

GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO MUNICÍPIO DE TIBAGI-PR: DESEMPENHO DA COLETA SELETIVA

Taynara Assano Zoner¹, Solange Bongiovanni²

¹Discente do curso de Ciências Biológicas - Unesp - FCL

Av. Dom Antonio, 2100 Assis-Sp 19806-900

taynarazoner@gmail.com

²Dra. Professora do Curso de Ciências Biológicas - Unesp - FCL

Av. Dom Antonio, 2100 Assis-Sp 19806-900

solangeb@assis.unesp.br

<http://dx.doi.org/10.5902/223611707072>

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi analisar o desempenho do gerenciamento de resíduos sólidos do município de Tibagi, Paraná, cidade com aproximadamente 20 mil habitantes, que implantou o programa de coleta seletiva denominado Recicla Tibagi.

A análise foi baseada em técnicas estatísticas descritivas, considerando os três tipos de resíduos (rejeito, orgânico e reciclável), geração per capita e tendência do aumento do lixo nos próximos anos, baseada no método de Winter (Amortecimento Exponencial Triplo), através de dados registrados pela Secretaria do Meio Ambiente e a Associação de Catadores de Materiais Recicláveis de Tibagi - ACAMARTI. A eficiente coleta seletiva a partir de um estruturado programa de educação ambiental com constantes treinamentos realizados com os catadores, possibilita a obtenção de dados importantes na triagem e comercialização dos materiais recicláveis, gerando economia de matérias-primas, água e energia, além de relevantes indicadores de inclusão social e geração de emprego e renda. O projeto envolve diversas áreas da gestão municipal e desperta curiosidade e interesse de diversas áreas: social, financeira, ambiental e administrativa. É uma forma de incentivar novos projetos aos órgãos públicos e, ressaltar a importância da reciclagem e destinação adequada dos resíduos sólidos urbanos.

Palavras-chave: Tibagi, gestão de resíduos sólidos urbanos, coleta seletiva.

ABSTRACT

The objective of this study was to analyze the performance of solid waste management in the municipality of Tibagi, Paraná, a city with approximately 20000 inhabitants, which implemented the selective collection program called Recycle Tibagi. The analysis was based on descriptive statistical techniques, considering the three types of waste (tailings, organic and recyclable), and per capita generation of garbage upward trend in the coming years, based on the method of Winter (Triple Exponential Damping), using data recorded by the Department of the Environment and the Association of Recyclable Materials from Tibagi - ACAMARTI. Efficient selective collection from a structured environmental education program with constant training conducted with the scavengers, possible to obtain important data in sorting and marketing of recyclable materials, saving raw materials, water and energy, as well as relevant indicators social inclusion and employment generation and income. The project involves several areas of municipal management and arouses curiosity and interest in several areas: social, financial, environmental

and administrative. It's a way to encourage new projects and public bodies, highlighting the importance of recycling and proper disposal of solid waste.

Keywords: Tibagi, management of municipal solid waste, selective collection.

INTRODUÇÃO

A partir da publicação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010), todos os municípios do País passaram a ser obrigados a tratar os resíduos de forma mais criteriosa e responsável. Os Planos de gerenciamento de resíduos sólidos são os principais instrumentos de gestão das diversas fontes produtoras e devem buscar: redução dos resíduos produzidos, coleta seletiva e reciclagem com participação e inclusão dos trabalhadores, responsabilidade da cadeia de produção e consumo pela destinação dos resíduos através de mecanismos de responsabilidade compartilhada e logística reversa e a erradicação dos lixões até final de 2014. As administrações públicas municipais têm agora o desafio de erradicar os lixões a céu aberto, além de passar a fazer compostagem para o tratamento dos resíduos sólidos orgânicos.

Segundo Troppmair (1995), algumas ações podem ser implementadas para lidar com o problema do lixo como a redução do seu volume, maior uso de produtos biodegradáveis, reciclagem, aproveitamento energético dos resíduos e decomposição do lixo orgânico em usinas de compostagem, produzindo adubo que será reintegrado nos ciclos biogeoquímicos.

