ha/h)	Total ha/hab.
		Energia	Urbanizada	Cultivo	Pastoril		
Uso	Saneamento						
	Água						
	Esgoto						
	Lixo Orgânico						
	Lixo Seco						

Fonte: COELHO-DE-SOUZA (2009)

Quadro 6: Subcategoria do Transporte

DSA		Área de solo correspondente (ha/habitante)				Impacto Reduzido (ha/h)	Total ha/hab.
		Energia	Construída	Cultivo	Pastoril		
Uso	Transporte						
	Gasolina/Álcool						
	Diesel						

Fonte: COELHO-DE-SOUZA (2009)

A extensão de área (ha) equivalente em florestas, ou biomassa, necessária para sequestro de CO₂, resultante das emissões provenientes de “gases de aterro” e de “queima de combustível fóssil”, é contabilizada nas colunas de “Energia” com as respectivas linhas de “Saneamento”, subcategoria Lixo Orgânico/Lixo Seco (Resíduos Sólidos Urbanos) e “Transporte”, subcategoria Diesel.

4.3

Ferramenta de Diagnóstico de Sustentabilidade – DSA

Apesar de se tratar de uma ferramenta destinada, originalmente, a introduzir a categoria “Sustentabilidade Ambiental” na metodologia de elaboração de planos diretores municipais, sua aplicação no trabalho não se dará como ferramenta de planejamento e gestão urbanos, mas, de acordo com os objetivos traçados, como ferramenta para demonstração de cálculos das emissões de CO₂, nas categorias “Saneamento” e “Transporte”, uma vez que, por meio desse recorte, serão obtidos os dados necessários para avaliação das “Pegadas Ecológicas” dos pequenos municípios com resíduos sólidos urbanos.

As “Pegadas Ecológicas” serão calculadas em duas situações distintas, identificadas como *alternativa 1* e *alternativa 2*, para uma análise comparativa.

Na primeira situação, ou *Alternativa 1*, serão pesquisadas as emissões de CO₂, com o transporte e a disposição do lixo doméstico residual dos pequenos municípios, sem qualquer tratamento, em locais destinados a “lixões”.

Como primeiro passo, verifica-se o volume de lixo doméstico residual recolhido por dia pelos pequenos municípios (t/dia) e os respectivos percursos até os locais de vazamentos. Estes dados foram conseguidos através de consultas, diretamente, aos departamentos de meio ambiente das respectivas prefeituras municipais dos pequenos municípios pesquisados.

Em seguida, calcula-se este volume diário ao longo de 1 ano (t/ano) e suas respectivas emissões de gases de aterros (CO₂ e CH₄), com a disposição em “lixões”, a partir de relações de equivalência, apresentadas adiante.

Da mesma forma, calcula-se o trajeto realizado por caminhões a diesel e o consumo necessário deste combustível fóssil (litros/dia), para o transporte do volume de resíduos recolhidos por dia (capacidade do caminhão x nº de viagens).

Novamente, calcula-se este consumo diário, ao longo de 1 ano (t/ano) e suas emissões equivalentes de CO₂, com a queima de combustível.

Somam-se os volumes encontrados de CO₂, com emissão de gases de aterros e queima de combustíveis fósseis, para o cálculo de emissão total de CO₂, dividindo-se, em seguida, o resultado encontrado pelo fator de equivalência em área de floresta tropical (ha), para sequestro deste CO₂.

Esta área (ha) encontrada é traduzida como a “Pegada Ecológica” do município, com o transporte e disposição de seus resíduos sólidos urbanos.

Compara-se a área da “Pegada Ecológica” com a superfície territorial do município, para uma avaliação da existência, ou não, de déficits ecológicos.

Por fim, dividindo-se esta área (ha) pela população, teremos a “Pegada Ecológica” por habitante.

Por falta de dados disponíveis e consistentes, não está sendo contabilizada a área (ha) equivalente à produção de energia necessária para a operacionalização da estação comunitária de tratamento mecânico-biológico, bem como suas áreas de construção (ha), apropriadas na categoria “Ambiente Construído”.

No caso de cálculo dessas áreas, entretanto, deve-se observar, após sua apuração, um critério de apropriação de seus valores, proporcionalmente, entre os pequenos municípios, por tratar-se de uma instalação física de uso comunitário.

Contudo, mediante resultados finais encontrados, será possível inferir se os impactos da não apropriação dessas áreas se mostrarão relevantes ou não.

Na segunda situação, ou *Alternativa 2*, repete-se todo este processo, considerando o transporte e o processamento do lixo doméstico residual, em uma estação de TMB, com o cálculo de emissões de CO₂, também a partir de relações de equivalência.

Os resultados dos dados encontrados serão formulados em quadros de Diagnóstico de Sustentabilidade Ambiental – DAS –, nas categorias de “Saneamento”, subcategoria Lixo Orgânico/Lixo Seco (resíduos sólidos urbanos) e de “Transporte”, subcategoria Diesel, para as duas alternativas.

Em seguida, procede-se com a análise comparativa entre os resultados encontrados, na *alternativa 1*, de transporte e disposição do lixo doméstico residual em “lixões”, e na *alternativa 2*, de transporte, tratamento mecânico-biológico do lixo doméstico residual e disposição final em aterros sanitários.

A avaliação da categoria “Transporte”, nas duas alternativas, decorre do fato de que, na concepção proposta de *planejamento e gestão integrados de resíduos sólidos urbanos*, considera-se o projeto de implantação de uma estação comunitária de tratamento mecânico-biológico em área apropriadamente equidistante dos centros urbanos municipais e próxima da malha rodoviária existente, como veremos no estudo de caso.

Para a realização dos cálculos da “Pegada Ecológica” e a análise comparativa entre as duas alternativas são utilizados dados e parâmetros de equivalência, relacionados ao volume de CO₂ (t/ano) emitido na biosfera e a área (ha) equivalente em biomassa, para seu sequestro.

Conforme Wackernagel e Rees (1996 *apud* COELHO-DE-SOUZA, 2009), é necessário 1 hectare de floresta tropical para o sequestro de 1,8 tonelada (1800 kg) de CO₂ emitidas na atmosfera.

Com a queima de combustíveis fósseis, 1 litro de diesel emite 2,79 kg de CO₂, e no caso da gasolina, esta proporção é de 1 litro para 2,11 kg de CO₂.

Nos aterros de lixo doméstico residual, sem tratamento, “lixões”, a referência é de que para cada 3,0 kg de lixo orgânico produzido, emite-se 1,0 kg de gás de aterro, sendo considerado 0,5 kg de CO₂ (gás carbônico) e 0,5 kg de CH₄ (gás metano), segundo a EPA – United States Environment Protection Agency (1995 *apud* DIAS, 2007).

E ainda, para os danos causados como efeito estufa, sob a ótica de Lenzen e Murray (2001 *apud* COELHO-DE-SOUZA, 2009), o gás metano (CH₄) tem um potencial nocivo 21 vezes superior ao dióxido de carbono (CO₂).

Assim, como nossa referência para cálculo da “Pegada Ecológica” considera as emissões de CO₂, devemos multiplicar a quantidade de metano pelo fator 21 para encontrar sua equivalência em CO₂.

Humer e Lechner (1997 *apud* FRICKE *et al.*, 2007) estimam que um aterro de lixo orgânico com 20 metros de altura, em funcionamento nos primeiros 10 anos, apresenta um fator de emissão de 340 litros de CH₄/m²/dia, e que através de uma coleta seletiva e do processamento destes resíduos orgânicos pode-se reduzir as emissões de metano para cerca de 120 até 160 litros de CH₄/m²/dia.

No caso do tratamento mecânico-biológico prévio deste lixo doméstico residual, as emissões com a sua posterior disposição caem, significativamente, para menos de 25 litros de CH₄/m²/dia, representando uma expressiva redução na emissão de gases de aterro de mais de 90%, comparado às emissões dos “lixões”.

No entanto, na concepção de Friche *et al.* (2002 *apud* FRICHE *et al.*, 2007), “a emissão máxima de gás metano específica por superfície é, de acordo com vários exemplos de prognósticos para resíduos sólidos tratados com TMB, inferior a 3 litros de CH₄/m²/h, respectivamente, 72 litros de CH₄/m²/dia”.

Admitindo-se o emprego da média aritmética entre os valores apontados por Humer e Lechner (1997) e Fricke *et al.* (2002), obtém-se o valor de 48 litros de CH₄/m²/dia de emissões após o tratamento mecânico-biológico do lixo doméstico residual, equivalente a 14% das emissões iniciais de 340 litros de CH₄/m²/dia, sem tratamento, representando uma redução de 86%, que doravante será adotada como referência para os cálculos de emissões com TMB.

Como as emissões de metano (CH₄) representam 50% das emissões de gases de aterro, cabendo 50% ao dióxido de carbono (CO₂), pode-se inferir que com o tratamento mecânico-biológico as reduções, no mínimo, são as mesmas.

Destarte, para cada 3,0 kg de lixo doméstico residual processado em uma estação de TMB, com posterior disposição em aterros sanitários, a emissão se reduz, teoricamente, de 1,0 kg para apenas 0,14 kg de gases de aterro (14% de 1,0 kg de gás de aterro liberado), sendo 50% de CO₂ (0,07 kg) e 50% de CH₄ (0,07 kg), e, reiterando, para que se calcule seu “efeito de estufa” como gás liberado na atmosfera em equivalente de CO₂, deve ter seu volume multiplicado pelo fator 21.

