



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

■

FRANCISCO HUMBERTO DE CARVALHO JUNIOR

**ESTUDOS DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE E SUA CORRELAÇÃO
COM A GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NA CIDADE DE
FORTALEZA-CE.**

FORTALEZA

2013

FRANCISCO HUMBERTO DE CARVALHO JUNIOR

ESTUDOS DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE E SUA CORRELAÇÃO
COM A GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NA CIDADE DE
FORTALEZA-CE.

Tese apresentada à Coordenação do
Curso de Pós-Graduação em Engenharia
Civil da Universidade Federal do Ceará,
como parte dos requisitos para obtenção
do título de Doutor. Área de concentração:
Saneamento Ambiental.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Marisete Dantas
de Aquino.

FORTALEZA

2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Pós-Graduação em Engenharia - BPGE

-
- C323e Carvalho Junior, Francisco Humberto de.
Estudos de indicadores de sustentabilidade e sua correlação com a geração de resíduos sólidos urbanos na cidade de Fortaleza – Ce. / Francisco Humberto de Carvalho Junior. – 2013.
209 f. : il. color., enc. ; 30 cm.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós – Graduação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Fortaleza, 2013.
Área de Concentração: Saneamento Ambiental
Orientação: Prof^a. Dr^a. Marisete Dantas de Aquino.
1. Saneamento. 2. Resíduos Sólidos. I. Título.

FRANCISCO HUMBERTO DE CARVALHO JUNIOR

ESTUDOS DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE E SUA CORRELAÇÃO
COM A GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NA CIDADE DE
FORTALEZA-CE.

Tese apresentada à Coordenação do
Curso de Pós-Graduação em Engenharia
Civil Área de Concentração em
Saneamento Ambiental, da Universidade
Federal do Ceará, como requisito para
obtenção do título de Doutor.

Aprovada em: / / 2013

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Marisete Dantas de Aquino (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof.^a Dr.^a Claudia Coutinho Nóbrega
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

Prof. Dr. George Satander Sá Freire
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr.^a Glória Maria Marinho Silva
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Prof. Dr. José Fernando Thomé Jucá
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Dedico este trabalho a Deus, aos meus pais, a minha esposa, aos meus filhos e a minha orientadora, pela compreensão e incentivos.

AGRADECIMENTOS

Ao meu melhor amigo, Jesus, fonte de toda a sabedoria e do pleno amor.

A Nossa Senhora, pelo seu sim incondicional a Deus e por ser a advogada nossa em todos os momentos.

Aos meus pais, os Professores Francisco Humberto de Carvalho e Maria da Conceição Pessoa de Carvalho, incentivadores e cheios de amor.

À minha linda e amada esposa, Lúcia Virgínia, por estar ao meu lado, descobrindo juntos novas estradas para seguirmos em frente, juntamente com os nossos filhos, Gabriel, Vitor e Paulinha, presentes preciosos do Pai.

A queridíssima Claudinha Comaru com seu sorriso, alegria e amor.

Aos meus familiares, que nunca faltaram com o apoio necessário.

Aos meus queridos, *In Memoriam*, Alba e João, Maria e Arthur, Hilma, e José Arthur de Carvalho, Pedro Aragão e Marieta, Edvar Aragão e aos colegas Carlos Henrique, Helano Brilhante, Eloi e Renato Parente, por estarem sempre rezando por nós.

Aos irmãos das Equipes de Nossa Senhora, por toda as orações.

À professora e orientadora Dr.^a Marisete Dantas, por ter acreditado e lutado ao meu lado, ensinando a todos a importância de estar defendendo seus alunos.

Aos professores Raimundo Oliveira, Ronaldo Stefanutti, Kenedy Moura, Francisco de Assis, Horsth, André Bezerra, Marcia Rios, Satander, Kleisson, Juvenal e Luciano Correia por me ajudarem a seguir em frente.

A Professora Dr.^a Maria Juraci L. Cavalcante, com seus conhecimentos e ajuda.

Ao meu nobre amigo Celso, com o seu estímulo e amor.