Para Campos e Braga (2005), é fator fundamental e decisivo para o sucesso na implantação e na operação dos serviços a participação da sociedade na identificação dos problemas relativos aos resíduos sólidos, o estudo de alternativas técnicas para o seu enfrentamento, o desenvolvimento e implantação de programas no monitoramento e avaliação das atividades relativas à limpeza urbana. E para Braga e Carvalho (2003), é necessário otimizar a coleta de lixo e serviços, planejar uma estratégia de destino final e tratamento de lixo.

Nesse contexto que o município de Tibagi destaca-se dos demais. Com população de 19.344 habitantes IBGE (2010), a cidade de Tibagi, localizada no norte do Paraná, apresenta uma considerável área de 3.105,08 km², sendo o segundo maior município do Estado do Paraná. Palco de grandes eventos, município agrícola e turístico, sendo destaque a nível nacional na produção de trigo. Vivenciou uma transformação na maneira de gerenciar os resíduos sólidos, antes mesmo da publicação da Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Com o intuito de minimizar os problemas ambientais, os problemas de saúde e condições indignas de trabalho que o lixão a céu aberto estava causando no município, a administração municipal delineou os problemas para através destes propor soluções permanentes. A base do programa é a coleta seletiva que adotou o princípio da segregação dos resíduos na fonte geradora, ou seja, apostou no compartilhamento de responsabilidades com a população e investiu em uma ampla campanha voltada a orientar os cidadãos para fazerem a separação do lixo em casa.

A celebração do convênio entre Prefeitura Municipal e Associação de Catadores de Materiais Recicláveis de Tibagi - ACAMARTI, resultou no Programa Recicla Tibagi.

Desta forma, todos os associados foram capacitados pela ACAMARTI, antes do funcionamento do Centro de Triagem e Compostagem de Tibagi - CTCT, para realizarem a triagem dos materiais provenientes da coleta seletiva. O trabalho da ACAMARTI juntamente com a Prefeitura Municipal de Tibagi que, além dos benefícios estruturais e de formação dos agentes ambientais, também se comprometeu com um trabalho permanente de Educação Ambiental, sendo este contínuo com o foco na mudança de hábito do cidadão no que se trata a separação correta dos resíduos.

O objetivo é discutir o desempenho do programa Recicla Tibagi nos anos de seu funcionamento, compreendidos entre junho de 2009 a junho de 2012.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados relativos aos resíduos domiciliares provenientes da coleta seletiva foram obtidos por meio da base de dados da ACAMARTI. As informações são de junho de 2009 à junho de 2012, ou seja, engloba todo o período de funcionamento da usina.

Após a coleta, os resíduos foram separados por categoria (rejeitos, orgânicos e recicláveis) e foram medidos diariamente os pesos de cada uma delas sendo que o consolidado mensal foi feito ao final de cada mês para controle.

Os dados obtidos foram analisados por técnicas estatísticas descritivas (medidas, tabelas, gráficos), pelo software Microsoft Excel®.

A importância dos dados históricos, além de avaliar o desempenho da usina desde seu funcionamento, nos permite projetar tendências futuras pois, segundo Wanke e Julianelli (2006), quase todas as técnicas quantitativas de previsão de demanda assumem como premissa que a identificação do comportamento da demanda passada pode ser utilizada como base para a definição dos valores futuros.

O desempenho da usina foi avaliado por dados qualitativos e quantitativos baseados na evolução anual do crescimento médio mensal, proporção da categoria dos resíduos, análise sazonal e geração per capita.

Para a construção do modelo de projeção futura da coleta do lixo urbano, seguiu-se quatro passos principais: coleta de dados, redução de dados, construção do modelo e aplicação do modelo.

Os *outliers* (pontos fora da curva) foram eliminados para minimizar os erros. Na etapa de construção do modelo, foi considerada a técnica de séries temporais, composta pelos componentes: nível (ponto inicial da série), tendência de crescimento (justificada pelo crescimento da população e campanhas de educação ambiental), sazonalidade (influência dos períodos de festivos e de férias) e aleatoriedade (eventos particulares e não recorrentes).