As tabelas abaixo apresentam as relações de equivalência descritas:

Tabela 2: Relação Combustível Fóssil / Emissão de CO₂

Consumo de Combustível Fóssil (litros)		Emissão de CO ₂ (kg)
Diesel	1,0	2,79
Gasolina	1,0	2,11

Fonte: Brasil (2006b)

Tabela 3: Relação RSU / Emissão de CO₂

Lixo Doméstico Residual (kg)		Emissão de Gás de Aterro (kg)
Sem Tratamento	3,0	1,0
TMB	3,0	0,14

Fonte: Fricke *et al.* (2007)

Tabela 4: Relação de Gás de Aterro / CO₂/CH₄ (Efeito Estufa – 21 vezes CO₂)

Emissão de Gás de Aterro (kg)	Equivalência em CO ₂ /CH ₄ (kg)
1,0	0,5 CO ₂ e 0,5 CH ₄

Fonte: Fricke *et al.* (2007)

Tabela 5: Relação de Biomassa / Sequestro de CO₂

Área de Floresta Tropical (ha)	Sequestro de CO ₂ (t)
Biomassa 1,0	1,8

Fonte: Wackernagel e Rees (1996 *apud* COELHO-DE-SOUZA, 2009)

Por fim, através desses indicadores e de seus equivalentes em emissões de dióxido de carbono – CO₂ – e de áreas necessárias para seu respectivo sequestro, pode-se chegar a uma avaliação do potencial de redução de emissões de gases que contribuem para o efeito estufa, por meio do tratamento mecânico-biológico de resíduos sólidos urbanos.

Reiteramos que a ferramenta desenvolvida por Coelho-de-Souza (2009), em sua dissertação de mestrado, é utilizada neste trabalho, apenas parcialmente, de forma a complementá-lo com fundamentos acadêmicos de pesquisa científica aplicada, uma vez que os métodos adotados para cálculos de emissões de CO₂ encontram-se na literatura técnica pertinente e são suficientes para demonstrar os objetivos deste trabalho.

Não obstante, o Método de Avaliação de Sustentabilidade Ambiental de Pequenos Municípios, proposto por Coelho-de-Souza (2009), qualifica-se como importante ferramenta no âmbito do planejamento e gestão urbanos e deve ser, como tal, amplamente divulgado para sua efetiva incorporação na metodologia de elaboração de planos diretores municipais, consolidando seus objetivos com os Princípios da Sustentabilidade Ambiental.

5

ESTUDO DE CASO

5.1

Objeto Empírico

Compreende um grupo de pequenos municípios no sul do estado de Minas Gerais, constituído pelos municípios de Caxambu, Baependi, Conceição do Rio Verde, Cambuquira, Campanha, Lambari e Jesuânia, situado em região de produção agropecuária, de turismo histórico e ecológico e de estâncias hidrominerais, ao qual integram-se, em uma escala maior, os municípios de Itamonte, Pouso Alto, São Lourenço, Soledade de Minas, Carmo de Minas, Olímpio de Noronha, Heliadora, entre outros.

Os centros urbanos dos municípios em referência estão em proximidade físico-territorial e encontram-se localizados, geograficamente, em torno de uma estratégica área plana, central e equidistante, num raio médio de aproximadamente 25 km, margeada ao sul pela rodovia MG-460 e a leste pela BR-267, conhecida neste trecho como rodovia Vital Brazil.

Estes municípios têm opções de acessos, também, pelas rodovias BR-381, BR-354 e MG-456, o que demonstra a existência de farta malha rodoviária estadual e federal, na microrregião do estudo.

A proposta idealiza a ocupação territorial de uma área comum entre os municípios, com características físicas e geográficas adequadas para a instalação de uma estação de tratamento mecânico-biológico, a partir dos respectivos Estudos de Impacto Ambiental – EIA – pertinentes.

A figura a seguir indica o local utilizado para o exemplo deste estudo de caso, situado em relativa equidistância dos centros urbanos municipais, no entroncamento das rodovias BR-267 e MG-460 e que se destina à implantação da planta industrial comunitária de tratamento mecânico-biológico, premissa básica para os objetivos do trabalho, de redução das “Pegadas Ecológicas” dos pequenos municípios com o *planejamento e gestão integrados de resíduos sólidos urbanos*.



Figura 5: Microrregião dos Pequenos Municípios

Fonte: Google

O local da estação comunitária de tratamento mecânico-biológico encontra-se em uma área distante, aproximadamente a 30 km do centro urbano de Caxambu, 35 km de Baependi, 15 km de Conceição do Rio Verde, 15 km de Cambuquira, 25 km de Campanha, 15 km de Lambari e 25 km de Jesuânia.

A malha rodoviária federal e estadual existente atende, eficientemente, ao deslocamento de veículos leves e pesados entre os municípios, com alternativas de acessos por mais de uma via, o que evidencia as características potenciais para o desenvolvimento de uma tradicional região de turismo histórico, ecológico e de estâncias hidrominerais, pelas jazidas de águas minerais das conhecidas cidades de Caxambu, Cambuquira, Lambari e São Lourenço.

A existência de grandes aquíferos confinados na região impõe às municipalidades uma responsabilidade adicional no trato com o saneamento básico municipal, particularmente com as subcategorias “esgotos sanitários” e “lixo doméstico residual”, diante do risco de poluição desses importantes lençóis artesianos, que se constituem em recursos naturais de valor inestimável para as condições de sustentabilidade ambiental.

Uma importante iniciativa vem sendo demonstrada pela união de algumas municipalidades regionais, a saber: Baependi, Cambuquira, Caxambu, Lambari, Carmo de Minas e São Lourenço (apenas estas duas últimas não estão no estudo de caso), em torno da recente criação de uma rede de negócios orientados ao ecoturismo sustentável da região, denominada “Águas da Mantiqueira de Minas”.

Já existe, entretanto, uma antiga associação fundada em 1977, com sede na cidade de Caxambu, conhecida como AMAG – Associação dos Municípios da Microrregião do Circuito das Águas –, que dá suporte ao desenvolvimento municipal, com ênfase na área do Direito Administrativo Público para a consolidação do Direito Municipal. Esta associação poderia se atribuir de responsabilidades sobre essas novas e importantes demandas por planejamento e gestão, visando aos ecossistemas urbanos e rurais desses pequenos municípios.

Vale acrescentar que, essa microrregião e seus pequenos municípios têm características históricas por estarem integrados ao roteiro do “Caminho Velho da Estrada Real”, com origem na cidade de Ouro Preto e destino em Paraty, o que vem fortalecendo o turismo regional a partir de cidades que remetem ao Brasil colonial e ao seu patrimônio arquitetônico e cultural.

5.2

Aspectos Gerais dos Pequenos Municípios

De acordo com o senso do IBGE de 2010, o Estado de Minas Gerais possui uma extensão territorial de 586.528 km², equivalente a 58.652.800 ha, com a segunda maior população do Brasil, de 19.597.330 habitantes, distribuída entre 853 municípios, correspondentes a 15,3% do total de 5.570 municípios brasileiros.

Destes municípios, segundo o IBGE (2010), 249 municípios têm até 5.000 habitantes; 265 municípios entre 5.001 e 10.000 habitantes; 173 municípios entre 10.001 e 20.000 habitantes; 106 municípios entre 20.001 e 50.000 habitantes; 37 municípios entre 50.001 e 100.000 habitantes; 20 municípios entre 100.001 e 500.000 habitantes; e apenas 3 municípios têm mais de 500.000 habitantes.

A distribuição populacional entre os municípios mineiros mostra uma relação onde 687 municípios, representando 80% do total, têm menos que 20.000 habitantes e estão excluídos da obrigatoriedade de elaboração do plano diretor municipal, conforme o Estatuto da Cidade, sinalizando uma situação da maioria dos municípios brasileiros, de deficiências com saneamento básico municipal.

Minas é um estado reconhecido nacionalmente, sob seu aspecto histórico, principalmente pelas cidades construídas no século XVIII, durante o ciclo do ouro, na colonização do interior do estado e do país, e foi berço de relevantes eventos da história brasileira, a partir da Inconfidência Mineira, a revolução de 1930 e o golpe militar de 1964, assim como do movimento da década de 1980, conhecido como Diretas Já.

Situa-se num planalto com relevo entre 100 a 1500 metros, com as maiores altitudes nas serras da Mantiqueira, Espinhaço, Canastra e do Caparaó, com grande parte de seu território localizado no Planalto Atlântico e sua região noroeste no Planalto Central.

Seu clima predominantemente tropical apresenta as mais baixas temperaturas na região sul, onde também se concentram os maiores índices pluviométricos, juntamente com as regiões sudeste, central e leste.

O território tem vegetação composta pelos biomas: cerrado, mata atlântica, campos rupestres e mata seca, e é o berço de nascentes de importantes rios de suas bacias hidrográficas, como o Rio São Francisco, Rio Grande e Rio Paranaíba.

5.2.1

Município de Caxambu

O município de Caxambu é uma das principais estâncias hidrominerais do grupo de municípios pesquisados, com uma população de aproximadamente 23 mil habitantes, IDHM de 0,796 (alto PNUD/2000), extensão territorial de 100,20 km² e densidade em torno de 229,53 habitantes/km².

Está situado na Mesorregião Sul/Sudoeste de Minas Gerais (IBGE, 2008) e na Microrregião de São Lourenço (IBGE, 2008), e tem como municípios limítrofes Baependi, Pouso Alto, Soledade de Minas e Conceição do Rio Verde.

Sua altitude é de 895 m, com clima tropical de altitude e média anual de temperatura de 17 graus centígrados.

A cidade possui um grande complexo hidromineral, com doze fontes de águas de diferentes propriedades bioquímicas, e se situa no Parque das Águas Doutor Lisandro Carneiro Guimarães, o qual é tombado pelo Instituto Estadual de Patrimônio Histórico e Artístico de Minas Gerais.

Este conjunto de diferentes fontes de águas naturais é reconhecido nacionalmente, sendo considerado uma das maiores jazidas do mundo.

Por este motivo, em especial, o turismo se destaca regionalmente como uma das principais atividades que movimentam a economia da cidade, atendido por acomodações de hospedagem em tradicional rede de hotelaria urbana.