Aos queridíssimos; Monsenhor Manfredo Ramos e Padre Arcanjo por me incentivarem e ensinarem a importância da misericórdia e da humildade.

Ao amigo e professor doutor João José Hiluy Filho, que desde a nossa juventude, vem demonstrando com seus ideais a importância da amizade e dos verdadeiros valores.

A Professora Dr.^a Claudia Coutinho, por me ter ajudado a concluir esta importante etapa da minha vida e por considera-la um amor de pessoa.

Ao Professor Dr. Fernando Jucá amigo e um irmão, que desde o início desta caminhada tem me incentivado com seu talento e carinho.

A todos os *lixeiros garis* que forneceram dados e ideias para este estudo, sobretudo companheiros da transformação para um mundo mais sustentável: Marcos Stenio Teixeira, Régia Lopes, Darci Campani, Geraldo Reichert, Dan Moche Schneider, Heliana Kátia Campos, Thilo Schmidt, Valdir Schalch, Silvia Marcia, Nascelio, Gradwol, Flavio, Caio, Renatinha, Gleyciane, Caio Brás, Paulo Marcio, Mauro Gandolla, Odete Mariano, Danuza Lima, Alessandra Lee e Mario Russo.

Ao meu amigo e irmão em todas as horas, José Dantas de Lima, pela nossa amizade, presente de Deus.

À UFPE por ter me acolhido inicialmente no meu doutorado e à UFC, por meio de vários professores, colegas e funcionários, todo o meu apreço.

Aos colegas professores do IFCE Maracanaú, entre os quais Rosana Barros, Inês, Glória Marinho Júlio Cesar e Olívio, e aos alunos Paulo Roberto, Ana Gláucia e Gleyciane Nobre pela força para a conclusão desta tese.

Ao BNDES e à coordenação do projeto: “Análise das Diversas Alternativas Tecnológicas de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos no

Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão”, a possibilidade de poder participar deste importante projecto para o Brasil.

Aos amigos da Secretaria Regional 2 e, entre tantos colaboradores: Danielle, Lauro, Gil, Monique, Paola, Eugenia, Socorro, Joao Luis, Clicia, Hayde e a minha sempre presente secretária Alzenira, onde estivemos juntos em um momento único de servir a nossa cidade.

Aos companheiros da EMLURB e da ACFOR, pelos dados valiosíssimos e pelos incentivos de prosseguir.

Ao atual Presidente da ACFOR, Honório Santiago, e aos ex- presidentes Adrimar Câmara e José Nunes Passos, que muito me ajudaram.

A um dos grandes incentivadores, o amigo Paiva, e todos os companheiros da ABES-CE, notadamente o imprescindível Geovar Matias.

Aos engenheiros Sérgio Araújo, da COELCE, Marcos Saraiva e Antonio Praxedes, da CAGECE, pelo envio de informações.

Ao meu amigo Francisco José (Franzé), companheiro que muito me incentivou a concluir esta tese, e a Patricia Marques Carneiro, pela valiosa contribuição.

À todos os que enriqueceram este trabalho, minha gratidão.

“Disse então Maria: A minha alma engrandece o Senhor, exulta meu espírito em Deus, meu Salvador!

Porque olhou para a humildade de sua serva, doravante as gerações hão de chamar-me de bendita!

O Poderoso fez em mim maravilhas, e Santo é seu nome!

Seu amor para sempre se estende, sobre aqueles que o temem!

Manifesta o poder de seu braço, dispersa os soberbos; derruba os poderosos de seus tronos e eleva os humildes; sacia de bens os famintos, despede os ricos sem nada.

Acolhe Israel, seu servidor, fiel ao seu amor, como havia prometido a nossos pais, em favor de Abraão e de seus filhos para sempre!

Glória ao Pai, ao Filho e ao Espírito Santo, como era no princípio, agora e sempre Amém!”

*“No tempo em que ficarmos mais velhos
Quem nos dirá o que fazer ou nos lembrar do que
ficou pra trás?
Por favor, não tente me poupar.
Me escute, me leve com você.
Vamos ficar mais velhos juntos...”*

*Gabriel Aragão de Carvalho – Musica: “Ficando
Velho”.*

“Não me ame somente quando eu mereço, mas principalmente quando não mereço, porque é quando mais preciso.”