Para o cálculo do erro associado aos períodos foi utilizado o Percentual Absoluto do Erro (APE – *Absolute Percentual Error*) dado pela fórmula de Wanke e Julianelli (2006):

$$APE_t = \frac{|R_t - P_t|}{R_t}$$

A magnitude erro do modelo em relação à série histórica foi avaliada pela Média Aritmética do Módulo dos Erros Percentuais (MAPE – *Mean Absolute Percentual Error*, segundo Wanke e Julianelli (2006):

$$MAPE = \sum_{t=1}^n \frac{|R_t - P_t|}{R_t} \cdot \frac{1}{n}$$

Utilizou-se o método de Winter (Amortecimento Exponencial Triplo), adequado para previsão de séries que apresentam tendência e sazonalidade (Wanke e Julianelli, 2006).

O ajuste sazonal é dado por:

$$S_t = \gamma \left(\frac{R_t}{N_t} \right) + (1 - \gamma) S_{t-c}$$

O termo $\left(\frac{R_t}{N_t} \right)$ representa o ajuste sazonal calculado para o período t . O termo S_{t-c} refere-se ao ajuste sazonal calculado c períodos atrás (por ser previsão mensal, $c = 12$).

O cálculo da tendência é dado por:

$$T_t = \beta(N_t - N_{t-1}) + (1 + \beta)T_{t-1}$$

O cálculo do nível considera o ajuste sazonal da seguinte forma:

$$N_t = \alpha \left(\frac{R_t}{S_{t-c}} \right) + (1 - \alpha)(N_{t-1} + T_{t-1})$$

Sendo assim, a previsão é calculada a partir da equação:

$$P_{t+p} = (N_t + pT_t)S_{t-c+p}$$

Em que:

N_t : componente nível;

S_t : componente sazonal;

T_t : componente tendência;

α : coeficiente de amortecimento ($0 \leq \alpha \leq 1$);

β : coeficiente de amortecimento para a estimativa da tendência ($0 \leq \beta \leq 1$);

γ : coeficiente de amortecimento para a estimativa da sazonalidade ($0 \leq \gamma \leq 1$);

R_t : valor real observado no período t ;

p : número de períodos futuros a serem previstos;

P_t : previsão para o período t ;

P_{t+p} : previsão para o período $t + p$;

n : número de períodos da previsão.

A precisão do modelo está associada à escolha dos valores dos coeficientes de amortecimento α , β e γ . Sendo assim, os coeficientes são definidos de maneira que a combinação entre eles resulte no menor valor de erro do modelo de previsão (Wanke e Julianelli, 2006).

O modelo foi avaliado também pelo coeficiente de correlação de Pearson (r). Segundo Loesch e Hoeltgebaum (2012), quanto mais o r^2 se aproximar de 1, mais próximos os pontos estarão situados ao lugar geométrico do modelo de previsão. É possível qualificar a correlação de acordo com o intervalo em que o valor absoluto de r fica situado:

$|r| > 0,70$ indica forte correlação;

$0,30 \leq |r| \leq 0,70$ indica correlação moderada; e

$|r| < 0,30$ indica correlação fraca.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Cerca de 12 toneladas de resíduos são separados todos os dias, visto que 28% são resíduos recicláveis, que são prensados para destinação a indústria de beneficiamento, 56% são resíduos orgânicos, destinados a um pátio de maturação de compostagem e, posteriormente,

vendidos in natura ou utilizados para produção de flores ornamentais no próprio CTCT, e os 16% são rejeitos (papel higiênico, fraldas descartáveis, etc.) encaminhados ao aterro sanitário controlado que encontra-se nas delimitações do terreno do CTCT.

O gráfico 1 mostra a evolução global da coleta desde o início da implantação do programa, em junho de 2009, até junho de 2012. Após a coleta, o lixo é separado em três tipos: rejeito, orgânico e reciclável. Pelo gráfico, é possível perceber o crescimento do lixo coletado desde o início do programa Recicla Tibagi.