Os acessos ao município podem ser feitos pelas rodovias federais BR-381 e BR-267 (Belo Horizonte e São Paulo), BR-267 (Juiz de Fora), BR-354 (Rio de Janeiro) e MG-383 (Cruzília e São João Del Rei).

As atividades econômicas desenvolvidas pelo município geram um PIB de R\$ 175.855,00 (IBGE, 2010), onde o setor de serviços representa 85% do total; o setor industrial, 12% e o setor de agropecuária, apenas 3%.

A cidade tem uma produção média de 17 toneladas de lixo diário, basicamente orgânico e de origem doméstica, com o vazamento desses resíduos em um Lixão a aproximadamente 37 km de distância de seu centro urbano.

O local proposto para a implantação da Estação Comunitária de Tratamento Mecânico-Biológico situa-se a 30 km de distância, a oeste da cidade, com acesso pela BR-267.

5.2.2

Município de Baependi

O município de Baependi tem seu centro urbano localizado a apenas 5 km de distância da cidade de Caxambu, o que indica uma natural existência de relações de interdependência entre as cidades.

Com uma população de aproximadamente 18 mil habitantes, um pouco menor que Caxambu, tem IDHM de 0,742 (alto PNUD/2000), uma grande extensão territorial de 751,54 km², o que explica sua baixa densidade populacional de 24,33 habitantes/km².

Está situado na Mesorregião Sul/Sudoeste de Minas Gerais (IBGE, 2008) e na Microrregião de São Lourenço (IBGE, 2008), e tem como municípios limítrofes Aiuruoca, Alagoa, Itamonte, Pouso Alto, Caxambu, Conceição do Rio Verde, Cruzília e São Tomé das Letras.

Sua altitude é de 893 m, e, como não dispõe de informações precisas, seu clima é considerado como tropical de altitude e média anual de temperatura de 17 graus centígrados, por analogia a Caxambu.

Em face de sua grande superfície territorial, destacam-se as belezas naturais do município, com sua cidade cercada por montanhas, matas, rios e cachoeiras, que oferecem excelentes alternativas para o ecoturismo na região.

O município, que está incluído no Circuito das Águas, tem acesso pelas das rodovias BR-381 e BR-267 (Belo Horizonte e São Paulo), BR-267 (Juiz de Fora), BR-354 (Rio de Janeiro) e MG-383 (Cruzília e São João Del Rei).

Sua economia é baseada na agricultura, pecuária, indústria artesanal, comercialização de pedras quartzito e no turismo, gerando um PIB de R\$ 165.194,00 (IBGE, 2010), onde o setor de serviços responde por 58% do total; o setor industrial, por 26% e o setor de agropecuária, por 16%.

A cidade produz uma média de 10 toneladas de lixo doméstico residual por dia, lançando seus resíduos *in natura*, em um Lixão a aproximadamente 20 km de distância de seu centro urbano.

O local proposto para a implantação da Estação Comunitária de Tratamento Mecânico-Biológico estar a 35 km de distância, a oeste da cidade, com acesso pela BR-267.

5.2.3

Município de Conceição do Rio Verde

O município de Conceição do Rio Verde está localizado a oeste de Caxambu pela BR-267, num percurso de veículos com o tempo de vinte minutos entre seus centros urbanos.

Sua população é de aproximadamente 13 mil habitantes, IDHM de 0,747 (alto PNUD/2000), extensão territorial de 369,68 km² e densidade em torno de 35 habitantes/km².

Está situado na Mesorregião Sul/Sudoeste de Minas Gerais (IBGE, 2008) e na Microrregião de São Lourenço (IBGE, 2008), e tem como municípios limítrofes Cambuquira, Três Corações, Jesuânia, Carmo de Minas, Caxambu, Baependi, São Thomé das Letras e Soledade de Minas.

Sua altitude é de 873 m, com clima tropical de altitude e média anual de temperatura em torno de 20 graus centígrados.

A cidade apresenta características predominantemente agropecuárias, com atividades rurais voltadas para a produção de café e pecuária de leite por toda sua grande extensão territorial.

Tradicionalmente de cultura religiosa, teve sua igreja Matriz de Nossa Senhora da Conceição elevada à dignidade de basílica pelo papa Paulo VI, em 1974.

Os acessos ao município podem ser feitos também pelas rodovias BR-381 e BR-267 (Belo Horizonte e São Paulo), BR-267 (Juiz de Fora), BR-354 (Rio de Janeiro) e MG- 383 (Cruzília e São João Del Rei).

As atividades econômicas desenvolvidas pelo município geram um PIB de R\$ 130.065,00 (IBGE, 2010), com o setor de serviços respondendo por 51% do total, o setor industrial 10% e o setor de agropecuária 34%.

A cidade tem uma produção média de 8 toneladas de lixo doméstico residual por dia, lançando seus resíduos *in natura*, em um Lixão a aproximadamente 4 km de distância de seu centro urbano.

O local proposto para a implantação da Estação Comunitária de Tratamento Mecânico-Biológico encontra-se a 15 km de distância, a oeste da cidade, com acesso pela BR-267.

5.2.4

Município de Cambuquira

A cidade de Cambuquira é a menor das estâncias hidrominerais e está localizada a oeste da cidade de Conceição do Rio Verde, a uma distância de, aproximadamente, 30 km desta.

Tem a população de 13 mil habitantes, IDHM de 0,788 (alto PNUD/2000), extensão territorial de 246,38 km² e densidade próxima de 51,5 habitantes/km².

Está situada na Mesorregião Sul/Sudoeste de Minas Gerais (IBGE, 2008) e na Microrregião de São Lourenço (IBGE, 2008) e tem como municípios limítrofes Três Corações, Campanha, Lambari, Conceição do Rio Verde e Jesuânia.

Sua altitude é de 950 m, com clima tropical de altitude e média anual de temperatura de 18 graus centígrados.

A cidade, tradicionalmente turística, dispõe em seu Parque das Águas de seis fontes de águas minerais classificadas como ferruginosa, alcalina, magnesiânica, sulfurosa, gasosa e com lítio. Existem, ainda, outras fontes de águas minerais em seus arredores, como as fontes do Marimbeiro e do Laranjal.

A cidade, cercada de montanhas, é referência para esportistas adeptos de saltos de parapente e asa-delta, no pico do Pirapau, a 1.300 m de altitude.

Os acessos ao município são feitos pelas rodovias BR-381 e BR-267 (Belo Horizonte e São Paulo), BR-267 (Juiz de Fora), BR-354 (Rio de Janeiro), MG-167 (Três Corações), MG-460 (Lambari) e MG-383 (Cruzília e São João Del Rei).

Suas atividades econômicas desenvolvem-se a partir da cultura do café, pecuária do leite, turismo e produção de água mineral que resultam num PIB de R\$ 106.356,00 (IBGE, 2010), onde o setor de serviços responde por 59% do total; o setor de indústria, por 7% e o setor de agropecuária, por 29%.

A cidade gera uma produção média de 8 toneladas de lixo doméstico residual por dia, lançando seus resíduos *in natura*, em um Lixão a aproximadamente 2 km de distância de seu centro urbano.

O local proposto para a implantação da Estação Comunitária de Tratamento Mecânico-Biológico localiza-se a 15 km de distância, a leste da cidade, com acesso pela BR-267.

5.2.5

Município de Campanha

O município de Campanha, localizado a oeste de Cambuquira, possui grande importância cultural na microrregião do estudo, sendo considerada a porta de entrada para o Circuito das Águas, para turistas provenientes de Belo Horizonte e São Paulo e cidades das regiões da BR-381.

Tem população de 16 mil habitantes, IDHM de 0,784 (alto PNUD/2000), com extensão territorial de 335,58 km² e densidade de 45,93 habitantes/km².

Está situado na Mesorregião Sul/Sudoeste de Minas Gerais (IBGE, 2008) e na Microrregião de Varginha (IBGE, 2008), e tem como municípios limítrofes Cambuquira, Monsenhor Paulo, São Gonçalo do Sapucaí, Lambari e Três Corações. Sua altitude é de 840 m, com clima tropical de altitude e média anual de temperatura de 18 graus centígrados.

A histórica cidade de Campanha, uma das mais antigas do Sul de Minas, é sede da Academia Sul Mineira de Letras, do Instituto Histórico e Geográfico Alfredo Valadão, da Cruzada Nacional de Alfabetização, do Museu Regional do Sul de Minas, entre outras instituições socioculturais. Tem como filho mais ilustre o cientista Vital Brazil, além de antigos moradores, como Euclides da Cunha Fernando de Azevedo, Manuel Bandeira, Bárbara Heliodora, entre outros.

Os acessos ao município são feitos pelas rodovias BR-381 (Belo Horizonte e São Paulo) e BR-267 e BR-354 (Rio de Janeiro).

A economia da cidade gira em torno das culturas do café, milho, feijão e cítricos, da pecuária do leite, da indústria artesanal de objetos e artigos para decoração, com rica variedade de tapeçaria, além do turismo arquitetônico e cultural. Essas atividades geram um PIB de R\$ 164.097,00 (IBGE, 2010), com o setor de serviços respondendo por 60% do total; o setor industrial, por 14% e o setor de agropecuária, por 17%.

A cidade tem uma produção média de 8 toneladas de lixo doméstico residual por dia, lançando seus resíduos *in natura*, em um Lixão a aproximadamente 2 km de distância de seu centro urbano.

O local proposto para a implantação da Estação Comunitária de Tratamento Mecânico-Biológico situa-se a 15 km de distância, a leste da cidade, com acesso pela BR-267.

5.2.6

Município de Lambari

O município de Lambari possui, na sua cidade sede, a mais charmosa das estâncias hidrominerais da microrregião, pela beleza natural de suas montanhas, pelo Lago Guanabara e pela imponência do Cassino do Lago Guanabara, construído no início do século XX e inspirado na arquitetura dos palácios franceses.