Provérbio árabe.

RESUMO

A taxa da geração dos resíduos sólidos urbanos (RSU) cresce muito mais do que a da população urbana, até mesmo em regiões onde o percentual de natalidade é elevado. Os motivos deste crescimento podem ser vários, todavia os fatores culturais e econômicos são os mais relevantes. Os impactos ambientais decorrentes deste crescimento podem ser notados, principalmente nas grandes cidades, como Fortaleza-CE, com características de cidade comercial e turística. Esta pesquisa procurou analisar as razões do crescimento dos resíduos urbanos, mais particularmente no Brasil e na cidade de Fortaleza. Procurou-se como hipótese principal a correlação da geração dos resíduos sólidos urbanos com o crescimento econômico, ocasionado pelo consumismo. Foram estudados os indicadores de sustentabilidade influentes para o crescimento da geração dos resíduos. Por meio da ferramenta estatística SPSS, foram selecionados os indicadores correlatos, e daí aplicou-se uma regressão múltipla para encontrar a equação-resposta que quantifica o total gerado dos resíduos urbanos para Fortaleza, no período entre 2001 a 2011. Os resultados obtidos representam bem os indicadores, pois a confiabilidade foi de 80,9% do valor previsto. Os restantes 19,1% são explicados por outros indicadores que não estão no modelo. Os indicadores de sustentabilidade escolhidos foram: INPC, IPCA, Índice de GINI, consumo de energia elétrica, PIB, consumo de água tratada, tempo, IDH e a população urbana. Dentre todos os indicadores analisados, por ordem, os que expressaram maior correlação para a equação resposta foram o consumo de energia elétrica, PIB, consumo de água tratada, tempo, IDH e a população urbana. De acordo com a equação-resposta, validada para o Município de Fortaleza, permitiu-se concluir sobre a necessidade de associar o modelo de produção e consumo moderno com a geração de resíduos sólidos urbanos.

Palavras-chave: Geração de resíduos. Indicadores de sustentabilidade. Consumismo. Resíduos sólidos urbanos. Correlação.

ABSTRACT

The rate of generation of municipal solid waste (MSW) has increased much more than the urban population, even in regions where the birth rate is high. The reasons for this growth can be various, yet the cultural and economic factors are the most relevant. The environmental impacts of this growth can be noticed especially in large cities such as Fortaleza, CE, with characteristics of commercial and tourist city. This research sought to examine the reasons for the growth of the urban waste, particularly in Brazil and in the city of Fortaleza. It was sought as the main hypothesis the correlation of MSW generation and the economic growth, caused by consumerism. We studied the influential sustainability indicators for the growth of waste generation. Through the SPSS statistical tool, we selected the related indicators, and then we applied a multiple regression to find the response equation that quantifies the total of waste to Fortaleza, in the period between 2001 and 2011. The results obtained represent the indicators well because the reliability was 80.9% of the predicted value. The remaining 19.1% is explained by other indicators that are not in the model. Sustainability indicators chosen were: INPC, IPCA, GINI Indicator, power consumption, GDP, consumption of treated water, time, HDI and the urban population. Among all the indicators analyzed, those ones that showed the highest correlation to the response equation were, in order, the electricity consumption, GDP, consumption of treated water, time, HDI and the urban population. According to the equation-response, validated for the city of Fortaleza, allowed to conclude on the need to involve the model of production and consumption with the modern generation of municipal solid waste.