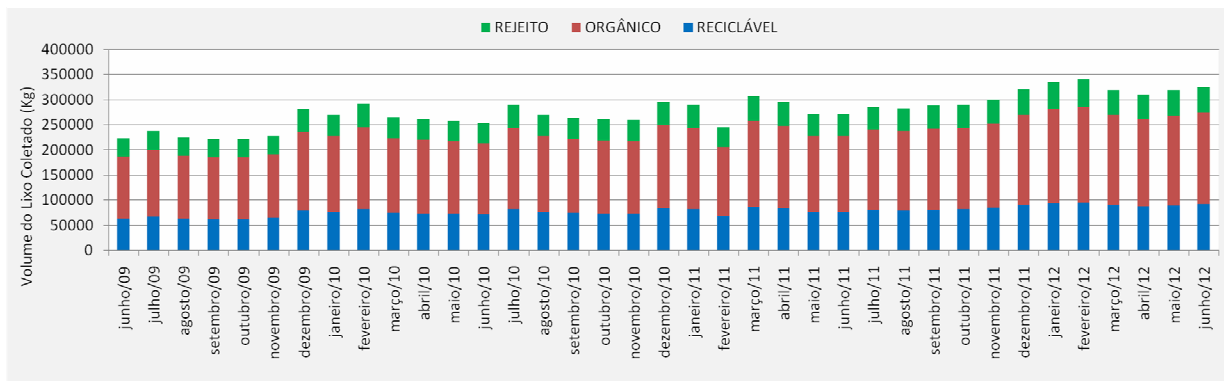


Gráfico 1. Evolução global da coleta separada pelos três tipos de resíduos: Rejeito, Orgânico e Reciclável. (Fonte: ACAMARTI, 2012)

O gráfico 2 representa o crescimento da média mensal do volume de lixo. O próprio crescimento populacional é um dos fatores para o crescimento de um ano para outro. Entretanto outros fatores devem ser considerados. Um fator importante é o programa de educação ambiental do município que releva a importância do consumo consciente, pois a principal fonte de lixo é de resíduo domiciliar. (Fonte: Prefeitura Municipal de Tibagi, 2012)

Em 2009, a média mensal de lixo coletado foi de 234.706 kg ± 21.043 kg. Por meio do crescimento inicial e amadurecimento do programa Recicla Tibagi, em 2010, essa média foi de 269.543 kg ± 14.317 kg, ou seja, isso representa um crescimento de 14,8% em relação à 2009. Já em 2011 houve maturação do processo e o volume médio mensal do lixo cresceu 6,4% em relação ao ano anterior passando a 286.775 kg ± 19.247 kg. Com o reforço das campanhas de conscientização e educação ambiental na cidade de Tibagi em 2012, o crescimento da média mensal até junho em relação ao ano de 2011 foi de 13,2% chegando a 324.667 kg ± 11.165 kg.

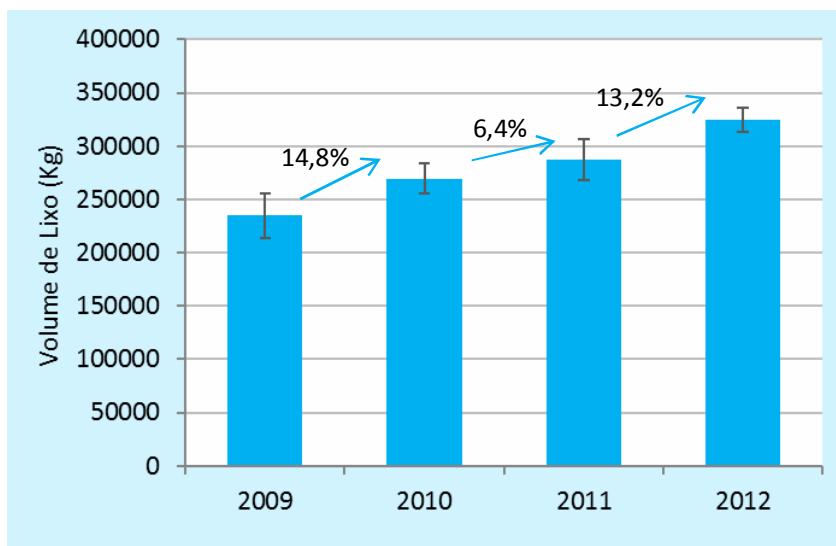


Gráfico 2. Média mensal do volume de lixo coletado. (Fonte: ACAMARTI, 2012)

A maior parte do lixo corresponde ao lixo orgânico com 56% do total, seguido por reciclável com 28% e rejeito com 16%.