Sua população está em torno de 20 mil habitantes, IDHM de 0,781 (alto PNUD/2004), com extensão territorial de 213,11 km² e densidade de 95,96 habitantes/km².

Está situado na Mesorregião Sul/Sudoeste de Minas Gerais e na Microrregião de São Lourenço (IBGE, 2008), e tem como municípios limítrofes Cambuquira, Campanha, São Gonçalo do Sapucaí, Heliódora, Natércia e Jesuânia.

Tem altitude de 887 m, com clima tropical de altitude e média anual de temperatura de 18 graus centígrados.

A cidade de Lambari, como as demais estâncias hidrominerais, é tradicionalmente turística, pela qualidade das águas minerais gasosas de suas fontes naturais, pelos seus parques e reservas florestais, pelas diversas cachoeiras e passeios em torno do seu lago artificial que compõem um belo conjunto arquitetônico e paisagístico com o prédio do Cassino do Lago e a Serra das Águas, ao fundo da cidade.

Os acessos ao município podem ser feitos pelas seguintes rodovias: a sudeste pela rodovia MG-460 (São Lourenço); a sudoeste pela rodovia MG-456 (Heliódora e São Paulo); a nordeste também pela rodovia MG-460, a partir da rodovia BR-267 (Caxambu e Juiz de Fora) e (Campanha e Belo Horizonte).

Suas atividades econômicas, que igualmente se apoiam na cultura do café e pecuária do leite, cresceram sensivelmente em torno da indústria de produtos para laticínios, com matéria-prima em aço inox, fibra de vidro e plástico injetado, sendo atualmente referência neste setor, em todo o Sul de Minas.

Por esse motivo, seu PIB alcança o valor de R\$ 179.105,45 (IBGE, 2010), ultrapassando o de Caxambu com mais 3 mil habitantes, onde o setor de serviços responde por 63% do total; o setor industrial, por 12% e o setor de agropecuária, por 19%.

A cidade tem uma produção média de 15 toneladas de lixo doméstico residual por dia, lançando seus resíduos *in natura*, em um Lixão a aproximadamente 3 km de distância de seu centro urbano.

O local proposto para a implantação da Estação Comunitária de Tratamento Mecânico-Biológico estar a 15 km de distância, a nordeste da cidade, com acesso pela MG-460.

5.2.7

Município de Jesuânia

O município de Jesuânia está localizado a sudeste da cidade de Lambari, a aproximadamente 10 km de distância, o que também indica uma relação de interdependência com esta, a exemplo da relação entre Caxambu e Baependi.

Sua população é de 5 mil habitantes, IDHM de 0,739 (alto PNUD/2000), com extensão territorial de 153,85 km² e densidade de 31,1 habitante/km².

Está situado na Mesorregião Sul/Sudoeste de Minas Gerais (IBGE, 2008) e Microrregião de São Lourenço (IBGE, 2008), e tem como municípios limítrofes Lambari, Natércia, Conceição das Pedras, Olímpio Noronha, Carmo de Minas, Conceição do Rio Verde e Cambuquira.

Sua altitude é de 900 m, com clima tropical de altitude e média anual de temperatura de 18 graus centígrados.

Os acessos ao município são feitos pela MG-460 (São Lourenço e Rio de Janeiro) e no sentido inverso, pela mesma MG-460 (Lambari) e BR-267 (Caxambu).

A cidade de vida pacata tem sua economia, basicamente, em torno de atividades agropecuárias, com um PIB de R\$ 39.529 (IBGE, 2010), onde o setor de serviços responde por 52% do total; o setor industrial, por 6% e o setor de agropecuária, por 38%.

Conta com uma produção média de 4 toneladas de lixo doméstico residual por dia, lançando seus resíduos *in natura*, em um Lixão a aproximadamente 3 km de distância de seu centro urbano.

O local proposto para a implantação da Estação Comunitária de Tratamento Mecânico-Biológico encontra-se a 25 km de distância da cidade.

5.3

Avaliação de Sustentabilidade – Formulação de Dados

5.3.1

Município de Caxambu

População: 23 mil habitantes

Extensão Territorial: $100,20 \text{ km}^2 = 10.020,00 \text{ ha}$

Produção Parcial de RSU: 17 toneladas de lixo doméstico residual/dia

Produção Total de RSU: 6.205,00 toneladas/ano

Alternativa 1 – Base de Cálculos

Emissões de CO₂ com transporte e disposição de RSU sem tratamento:

Emissão de gases de aterro (1/3 do volume de RSU): 2.068,33 toneladas/ano

Emissão de CO₂ (50% das emissões de gases de aterro): 1.034,16 toneladas/ano

Emissão de CH₄ (50% das emissões de gases de aterro): 1.034,16 toneladas/ano

Equivalência de CH₄ em CO₂ (21 vezes): 21.717,49 toneladas/ano

Emissão equivalente de CO₂ na disposição de RSU: **22.751,65 toneladas/ano**

Distância entre Área Urbana e Lixão: 37 km

Número de viagens de caminhão compactador (8 t): 3 viagens/dia (ida/volta)

Distância total percorrida: 222 km/dia

Consumo estimado de diesel do caminhão compactador (8 t): 2,5 km/litro

Consumo parcial estimado de diesel com o transporte de RSU: 88,80 litros/dia

Consumo total estimado de diesel com o transporte de RSU: 32.412,00 litros/ano

Emissão de CO₂ com queima de combustível fóssil (diesel): **90,43 toneladas/ano**

Emissão total equivalente de CO₂: 22.842,08 toneladas/ano

Área de floresta tropical p/ sequestro de CO₂: 12.690,04 ha – Pegada Ecológica

Área por habitante – Saneamento: 0,549 ha/habitante

Área por habitante – Transporte: 0,002 ha/habitante

Área por habitante – Total: 0,551 ha/habitante

Relação entre Extensão Territorial/Pegada Ecológica:

$10.020,00 \text{ ha} / 12.690,04 \text{ ha} = 0,7 < 1$ – Situação de Déficit Ecológico

Alternativa 2 – Base de Cálculos

Emissões de CO₂ com transporte e disposição de RSU com TMB

Emissão equivalente de CO₂ na disposição de RSU (14%): **3.185,23 toneladas/ano**

Distância entre Área Urbana e Estação de TMB: 30 km

Número de viagens de caminhão compactador (8 t): 3 viagens/dia (ida/volta)

Distância total percorrida: 180 km/dia

Consumo parcial estimado de diesel com o transporte de RSU: 72,00 litros/dia

Consumo total estimado de diesel com o transporte de RSU: 26.280,00 litros/dia

Emissão de CO₂ com queima de combustível fóssil (diesel): **73,32 toneladas/ano**

Emissão total equivalente de CO₂: 3.258,55 toneladas/ano

Área de floresta tropical p/ sequestro de CO₂: 1.810,30 ha – Pegada Ecológica

Área por habitante – Saneamento: 0,076 ha/habitante

Área por habitante – Transporte: 0,001 ha/habitante

Área por habitante – Total: 0,077 ha/habitante

Relação entre Extensão Territorial/Pegada Ecológica:

10.020,00 ha/1.810,30 ha = 5,5 > 1 – Situação de Equilíbrio Ecológico

Diagnóstico de Sustentabilidade Ambiental – Adaptação c/ Alternativas 1 e 2

DSA		Correspondente Área de Solo Produtiva (ha/h)				Total (ha/h)	
		Energia		Urbanizada	Cultivo	Pastoril	
		Alt. 1	Alt. 2				Alt. 1 Alt. 2
U S O	Alimentação	—	—	—	—	—	—
	Transporte	0,002	0,001	—	—	—	0,002 0,001
S O L O	Saneamento	0,549	0,076	—	—	—	0,549 0,076
	Ambiente Construído	—	—	—	—	—	—
TOTAL		0,551	0,077	—	—	—	Déficit Equilíbrio

5.3.2

Município de Baependi

População: 18 mil habitantes

Extensão Territorial: $750,54 \text{ km}^2 = 75.054,00 \text{ ha}$

Produção Parcial de RSU: 10 toneladas de lixo doméstico residual/dia

Produção Total de RSU: 3.650,00 toneladas/ano

Alternativa 1 – Base de Cálculos

Emissões de CO₂ com transporte e disposição de RSU sem tratamento:

Emissão de gases de aterro (1/3 do volume de RSU): 1.216,66 toneladas/ano

Emissão de CO₂ (50% das emissões de gases de aterro): 608,33 toneladas/ano

Emissão de CH₄ (50% das emissões de gases de aterro): 608,33 toneladas/ano

Equivalência de CH₄ em CO₂ (21 vezes): 12.774,99 toneladas/ano

Emissão equivalente de CO₂ na disposição de RSU: **13.383,32 toneladas/ano**

Distância entre Área Urbana e Lixão: 20 km

Número de viagens de caminhão compactador (8 t): 1 viagem/dia (ida/volta)

Distância total percorrida: 40 km/dia

Consumo estimado de diesel do caminhão compactador (8 t): 2,5 km/litro

Consumo parcial estimado de diesel com o transporte de RSU: 16,00 litros/dia

Consumo total estimado de diesel com o transporte de RSU: 5.840,00 litros/ano

Emissão de CO₂ com queima de combustível fóssil (diesel): **16,29 toneladas/ano**

Emissão total equivalente de CO₂: 13.399,61 toneladas/ano

Área de floresta tropical p/ sequestro de CO₂: 7.444,22 ha – Pegada Ecológica

Área por habitante – Saneamento: 0,413 ha/habitante

Área por habitante – Transporte: 0,0005 ha/habitante

Área por habitante – Total: 0,413 ha/habitante

Relação entre Extensão Territorial/Pegada Ecológica:

$75.054,00 \text{ ha} / 7.444,22 \text{ ha} = 10,08 > 1$ – Situação de Equilíbrio Ecológico