Keywords: Waste generation. Sustainability indicators. Consumerism. MSW. Correlation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Geração dos RSU do Brasil – 2008 – 2009 e 2010-2011	36
Figura 2	– Geração <i>per capita</i> de RSU (kg/hab./ano) – 2010 – 2011 –Brasil...	38
Figura 3	– RSU <i>per capita</i> (kg/hab.ano) por regiões - Brasil - 2010 e 2011	39
Figura 4	– Quantidade de coleta de RSU (t/dia) por regiões no Brasil – 2011 .	40
Figura 5	– Geração <i>per capita</i> de RSU por regiões no Brasil – 2011.....	41
Figura 6	– <i>Per capita</i> média de vários países e a ALC – 2010.....	43
Figura 7	– Taxa de Geração de Resíduos Sólidos Municipais, incluindo reciclagem e compostagem nos EUA de 1960 – 2010.....	44
Figura 8	– Geração dos RSU e as taxas de reciclagem - EUA - 1960-2010....	45
Figura 9	– Quantidade <i>per capita</i> de resíduos sólidos gerados e tratados por Estados-Membros em 2010 (kg/hab.ano)	47
Figura 10	– As forças tarefa para a implantação do PCS.....	53
Figura 11	– Comparação da tipologia dos resíduos gerados com a renda dos Países	62
Figura 12	– Tipologia dos RSU - EUA – 2010.....	64
Figura 13	– Tipologia dos RSU conforme as regiões (%) – 2012.....	64
Figura 14	– Parte da composição de RSD da Cidade de São Paulo	66
Figura 15	– PIB total e PIB <i>per capita</i> - 2000 – 2011 – Brasil	71
Figura 16	– PIB <i>Per capita</i> – Regiões Brasileiras – 2000 a 2008.....	72
Figura 17	– Relação do PIB <i>per capita</i> e da pobreza na ALC (1980 – 2008).....	73
Figura 18	– Percentual da população, PIB e geração de resíduos sólidos conforme as regiões do Brasil – 2003.....	74
Figura 19	– Geração de RSU, população e PIB – Brasil - 2002 – 2009.....	75
Figura 20	– Projeção da geração dos RSU - Curitiba – 1994 a 2022.....	76
Figura 21	– Comparação entre países desenvolvidos e em desenvolvimento - 2012	77
Figura 22	– Relação entre o PIB e a geração <i>per capita</i> de RSU em diversos países – 2003 a 2008.....	78
Figura 23	– Índices de crescimento da população, do PIB e dos resíduos, em países estudados pela OCDE (1980–2030).....	79
Figura 24	– Geração mundial de RSU e a <i>per capita</i> conforme as regiões (2012 -2025)	80

Figura 25 – Relação entre o IDH e a <i>per capita</i> dos RSU na ALC – 2010.....	84
Figura 26 – Índice de GINI no Brasil - 2009 - março de 2011	86
Figura 27 – Variação mensal do INPC no Brasil - 2009 – 2011	87
Figura 28 – Variação mensal do IPCA no Brasil – 2009 – 2011.....	87
Figura 29 – Oferta interna de energia elétrica no Brasil - 1993 – 2010	89
Figura 30 – Consumo de energia elétrica na Região Nordeste do Brasil - 1976 – 2008	89
Figura 31 – Abastecimento de água de acordo com a rede geral em relação à população total, por situação do domicílio - % – Brasil – 1992/2009	90
Figura 32 – Pirâmide de hierarquização.....	94
Figura 33 – Classificação dos Indicadores de Desempenho Ambiental (IDA)....	97
Figura 34 – Modelo PER com as três dimensões da informação	101
Figura 35 – Fluxograma de desenvolvimento da pesquisa	114
Figura 36 – Crescimento Populacional em Fortaleza - 1872 a 2010.....	119
Figura 37 – Proporções da população de Fortaleza segundo as classes sociais - Fortaleza – 2000 a 2010	123
Figura 38 – Número de empresas varejistas em Fortaleza – 2010	124
Figura 39 – Percentual de domicílios ligados à rede geral de água por bairros de Fortaleza – 2010.....	126
Figura 40 – Percentual de domicílios ligados à rede de energia elétrica, segundo bairros de Fortaleza – 2010.....	127
Figura 41 – Modelo da gestão da coleta domiciliar de Fortaleza – 2012	128
Figura 42 – Composição média dos RSU conforme Secretaria Executiva Regional de Fortaleza – 2012	130
Figura 43 – Composição média dos RSU de Fortaleza – 2012.....	130
Figura 44 – Variáveis estudadas	132
Figura 45 – Fluxograma da análise estatística utilizada.....	137
Figura 46 – População urbana e geração dos RSU do Brasil – 2001-2011	145
Figura 47 – Geração dos RSU no Brasil – 2000-2011	145
Figura 48 – <i>RSU per capita</i> – 2000 - 2011 – Brasil	146
Figura 49 – Taxas anuais de crescimento da geração dos RSU e população urbana do Brasil – 2001 a 2011	146