A proporção da composição do lixo (rejeito, reciclável e orgânico) não teve alteração durante os 37 meses de operação da usina como mostra o gráfico 3. Esse fato é devido principalmente aos constantes treinamentos dos catadores realizados desde o início do programa.

O programa se mostra eficiente desde o início de sua implantação, visto que, 84% do lixo são reaproveitados, seja com a venda do lixo reciclável para a indústria, seja com a utilização do lixo orgânico como adubo na produção de flores ornamentais no pátio da ACAMARTI, com o intuito de agregar valor a esse composto que apresenta baixo valor de comercialização. E dos 100% do lixo que eram destinados ao aterro antes do programa, apenas 16% vai para esse local com sua implantação. Além de gerar valor e reduzir o número de lixo destinado aos aterros, no âmbito social, o programa gera empregos para a população e tira os catadores informais das ruas dando melhor condição de vida para essas pessoas. (Fonte: Prefeitura Municipal de Tibagi, 2011)

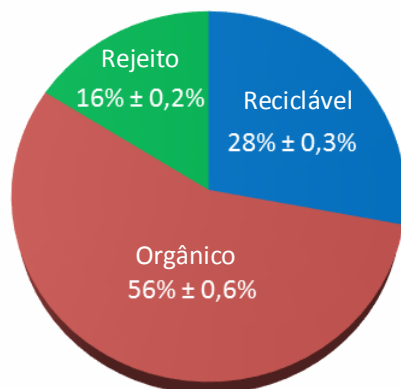


Gráfico 3. Proporção média mensal do lixo no período de maio de 2009 à junho de 2012. (Fonte: ACAMARTI, 2012)

Jardim et al. (1995), citam que as características dos resíduos sólidos urbanos são influenciadas por vários fatores como número de habitantes, poder aquisitivo, nível educacional, hábitos e consumos da população, condições climáticas e sazonais. O volume de lixo coletado observado é influenciado pelo efeito sazonal como pode ser visto o gráfico 4.

Segundo Angelis Neto (1999, pg. 93), "as festas do final do ano geram aumento tanto nas compras de presentes como no consumo de bebidas e alimentos, o que provoca um pico do volume de lixo em dezembro". Outro pico pode ser observado na época do carnaval, que geralmente é em fevereiro como mostram os picos de 2010 e 2012. Já em 2011, o carnaval foi em março, o que culminou em aumento do volume de lixo nesse mês e não em fevereiro como usual. Outro fator é o turismo em crescimento como segunda vocação da cidade de Tibagi, como por exemplo, o Canyon do Guartelá e a Rota de Tropeiros, atraindo turistas nos períodos de férias como janeiro e julho, o que gera picos de aumento do volume de lixo nesses meses.