Alternativa 2 – Base de Cálculos

Emissões de CO₂ com transporte e disposição de RSU com TMB

Emissão equivalente de CO₂ na disposição de RSU (14%): **1.873,66 toneladas/ano**

Distância entre Área Urbana e Estação de TMB: 35 km

Número de viagens de caminhão compactador (8 t): 1 viagem/dia (ida/volta)

Distância total percorrida: 70 km/dia

Consumo parcial estimado de diesel com o transporte de RSU: 28,00 litros/dia

Consumo total estimado de diesel com o transporte de RSU: 10.220,00 litros/dia

Emissão de CO₂ com queima de combustível fóssil (diesel): **28,51 toneladas/ano**

Emissão total equivalente de CO₂: 1.902,17 toneladas/ano

Área de floresta tropical p/ sequestro de CO₂: 1.056,76 ha – Pegada Ecológica

Área por habitante – Saneamento: 0,057 ha/habitante

Área por habitante – Transporte: 0,0008 ha/habitante

Área por habitante – Total: 0,057 ha/habitante

Relação entre Extensão Territorial/Pegada Ecológica:

75.054,00 ha/1.056,76 ha = 71,02 > 1 – Situação de Equilíbrio Ecológico

Diagnóstico de Sustentabilidade Ambiental – DSA

DSA		Correspondente Área de Solo Produtiva (ha/h)				Total (ha/h)	
		Energia		Urbanizada	Cultivo	Pastoril	
		Alt. 1	Alt. 2				
U	Alimentação	—	—	—	—	—	—
S	Transporte	0,0005	0,0008	—	—	—	0,0005 0,0008
O	Saneamento	0,413	0,057	—	—	—	0,413 0,057
S	Ambiente Construído	—	—	—	—	—	—
O	TOTAL	0,413	0,057	—	—	Equilíbrio	Equilíbrio

5.3.3

Município de Conceição do Rio Verde

População: 13 mil habitantes

Extensão Territorial: $369,68 \text{ km}^2 = 36.968,00 \text{ ha}$

Produção Parcial de RSU: 8 toneladas de lixo doméstico residual/dia

Produção Total de RSU: 2.920,00 toneladas/ano

Alternativa 1 – Base de Cálculos

Emissões de CO₂ com transporte e disposição de RSU sem tratamento:

Emissão de gases de aterro (1/3 do volume de RSU): 973,33 toneladas/ano

Emissão de CO₂ (50% das emissões de gases de aterro): 486,66 toneladas/ano

Emissão de CH₄ (50% das emissões de gases de aterro): 486,66 toneladas/ano

Equivalência de CH₄ em CO₂ (21 vezes): 10.219,99 toneladas/ano

Emissão equivalente de CO₂ na disposição de RSU: **10.706,65 toneladas/ano**

Distância entre Área Urbana e Lixão: 4 km

Número de viagens de caminhão compactador (8 t): 2 viagens/dia (ida/volta)

Distância total percorrida: 16 km/dia

Consumo estimado de diesel do caminhão compactador (8 t): 2,5 km/litro

Consumo parcial estimado de diesel com o transporte de RSU: 6,40 litros/dia

Consumo total estimado de diesel com o transporte de RSU: 2.336,00 litros/ano

Emissão de CO₂ com queima de combustível fóssil (diesel): **6,51 toneladas/ano**

Emissão total equivalente de CO₂: 10.713,16 toneladas/ano

Área de floresta tropical p/ sequestro de CO₂: 5.951,76 ha – Pegada Ecológica

Área por habitante – Saneamento: 0,457 ha/habitante

Área por habitante – Transporte: 0,0002 ha/habitante

Área por habitante – Total: 0,457 ha/habitante

Relação entre Extensão Territorial/Pegada Ecológica:

$36.968,00 \text{ ha} / 5.951,76 \text{ ha} = 6,21 > 1$ – Situação de Equilíbrio Ecológico

Alternativa 2 – Base de Cálculos

Emissões de CO₂ com transporte e disposição de RSU com TMB

Emissão equivalente de CO₂ na disposição de RSU (14%): **1.498,93 toneladas/ano**

Distância entre Área Urbana e Estação de TMB: 15 km

Número de viagens de caminhão compactador (8 t): 2 viagens/dia (ida/volta)

Distância total percorrida: 60 km/dia

Consumo parcial estimado de diesel com o transporte de RSU: 24,00 litros/dia

Consumo total estimado de diesel com o transporte de RSU: 8.760,00 litros/dia

Emissão de CO₂ com queima de combustível fóssil (diesel): **24,44 toneladas/ano**

Emissão total equivalente de CO₂: 1.523,37 toneladas/ano

Área de floresta tropical p/ sequestro de CO₂: 846,31 ha – Pegada Ecológica

Área por habitante – Saneamento: 0,064 ha/habitante

Área por habitante – Transporte: 0,001 ha/habitante

Área por habitante – Total: 0,065 ha/habitante

Relação entre Extensão Territorial/Pegada Ecológica:

36.968,00 ha/846,31 ha = 43,68 > 1 – Situação de Equilíbrio Ecológico

Diagnóstico de Sustentabilidade Ambiental – Adaptação c/ Alternativas 1 e 2

DSA		Correspondente Área de Solo Produtiva (ha/h)				Total (ha/h)	
		Energia		Urbanizada	Cultivo	Pastoril	
		Alt. 1	Alt. 2				
U S O	Alimentação	—	—	—	—	—	—
	Transporte	0,0002	0,001	—	—	—	0,0002 0,001
S O	Saneamento	0,457	0,064	—	—	—	0,457 0,064
L O	Ambiente Construído	—	—	—	—	—	—
TOTAL		0,457	0,065	—	—	Equilíbrio	Equilíbrio

5.3.4

Município de Cambuquira

População: 13 mil habitantes

Extensão Territorial: $246,38 \text{ km}^2 = 24.638,00 \text{ ha}$

Produção Parcial de RSU: 8 toneladas de lixo doméstico residual/dia

Produção Total de RSU: 2.920,00 toneladas/ano

Alternativa 1 – Base de Cálculos

Emissões de CO₂ com transporte e disposição de RSU sem tratamento:

Emissão de gases de aterro (1/3 do volume de RSU): 973,33 toneladas/ano

Emissão de CO₂ (50% das emissões de gases de aterro): 486,66 toneladas/ano

Emissão de CH₄ (50% das emissões de gases de aterro): 486,66 toneladas/ano

Equivalência de CH₄ em CO₂ (21 vezes): 10.219,99 toneladas/ano

Emissão equivalente de CO₂ na disposição de RSU: **10.706,65 toneladas/ano**

Distância entre Área Urbana e Lixão: 2 km

Número de viagens de caminhão compactador (8 t): 1 viagem/dia (ida/volta)

Distância total percorrida: 4 km/dia

Consumo estimado de diesel do caminhão compactador (8 t): 2,5 km/litro

Consumo parcial estimado de diesel com o transporte de RSU: 1,60 litros/dia

Consumo total estimado de diesel com o transporte de RSU: 584,00 litros/ano

Emissão de CO₂ com queima de combustível fóssil (diesel): **1,62 toneladas/ano**

Emissão total equivalente de CO₂: 10.708,27 toneladas/ano

Área de floresta tropical p/ sequestro de CO₂: 5.949,03 ha – Pegada Ecológica

Área por habitante – Saneamento: 0,457 ha/habitante

Área por habitante – Transporte: 0,000 ha/habitante

Área por habitante – Total: 0,457 ha/habitante

Relação entre Extensão Territorial/Pegada Ecológica:

$24.638,00 \text{ ha} / 5.949,03 \text{ ha} = 4,14 > 1$ – Situação de Equilíbrio Ecológico

Alternativa 2 – Base de Cálculos

Emissões de CO₂ com transporte e disposição de RSU com TMB

Emissão equivalente de CO₂ na disposição de RSU (14%): **1.498,93 toneladas/ano**

Distância entre Área Urbana e Estação de TMB: 15 km

Número de viagens de caminhão compactador (8 t): 1 viagem/dia (ida/volta)

Distância total percorrida: 30 km/dia

Consumo parcial estimado de diesel com o transporte de RSU: 12,00 litros/dia

Consumo total estimado de diesel com o transporte de RSU: 4.380,00 litros/dia

Emissão de CO₂ com queima de combustível fóssil (diesel): **12,22 toneladas/ano**

Emissão total equivalente de CO₂: 1.511,15 toneladas/ano

Área de floresta tropical p/ sequestro de CO₂: 839,52 ha – Pegada Ecológica

Área por habitante – Saneamento: 0,064 ha/habitante

Área por habitante – Transporte: 0,0005 ha/habitante

Área por habitante – Total: 0,064 ha/habitante

Relação entre Extensão Territorial/Pegada Ecológica:

24.638,00 ha/839,52 ha = 29,34 > 1 – Situação de Equilíbrio Ecológico

Diagnóstico de Sustentabilidade Ambiental – Adaptação c/ Alternativas 1 e 2

DSA		Correspondente Área de Solo Produtiva (ha/h)				Total (ha/h)	
		Energia		Urbanizada	Cultivo	Pastoril	
		Alt. 1	Alt. 2				Alt. 1 Alt. 2
U S O	Alimentação	—	—	—	—	—	—
	Transporte	0,000	0,0005	—	—	—	0,000 0,0005
S O	Saneamento	0,457	0,064	—	—	—	0,457 0,064
L O	Ambiente Construído	—	—	—	—	—	—
TOTAL		0,457	0,064	—	—	Equilíbrio	Equilíbrio

5.3.5

Município de Campanha

População: 16 mil habitantes

Extensão Territorial: $335,58 \text{ km}^2 = 33.558,00 \text{ ha}$

Produção Parcial de RSU: 9 toneladas de lixo doméstico residual/dia

Produção Total de RSU: 3.285,00 toneladas/ano

Alternativa 1 – Base de Cálculos

Emissões de CO₂ com transporte e disposição de RSU sem tratamento:

Emissão de gases de aterro (1/3 do volume de RSU): 1.095,00 toneladas/ano

Emissão de CO₂ (50% das emissões de gases de aterro): 547,50 toneladas/ano

Emissão de CH₄ (50% das emissões de gases de aterro): 547,50 toneladas/ano

Equivalência de CH₄ em CO₂ (21 vezes): 11.497,50 toneladas/ano

Emissão equivalente de CO₂ na disposição de RSU: **12.045,00 toneladas/ano**

Distância entre Área Urbana e Lixão: 4 km

Número de viagens de caminhão compactador (8 t): 1 viagem/dia (ida/volta)

Distância total percorrida: 8 km/dia

Consumo estimado de diesel do caminhão compactador (8 t): 2,5 km/litro

Consumo parcial estimado de diesel com o transporte de RSU: 3,20 litros/dia

Consumo total estimado de diesel com o transporte de RSU: 1.168,00 litros/ano

Emissão de CO₂ com queima de combustível fóssil (diesel): **3,25 toneladas/ano**

Emissão total equivalente de CO₂: 12.048,25 toneladas/ano

Área de floresta tropical p/ sequestro CO₂: 6.693,47 ha – Pegada Ecológica

Área por habitante – Saneamento: 0,418 ha/habitante

Área por habitante – Transporte: 0,0001 ha/habitante

Área por habitante – Total: 0,418 ha/habitante

Relação entre Extensão Territorial/Pegada Ecológica:

$33.558,00 \text{ ha} / 6.693,47 \text{ ha} = 5,01 > 1$ – Situação de Equilíbrio Ecológico

Alternativa 2 – Base de Cálculos

Emissões de CO₂ com transporte e disposição de RSU com TMB

Emissão equivalente de CO₂ na disposição de RSU (14%): **1.686,30 toneladas/ano**

Distância entre Área Urbana e Estação de TMB: 25 km

Número de viagens de caminhão compactador (8 t): 1 viagem/dia (ida/volta)

Distância total percorrida: 50 km/dia

Consumo parcial estimado de diesel com o transporte de RSU: 20,00 litros/dia

Consumo total estimado de diesel com o transporte de RSU: 7.300,00 litros/dia

Emissão de CO₂ com queima de combustível fóssil (diesel): **20,36 toneladas/ano**

Emissão total equivalente de CO₂: 1.706,66 toneladas/ano

Área de floresta tropical p/ sequestro de CO₂: 948,14 ha – Pegada Ecológica

Área por habitante – Saneamento: 0,058 ha/habitante

Área por habitante – Transporte: 0,0007 ha/habitante

Área por habitante – Total: 0,058 ha/habitante

Relação entre Extensão Territorial/Pegada Ecológica:

33.558,00 ha/ 948,14 ha = 35,39 > 1 – Situação de Equilíbrio Ecológico

Diagnóstico de Sustentabilidade Ambiental – Adaptação c/ Alternativas 1 e 2

DSA		Correspondente Área de Solo Produtiva (ha/h)				Total (ha/h)	
		Energia		Urbanizada	Cultivo	Pastoril	
		Alt. 1	Alt. 2				Alt. 1 Alt. 2
U S O	Alimentação	—	—	—	—	—	—
	Transporte	0,0001	0,0007	—	—	—	0,0001 0,0007
S O	Saneamento	0,418	0,058	—	—	—	0,418 0,058
L O	Ambiente Construído	—	—	—	—	—	—
TOTAL		0,418	0,058	—	—	Equilíbrio	Equilíbrio

5.3.6

Município de Lambari

População: 20 mil habitantes

Extensão Territorial: $213,11 \text{ km}^2 = 21.311,00 \text{ ha}$

Produção Parcial de RSU: 15 toneladas de lixo doméstico residual/dia

Produção Total de RSU: 5.475,00 toneladas/ano

Alternativa 1 – Base de Cálculos

Emissões de CO₂ com transporte e disposição de RSU sem tratamento:

Emissão de gases de aterro (1/3 do volume de RSU): 1.825,00 toneladas/ano

Emissão de CO₂ (50% das emissões de gases de aterro): 912,50 toneladas/ano

Emissão de CH₄ (50% das emissões de gases de aterro): 912,50 toneladas/ano

Equivalência de CH₄ em CO₂ (21 vezes): 19.162,50 toneladas/ano

Emissão equivalente de CO₂ na disposição de RSU: **20.075,00 toneladas/ano**

Distância entre Área Urbana e Lixão: 3 km

Número de viagens de caminhão compactador (8 t): 2 viagens/dia (ida/volta)

Distância total percorrida: 12 km/dia

Consumo estimado de diesel do caminhão compactador (8 t): 2,5 km/litro

Consumo parcial estimado de diesel com o transporte de RSU: 4,8 litros/dia

Consumo total estimado de diesel com o transporte de RSU: 1.752,00 litros/ano

Emissão de CO₂ com queima de combustível fóssil (diesel): **4,88 toneladas/ano**

Emissão total equivalente de CO₂: 20.079,88 toneladas/ano

Área de floresta tropical p/ sequestro de CO₂: 11.155,48 ha – Pegada Ecológica

Área por habitante – Saneamento: 0,557 ha/habitante

Área por habitante – Transporte: 0,0001 ha/habitante

Área por habitante total: 0,557 ha/habitante

Relação entre Extensão Territorial/Pegada Ecológica:

$21.311,00 \text{ ha} / 11.155,48 \text{ ha} = 1,91 > 1$ – Situação de Equilíbrio Ecológico

Alternativa 2 – Base de Cálculos

Emissões de CO₂ com transporte e disposição de RSU com TMB

Emissão equivalente de CO₂ na disposição de RSU (14%): **2.810,50 toneladas/ano**

Distância entre Área Urbana e Estação de TMB: 15 km

Número de viagens de caminhão compactador (8 t): 02 viagens/dia (ida/volta)

Distância total percorrida: 60 km/dia

Consumo parcial estimado de diesel com o transporte de RSU: 24,00 litros/dia

Consumo total estimado de diesel com o transporte de RSU: 8.760,00 litros/dia

Emissão de CO₂ com queima de combustível fóssil (diesel): **24,44 toneladas/ano**

Emissão total equivalente de CO₂: 2.834,94 toneladas/ano

Área de floresta tropical p/ sequestro de CO₂: 1.574,96 ha – Pegada Ecológica

Área por habitante – Saneamento: 0,078 ha/habitante

Área por habitante – Transporte: 0,0006 ha/habitante

Área por habitante – Total: 0,078 ha/habitante

Relação entre Extensão Territorial/Pegada Ecológica:

21.311,00 ha/ 1.574,96ha = 13,53 > 1 – Situação de Equilíbrio Ecológico

Diagnóstico de Sustentabilidade Ambiental – Adaptação c/ Alternativas 1 e 2

	DSA	Correspondente Área de Solo Produtiva (ha/h)				Total (ha/h)	
		Energia Alt. 1	Alt. 2	Urbanizada	Cultivo	Pastoril	Alt. 1 Alt. 2
U S O	Alimentação	—	—	—	—	—	—
	Transporte	0,0001	0,0006	—	—	—	0,0001 0,0006
S O	Saneamento	0,557	0,078	—	—	—	0,557 0,078
	Ambiente Construído	—	—	—	—	—	—
TOTAL		0,557	0,078	—	—	Equilíbrio	Equilíbrio

5.3.7

Município de Jesuânia

População: 5 mil habitantes

Extensão Territorial: 153,85 km² = 15.385,00 ha

Produção Parcial de RSU: 4 toneladas de lixo doméstico residual/dia

Produção Total de RSU: 1.460,00 toneladas/ano

Alternativa 1 – Base de Cálculos

Emissões de CO₂ com transporte e disposição de RSU sem tratamento:

Emissão de gases de aterro (1/3 do volume de RSU): 486,66,00 toneladas/ano

Emissão de CO₂ (50% das emissões de gases de aterro): 243,33 toneladas/ano

Emissão de CH₄ (50% das emissões de gases de aterro): 243,33 toneladas/ano

Equivalência de CH₄ em CO₂ (21 vezes): 5.109,99 toneladas/ano

Emissão equivalente de CO₂ na disposição de RSU: **5.353,32 toneladas/ano**

Distância entre Área Urbana e Lixão: 3 km

Número de viagens de caminhão compactador (8 t): 1 viagem/dia (ida/volta)

Distância total percorrida: 6 km/dia

Consumo estimado de diesel do caminhão compactador (8 t): 2,5 km/litro

Consumo parcial estimado de diesel com o transporte de RSU: 2,40 litros/dia

Consumo total estimado de diesel com o transporte de RSU: 876,00 litros/ano

Emissão de CO₂ com queima de combustível fóssil (diesel): **2,44 toneladas/ano**

Emissão total equivalente de CO₂: 5.355,76 toneladas/ano

Área de floresta tropical p/ sequestro de CO₂: 2.975,42 ha – Pegada Ecológica

Área por habitante – Saneamento: 0,594 ha/habitante

Área por habitante – Transporte: 0,0002 ha/habitante

Área por habitante – Total: 0,594 ha/habitante

Relação entre Extensão Territorial/Pegada Ecológica:

15.385,00 ha/2.975,42 ha = 5,17 > 1 – Situação de Equilíbrio Ecológico

Alternativa 2 – Base de Cálculos

Emissões de CO2 com transporte e disposição de RSU com TMB

Emissão equivalente de CO2 na disposição de RSU (14%): **749,46 toneladas/ano**

Distância entre Área Urbana e Estação de TMB: 25 km

Número de viagens de caminhão compactador (8 t): 1 viagem/dia (ida/volta)

Distância total percorrida: 50 km/dia

Consumo parcial estimado de diesel com o transporte de RSU: 20,00 litros/dia

Consumo total estimado de diesel com o transporte de RSU: 7.300,00 litros/dia

Emissão de CO2 com queima de combustível fóssil (diesel): **20,36 toneladas/ano**