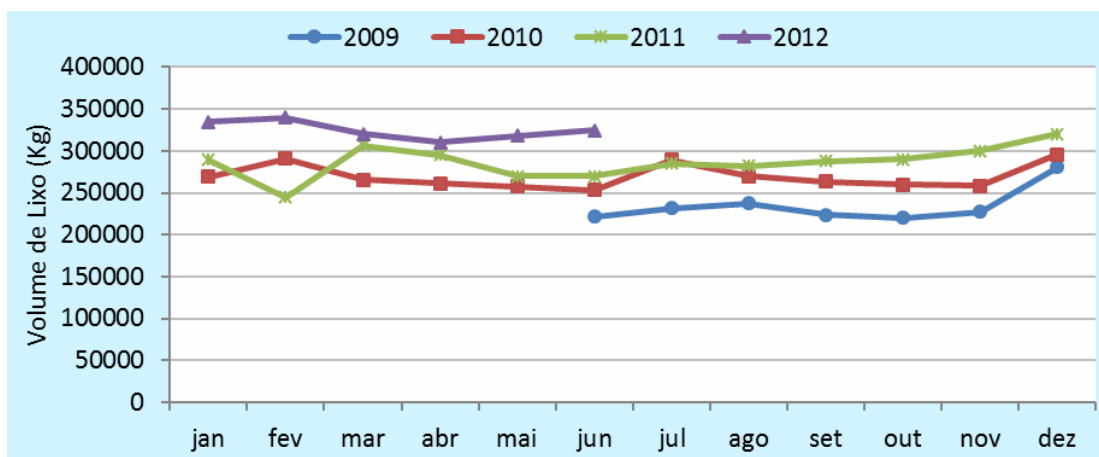


Gráfico 4. Evolução do lixo total coletado na cidade de Tibagi/PR. (Fonte: ACAMARTI, 2012)

A geração per capita representa a massa de resíduos sólidos produzida por uma pessoa ao longo de uma determinada unidade de tempo. Nos últimos dois anos, o município de Tibagi, apresentou a geração per capita ilustrada na tabela 1. A geração de resíduos sólidos domiciliares no país varia de acordo com o tamanho das cidades.

Segundo Santos et al. (2004), em municípios que possuem até 20 mil habitantes, são recolhidos de 0,45 a 0,7 kg de lixo por habitante por dia, já naqueles com número de habitantes superiores a 200 mil, essa quantidade aumenta para a faixa de 0,8 a 1,2 kg de lixo por habitante por dia. Portanto, Tibagi se enquadra nessa definição por possuir média de $0,472 \pm 0,01$ kg. Sendo assim, pela efetividade do programa, pode-se dizer que destes 0,472 kg, 0,396 kg são reaproveitados (0,264 kg orgânico e 0,132 kg reciclável) e somente 0,076 kg são destinados ao aterro.

Tabela 1. Geração per capita (período 2010 – 2011)

	População	kg hab ⁻¹ dia ⁻¹
2010	19344	0,458
2011	19414	0,486

Fonte: IBGE Censo 2010 e estimativa 2011.

E para o aumento do volume de lixo coletado nos próximos meses (até dezembro de 2013), os coeficientes foram obtidos de modo a obter a combinação com o menor erro associado ao modelo. Os coeficientes foram $\alpha = 0,21$; $\beta = 0,01$ e $\gamma = 0,63$.

A Média Aritmética do Módulo dos Erros Percentuais (MAPE) obtida foi de 3,40%, considerada baixo para este modelo de previsão. O coeficiente de correlação de Pearson r obtido foi 0,8724 que indica forte correlação. Ou seja, o modelo possui baixo erro, forte correlação e pode ser utilizado para estimativas futuras.

Os valores reais do lixo coletado de janeiro de 2011 a junho de 2012 bem como a estimativa para os próximos 18 meses (julho de 2012 a dezembro de 2013) pode ser vista pelo gráfico 5.