Emissão total equivalente de CO2: 769,82 toneladas/ano

Área de floresta tropical p/ sequestro de CO2: 427,67 ha – Pegada Ecológica

Área por habitante – Saneamento: 0,083 ha/habitante

Área por habitante – Transporte: 0,002 ha/habitante

Área por habitante – Total: 0,085 ha/habitante

Relação entre Extensão Territorial/Pegada Ecológica:

15.385,00 ha/ 427,67 ha = 35,97 > 1 – Situação de Equilíbrio Ecológico

Tabela 6: Tabela Adaptada de Diagnóstico de Sustentabilidade Ambiental

	DSA	Correspondente Área de Solo Produtiva (ha/h)					Total (ha/h)	
		Energia		Urbanizada	Cultivo	Pastoril	Alt. 1	Alt. 2
		Alt. 1	Alt. 2					
U S O	Alimentação	—	—	—	—	—	—	—
	Transporte	0,0002	0,002	—	—	—	0,0002	0,002
S O	Saneamento	0,594	0,083	—	—	—	0,594	0,083
L O	Ambiente Construído	—	—	—	—	—	—	—
TOTAL		0,594	0,085	—	—	Equilíbrio Equilíbrio		

5.3.8

Síntese dos resultados – alternativa 1

Disposição de Resíduos Sólidos Urbanos sem tratamento em Lixões

Municípios (RSU) (t/ano)	Emissões de CO2 (toneladas/ano)	Pegada Ecológica (hectares – ha)	Pegada Ecológica (ha/habitante)	Extensão Territorial (hectares – ha)
Caxambu (6.205,00)	22.842,08	12.690,04	0,551	10.020,00
Baependi (3.650,00)	13.399,61	7.444,22	0,413	75.054,00
Conceição do Rio Verde (2.920,00)	10.731,16	5.951,76	0,457	39.968,00
Cambuquira (2.920,00)	10.708,27	5.949,03	0,457	24.638,00
Campanha (3.285,00)	12.048,25	6.693,47	0,418	33.558,00
Lambari (5.475,00)	20.079,88	11.155,48	0,557	21.311,00
Jesuânia (1.460,00)	5.355,76	2.975,42	0,594	15.385,00
Total	95.165,01	52.859,42	0,489	219.934,00

Relação entre Extensão Territorial total e Pegada Ecológica total:

219.934,00 ha/52.859,42 ha = 4,16 > 1 – Situação de Equilíbrio Ecológico

5.3.9

Síntese dos resultados – alternativa 2

Disposição de Resíduos Sólidos Urbanos com Tratamento Mecânico-Biológico

Municípios (RSU) (t/ano)	Emissões de CO2 (toneladas/ano)	Pegada Ecológica (hectares – ha)	Pegada Ecológica (ha/habitante)	Extensão Territorial (hectares – ha)
Caxambu (6.205,00)	3.258,55	1.810,30	0,077	10.020,00
Baependi (3.650,00)	1.902,17	1.056,76	0,057	75.054,00
Conceição do Rio Verde (2.920,00)	1.522,37	846,31	0,065	39.968,00
Cambuquira (2.920,00)	1.511,15	839,52	0,064	24.638,00
Campanha (3.285,00)	1.706,66	948,14	0,058	33.558,00
Lambari (5.475,00)	2.834,94	1.574,96	0,078	21.311,00
Jesuânia (1.460,00)	769,82	427,67	0,085	15.385,00
Total	13.505,66	7.503,66	0,069	219.934,00

Relação entre Extensão Territorial total e Pegada Ecológica total:

$219.934,00/7.503,66 = 29,31 > 1$ – Situação de Equilíbrio Ecológico

5.4

Discussão e Conclusão

Os resultados apresentados pelos indicadores de sustentabilidade dos pequenos municípios, baseados em suas “Pegadas Ecológicas”, apontam para uma emissão equivalente da ordem de 100 mil toneladas/ano de CO₂, na microrregião do estudo, provenientes do transporte e disposição de lixo doméstico residual sem tratamento em aterros (lixões), conforme verificação da Alternativa 1.

Essas emissões atmosféricas de gases de aterros são extremamente prejudiciais ao meio ambiente, pelo seu potencial “efeito de estufa”, devendo-se considerar que estão sendo contabilizadas apenas emissões de CO₂ das categorias Saneamento e Transporte, subcategorias de lixo doméstico residual e diesel.

Porém, os resultados indicam que as áreas equivalentes às “Pegadas Ecológicas” dos pequenos municípios, na disposição de resíduos *in natura*, estão bem abaixo de seus limites territoriais, com uma exceção identificada apenas no caso do município de Caxambu.

Na avaliação dos demais pequenos municípios, a relação entre extensão territorial e “Pegada Ecológica” manteve-se superior a 1 (um), o que mostra uma situação de equilíbrio ecológico, embora a destinação e a disposição final de seus resíduos sólidos urbanos não sejam ambientalmente adequadas, em observância à atual Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída pela Lei nº 12.305/2010.

Ainda sobre a análise de dados no município de Caxambu, onde há uma situação de “déficit ecológico”, pode-se observar que sua condição de município com maior nível populacional e menor extensão territorial implica uma posição desfavorável em relação à sustentabilidade ambiental entre os municípios.

De fato, a relação hectares/habitantes dos pequenos municípios determina se a “Pegada Ecológica” vai criar ou não uma situação de “déficit ecológico”, e, no caso, como a extensão territorial não pode se alterar, será o crescimento da área urbana e da população a principal variável no cálculo da “Pegada Ecológica”.

Neste sentido, deve-se observar, na leitura de territorialidades dessas microrregiões e de seus pequenos municípios, a eventual presença de fenômenos interurbanos e intraurbanos que desencadeiam alterações populacionais e seus respectivos impactos nas relações de proporção entre áreas urbanas e rurais.

A exemplo das regiões metropolitanas, o contínuo crescimento urbano dos municípios e a consequente diminuição das áreas rurais exercem fortes demandas por sustentabilidade ambiental, em face da necessidade de áreas de florestas tropicais para o sequestro de emissões de carbono, o que determina a “Pegada Ecológica” de uma cidade, para Wackernagel e Rees (1996 *apud* DIAS, 2007).

Para melhor compreensão, é válido analisar, como exemplo, o caso do município de São Lourenço que está localizado na mesma microrregião do “Estudo de Caso”, dentro de um raio de aproximadamente 50 km do local proposto para implantação da estação comunitária de TMB.

O município de São Lourenço tem uma população de 43 mil habitantes distribuídos por uma extensão territorial de apenas 57,06 km², ou 5.706,00 ha (hectares), sendo considerado um dos menores municípios do Brasil, com uma relação de apenas 0,13 ha/habitante. Estima-se, para cálculo de geração de RSU:

(...) “Pequenos municípios com até 49.999 habitantes apresentam uma geração per capita de aproximadamente 0,4 a 0,5 kg/dia de lixo domiciliar, enquanto em grandes capitais brasileiras com mais de 500.000 habitantes a geração é de aproximadamente 1,2 a 1,3 kg/dia por habitante” (FRICKE *et al.* 2007).

Adotando-se o valor de 0,5 kg/dia para cada habitante de São Lourenço, temos uma geração diária em torno de 22 toneladas de lixo doméstico residual, representando 8.030,00 toneladas/ano, para uma emissão de 2.676,66 toneladas/ano de gases de aterro, sendo 1.338,33 toneladas/ano de CO₂ (dióxido de carbono ou gás carbônico) e o mesmo valor em CH₄ (gás metano).

Convertendo-se o CH₄ em seu equivalente de CO₂ (21 vezes) e efetuando a soma com o volume emitido em CO₂, encontra-se o valor final equivalente de emissão de CO₂, com a disposição de lixo doméstico residual, de **29.443,32 toneladas/ano**, sem contabilizar as emissões relativas ao seu transporte.

Como é necessário 1,0 ha de floresta tropical para o sequestro de 1,8 toneladas de CO₂, o município de São Lourenço demanda, neste seu metabolismo, uma área de 16.357,40 ha, pelo tamanho de sua “Pegada Ecológica”, contra seus 5.706,00 ha de extensão territorial, representando um déficit ecológico de 10.651,40 ha, apenas com o volume equivalente de emissões de CO₂, provenientes de resíduos sólidos urbanos.

Desta forma, transferem-se os custos ambientais das áreas urbanas do município de São Lourenço, o mais desenvolvido daquela microrregião, para seus municípios limítrofes: Soledade de Minas, Carmo de Minas, Pouso Alto e São Sebastião do Rio Verde, entre outros.

O que se pode extrair com o exemplo do município de São Lourenço, é que o desenvolvimento econômico e o simultâneo crescimento urbano e populacional devem vir precedidos de políticas de zoneamento com propostas de adensamento habitacional em seu planejamento físico-territorial para preservação das áreas rurais dos pequenos municípios, sem que se promova, contudo, uma verticalização excessiva dessas comunidades, igualmente inadequada para suas condições de sustentabilidade ambiental.

Voltando-se agora para a análise referente a Alternativa 2, verifica-se uma expressiva redução nas emissões equivalentes de CO₂, de quase 100 mil toneladas/ano, para algo próximo de apenas 14 mil toneladas/ano, a partir do tratamento mecânico-biológico dos resíduos sólidos urbanos.

Em consequência, a “Pegada Ecológica” da microrregião se reduz, significativamente, de uma extensão territorial de 52.859,42 ha para 7.503,66 ha, e a área por habitante de 0,489 ha/habitante para apenas 0,069 ha/habitante.