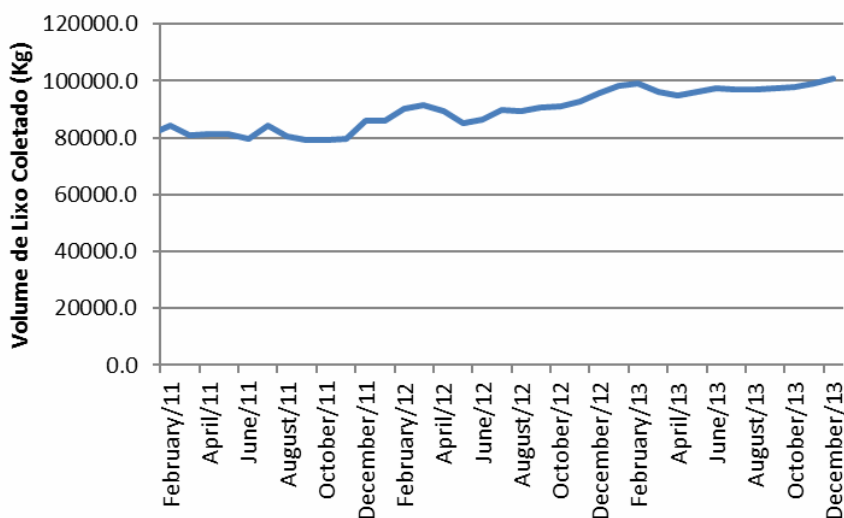


Gráfico 5: Lixo coletado de janeiro de 2011 a junho de 2012 e estimativa de crescimento do volume de lixo coletado de julho de 2012 a dezembro de 2013 na cidade de Tibagi-PR.

O gráfico 6 mostra a estimativa para os próximos anos até 2020. Em 2015, a estimativa é de crescimento de 20% em relação a 2012. Isso significa que o volume anual de lixo coletado passará de 1.070 toneladas em 2012 para 1.283 toneladas em 2015. A previsão de 2020 é de 1.527 toneladas, o que representa um crescimento de 43% em relação a 2012.

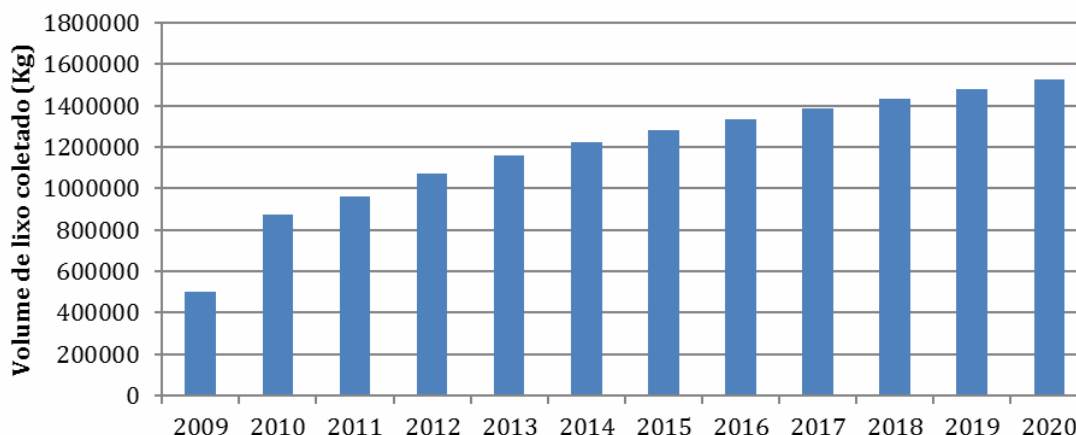


Gráfico 6: Estimativa de crescimento do volume de lixo coletado até 2020.

A estimativa mostra que haverá crescimento significativo nos próximos anos do volume de lixo. Tal crescimento deve ser acompanhado de políticas públicas que devem investir em infraestrutura tanto para a coleta do lixo nas ruas como na usina de reciclagem para a separação e reaproveitamento do lixo urbano. Além disso, futuras gerações de empregos também ocorrerão para atender a demanda.

Por meio dessa estimativa, é possível ver o real potencial do programa Recicla Tibagi, que, com os incentivos governamentais e engajamento da população, continuará gerando benefícios sociais, ambientais e econômicos, além de ser modelo de sustentabilidade para outros municípios.

CONCLUSÕES

A partir da implantação do programa Recicla Tibagi em 2009, foi possível observar resultados muito positivos, como a melhoria da limpeza da cidade, visto que o processo de triagem dos resíduos começa na varrição das vias públicas e na coleta das residências. O reaproveitamento de materiais e destinação correta do mesmo permite a minimização da destinação dos resíduos para o aterro sanitário, preservando o meio ambiente. No quesito econômico, a comercialização dos recicláveis, dos compostos orgânicos e da produção de flores gera renda aos associados. No âmbito social, gera empregos para a população, incentiva o fortalecimento de associações e organizações comunitárias.