A pesquisa revela, portanto, que o *planejamento e gestão integrados de resíduos sólidos urbanos e tratamento mecânico-biológico*, é, realmente, uma alternativa de que podem se valer os pequenos municípios para melhorar as condições de sustentabilidade ambiental de sua microrregião, com a destinação e disposição, ambientalmente adequada, de seus resíduos sólidos urbanos.

Na verdade, o conhecimento no meio acadêmico-científico, acerca dos processos de tratamento mecânico-biológico do lixo doméstico residual e dos resultados obtidos com reduções nas emissões equivalentes de CO₂, dispensaria em princípio uma demonstração numérica, por tratar-se de tecnologia praticada em países europeus, em particular na Áustria e na Alemanha.

Essa evidente dedução já fora sinalizada na apresentação da metodologia de trabalho no capítulo 4, item 4.3, pelas observações de Humer e Lechner (1997, *apud* FRICKE *et al.*, 2007) sobre a significativa queda de 340 litros de CH₄/m²/dia, para menos de 25 litros de CH₄/m²/dia, nas emissões de gases de aterro, após o tratamento mecânico-biológico de resíduos sólidos urbanos.

Independentemente dos fatos, o objetivo desses cálculos, além de demonstrar a hipótese do trabalho, é consolidar o significado conceitual da “Pegada Ecológica” junto às comunidades dos pequenos municípios e mobilizar a população, em geral, para que sejam previstas nos planos diretores municipais participativos medidas efetivas, que possam evitar a transferência dos custos ambientais do metabolismo das cidades para além de seus territórios, particularmente com o manejo de resíduos sólidos urbanos.

Isso explica, parcialmente, a notória importância da subcategoria resíduos sólidos urbanos, no âmbito do setor de saneamento básico municipal, após a promulgação da Lei nº 12.305/2010, instituindo a atual Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Nela há uma responsabilidade objetiva dos municípios para elaboração de Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PMGIRS –, conforme seu artigo 18, estabelecendo-se como prazo para conclusão desses respectivos planos municipais o mês de agosto de 2014.

E, ainda, o *planejamento e gestão integrados de resíduos sólidos urbanos e TMB* permitem o atendimento a uma recomendação fundamental, Lei nº 12.305/2010, de acordo com o seu Capítulo II – Definições, artigo. 3º, inciso VII:

(...) destinação final ambientalmente adequada: destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sisnama, do SNVS e do Suasa, entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos.

Já o seu artigo 19, inciso I, que trata do conteúdo mínimo do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PMGIRS –, recomenda que o mesmo contenha no diagnóstico da situação dos resíduos sólidos (...) “*formas de destinação e disposição final adotadas*”; ora, se houver a obrigatoriedade de uma “*destinação final ambientalmente adequada*”, remete-se ao texto acima em destaque, e, neste caso, o tratamento mecânico-biológico é condição *sine qua non* para o atendimento ao disposto na Lei nº 12.305/2010.

Configura-se, assim, uma eventual situação de dificuldades para os pequenos municípios com a aplicabilidade da referida Lei, mas se percebe, igualmente, a possibilidade de o *planejamento e gestão integrados de resíduos sólidos urbanos e tratamento Mecânico-biológico* representarem uma solução alternativa em benefício dessas comunidades.

Finalmente, reitera-se a importância de haver “participação popular” nas questões do planejamento e gestão urbanos, tradicionalmente incorporados de uma relação de heteronomia entre a comunidade e a administração pública.

A síntese dos resultados do projeto de “Avaliação e Capacitação para a Implementação de Planos Diretores Participativos em municípios de pequeno e médio porte do estado de Minas Gerais” (BRASIL, 2008), demonstra a necessidade de se buscar alternativas nas atividades de planejamento e gestão urbanos, com abordagens progressistas e técnicas inovadoras e motivacionais.

Essas abordagens progressistas e técnicas inovadoras são contextualizadas no âmbito das modalidades de planejamento e gestão abordados em *Mudar a Cidade* (SOUZA, 2010), que oferece um referencial teórico-conceitual ao trabalho, a partir da perspectiva autonomista para a “participação popular”.

A perspectiva autonomista permite o fortalecimento dos conselhos de desenvolvimento urbano e de orçamentos participativos, envolvendo lideranças comunitárias microrregionais e representativas, e pode auxiliar, significativamente, iniciativas dessa natureza, com finalidades específicas, como o *planejamento e gestão integrados de resíduos sólidos urbanos e tratamento mecânico-biológico*.

Admitindo-se, hipoteticamente, uma situação em que essa experiência de *planejamento e gestão urbanos integrados* mostre-se bem-sucedida no setor de saneamento básico municipal, podendo ser adotada em outras microrregiões, não será improvável que a visibilidade e o reconhecimento de melhorias na qualidade de vida desses pequenos municípios venham a induzir na sua direção progressivos movimentos migratórios de populações de médias e grandes cidades.

Outrossim, as condições de sustentabilidade ambiental, associadas a um cenário de harmonia entre as dimensões urbana e rural desses pequenos municípios, podem ser ampliadas para além de suas fronteiras, e como corolário consolidar um novo paradigma no ideário do desenvolvimento sustentável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCIDES REZENDE, Denis; ULTRAMARI, Clovis. *Plano diretor e planejamento estratégico municipal: introdução teórico-conceitual*.

BACHIEGA, Carlos Alberto; VECCHIA, Rosângela. Seminário Estatuto da Cidade – Instrumentos de Política Urbana, Instituto de Estudos Municipais – IEM, Fundação Escola de Sociologia e Política de São Paulo/2001.

BRASIL. *Agenda habitat para municípios*. Rio de Janeiro: IBAM, 2003.

BRASIL. Constituição Federal (1988). Artigos 182, 183 e 225. BRASIL. *Estatuto da Cidade e suas diretrizes gerais* – Lei Federal nº 10.257, de 10 de julho de 2001.

BRASIL. *Estatuto da Cidade: guia para a implementação pelos municípios e cidades*. Brasília: Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 2002.

BRASIL. Lei de regulação do setor de saneamento básico – Lei nº 11.445/2007.

BRASIL. Ministério das Cidades. *Os vereadores no processo de elaboração de planos diretores participativos*. Brasília, DF, 2006a.

BRASIL. Ministério das Cidades. *Plano diretor e saneamento ambiental*, Brasília, DF, 2004.

BRASIL. Ministério das Cidades. *Plano diretor e zonas rurais*, Brasília, DF, 2004.

BRASIL. Ministério das Cidades. *Plano diretor para pequenos municípios*, Brasília, DF, 2004.

BRASIL. Ministério das Cidades. *Plano diretor participativo: guia para elaboração pelos municípios e cidadãos*. Brasília, DF, 2004.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Programas Urbanos; Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional (IPPUR/UFRJ) – Observatório das Metrópoles. *Avaliação e capacitação para a implementação de planos diretores participativos, em municípios de pequeno e médio portes do estado de Minas Gerais*, 2008.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Cidades sustentáveis: subsídios à elaboração da Agenda 21 brasileira*. Brasília, DF, 2000.

BRASIL. Política Nacional de Resíduos Sólidos – Lei nº 12.305/2010.

BRASIL. Resoluções do CONAMA nº 001/86 e 237/97.

ESTOCOLMO (capital da Suécia). Princípios da declaração de Estocolmo de 1972.

- FERRARI, Celso. *Curso de planejamento municipal integrado*, 1977.
- FERREIRA, Álvaro. *A cidade do século XXI*, 2011.
- FRICKE, Klaus *et al.* *Aplicação do tratamento mecânico-biológico de resíduos no Brasil*, 2007.
- HERRMANN COELHO-DE-SOUZA, Carolina. *Método de Avaliação da Sustentabilidade Ambiental de Pequenos Municípios*, 2009.
- IBGE. Indicadores de desenvolvimento sustentável, Brasil, 2010.
- JACOB, Pedro; PINHO, José Antonio. *Inovação no campo da gestão pública*, 2006.
- JACOBS, Jane. *Morte e vida das grandes cidades*, 2011.
- JUNKES, Maria Bernadete. *Procedimentos para aproveitamento de resíduos sólidos em municípios de pequeno porte*. Florianópolis/Santa Catarina, 2002.
- KINGSLEY, Davis. *Cidades: A urbanização da humanidade*, 1972.
- LOPES DE SOUZA, Marcelo. *Mudar a cidade*, 2010.
- LUIS MONTE-MÓR, Roberto. *As teorias urbanas e o planejamento urbano no Brasil*, 2006.
- MEURER, Fabiana; FEIJÓ VIEIRA, Guilherme. *Plano diretor para municípios de pequeno porte: a experiência do plano diretor regional participativo da AMAVI*, 2010.
- PACHECO JORDÃO, Eduardo; ARRUDA PESSOA, Constantino. *Tratamento de esgotos domésticos*, 2009.
- PEREIRA SINNOTT, Alice. *Aplicabilidade da Lei nº 12.305/2010, sob o viés do princípio da responsabilidade compartilhada*, 2013.
- REVISTA DE DIREITO DA CIDADE. Rio de Janeiro: HARBRA, v. 1, nov. 2006.
- REVISTA DO TRIBUNAL DE CONTAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. Plano diretor: implementação, acompanhamento e controle social. Coordenadoria de Estudos e Pesquisa – COE/TCE-RJ/2006.
- RIO DE JANEIRO (Estado). Princípios da declaração do Rio sobre meio ambiente e desenvolvimento, 1992.
- ROAF, Sue; CRICHTON, David; FERGUS, Nicol. *Adaptação de edificações às mudanças climáticas*, 2009.
- RODRIGUES CAMPOS LEMOS, Maria Fernanda. *Adaptação de cidades para mudanças climáticas*, 2010.

ROGERS, Richard. *Cidades para um pequeno planeta*, 2008.

SIEBERT, Claudia. Regionalização e planejamento regional. *Revista Técnico-Científica*, Blumenau: FURB, v. 8, nº 32, 2000.

WALCACER, Fernando. *Princípios do direito ambiental brasileiro*, 2011.