Com relação à ACAMARTI, os resultados positivos refletem no aumento do número de associados e o crescimento da arrecadação com a venda do material reciclável. A tendência é que a arrecadação da associação aumente, visto que o foco é agregar valor, como por exemplo a utilização do composto orgânico na produção de flores ornamentais.

Fica evidente o reconhecimento, por uma iniciativa da administração pública municipal, que sanou diversos problemas com consequências futuras irreversíveis, que hoje traz ganhos para o município como um todo.

Este presente trabalho pode ser utilizado como instrumento no gerenciamento da coleta seletiva, permitindo análise por meio de parâmetros mensuráveis e a transparência das ações realizada para que os responsáveis pela coleta tomem medidas corretivas quando detectados problemas ou baixo desempenho no programa.

O projeto apesar de simples, envolve diversas áreas e desperta curiosidade e interesse desde a área social, financeira, ambiental e administrativa. É uma forma de incentivar novos projetos aos órgãos públicos, e ressaltar a importância da reciclagem e destinação adequada dos resíduos sólidos urbanos. O Recicla Tibagi é um exemplo inovador, já adequado à Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Dentre todos os fatores relatados, destaca-se a esperança de que o desenvolvimento sustentável, que faz parte integrante da proteção ambiental e desenvolvimento econômico, viabilize o atendimento das necessidades básicas, aumento de padrões de vida para todos, ecossistemas mais protegidos e um futuro garantido e mais próspero (Skinner, 1994).

REFERÊNCIAS

ACAMARTI, Associação dos Catadores de Materiais Recicláveis de Tibagi. *Dados sobre Composição do Lixo*. Relatório de atividades mensais. Recicla Tibagi: Gráfica Municipal, 2012.

ANGELIS NETO, G. *As deficiências nos instrumentos de gestão e os impactos ambientais causados por resíduos sólidos: o caso de Maringá/PR, 1999*. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

BRAGA, R.; CARVALHO, P. F. *Recursos Hídricos e Planejamento Urbano e Regional*. Laboratório de Planejamento Municipal, DEPLAN- IGCE-UNESP, Rio Claro, 2003.

BRASIL, *Lei n. 12.305* de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em 20 de julho de 2012.

CAMPOS, J. O. ; BRAGA, R. *Gestão de resíduos: valorização e participação*. Rio Claro: LPM/IGCE/UNESP, 2005 117 p.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *IBGE Cidades – Tibagi*. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em 26 de agosto de 2012.

JARDIM, N. S. et al. *Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado*. São Paulo: IPT/CEMPRE, 1995.

LOESCH, C; HOELTGEBAUM, M. *Métodos estatísticos multivariados*. São Paulo: Saraiva, 2012.

TIBAGI (PR). Secretaria do Meio Ambiente. *Gestão de Resíduos Sólidos Domésticos na Cidade de Tibagi*. Tibagi: Gráfica Municipal, 2012.

SANTOS, C. R.; ULTRAMARI, C.; DUTRA, C. M. *Artigo Base - Meio ambiente Urbano*. In.: CAMARGO, A.; CAPOBIANCO, J. P. R.; OLIVEIRA, J. A. P. (org.). *Meio Ambiente Brasil: Avanços e Obstáculos*. 2. ed. ver. São Paulo: FGV, 2004. p. 348-366.

SKINNER, J. H. *Waste management principles consistent with sustainable development*. In: INTERNATIONAL DIRECTORY OF SOLID WASTE MANAGEMENT.1994/5. The ISWA Yearbook.London: James & James,1994. 432 p. P 10-15.

TROPPEMAIR, H. *Biogeografia e Meio Ambiente*. 4a edição. Rio Claro. Ed. do autor, 1995. 259p.

WANKE, P; JULIANELLI, L. *Previsão de vendas: processos organizacionais & métodos quantitativos e qualitativos*. São Paulo: Atlas, 2006. (Coleção Coppead de Administração).