Figura 50 – Taxas anuais de crescimento da produção <i>per capita</i> dos RSU e da população urbana do Brasil, em % – 2001 a 2011	147
Figura 51 – Taxas anuais de crescimento do PIB <i>per capita</i> total e população urbana do Brasil, em % – 2001 a 2011	148
Figura 52 – Crescimento do PIB total e geração dos RSU do Brasil – 2001 a 2011	149
Figura 53 – Taxas anuais de crescimento da geração dos RSU e da população urbana de Fortaleza, em % – 2001 a 2011	152
Figura 54 – Comparação do crescimento da geração dos RSU e a população urbana de Fortaleza – 2001 a 2011	152
Figura 55 – Taxas anuais de crescimento da geração <i>per capita</i> dos RSU e população urbana de Fortaleza, em % – 2001 a 2011	153
Figura 56 – Consumo <i>per capita</i> de água e da geração <i>per capita</i> de RSU – Fortaleza - 2001 a 2011	155
Figura 57 – Consumo <i>per capita</i> de energia elétrica e geração <i>per capita</i> de RSU – Fortaleza - 2001 a 2011	156
Figura 58 – Indicadores sociais e a geração de RSU – Fortaleza – 2001 a 2011	158
Figura 59 – Geração RSU e PIB total e <i>per capita</i> da geração RSU e PIB - Fortaleza – 2001 a 2011	159
Figura 60 – INPC, IPCA e a geração de RSU – Fortaleza - 2001 a 2011	160
Figura 61 – Aplicação do Modelo PEIR para Fortaleza.....	161
Figura 62 – Base de dados desenvolvida no <i>software</i> SPSS versão 19.0.....	161
Figura 63 – Características das variáveis da base de dados desenvolvida no <i>software</i> SPSS versão 19.0.....	162
Figura 64 – <i>Boxplot</i> do consumo de água (m ³ /ano) de Fortaleza - 2001 a 2011	166
Figura 65 – <i>Boxplot</i> do PIB em R\$ Milhões, a preços correntes (x 1000) de Fortaleza - 2001 a 2011	167
Figura 66 – <i>Boxplot</i> do consumo de energia elétrica (kWh/ano) de Fortaleza -2001 a 2011	167
Figura 67 – <i>Boxplot</i> da geração de RSU (t/ano) de Fortaleza - 2001 a 2011.....	168
Figura 68 – <i>Boxplot</i> da população urbana de Fortaleza -2001 a 2011	169
Figura 69 – <i>Boxplot</i> do IDH de Fortaleza - 2001 a 2011	169

Figura 70 – PIB acumulado <i>versus</i> consumo de água - Fortaleza – 2001 a 2011	172
Figura 71 – Consumo de energia <i>versus</i> geração de RSU - Fortaleza – 2001 a 2011	173
Figura 72 – PIB <i>versus</i> geração de RSU de Fortaleza - 2001 a 2011.....	174
Figura 73 – Consumo de água <i>versus</i> geração de RSU de Fortaleza, 2001 a 2011	174
Figura 74 – Tempo <i>versus</i> geração de RSU – Fortaleza - 2001 a 2011	175
Figura 75 – IDH <i>versus</i> geração de RSU em Fortaleza - 2001 a 2011	175
Figura 76 – Gráfico da dispersão para o teste de linearidade e homocedasticidade para Fortaleza - 2001 a 2011	181
Figura 77 – Gráfico dos resíduos normalmente distribuídos para o teste de normalidade para Fortaleza - 2001 a 2011	182
Figura 78 – Curvas de crescimento da geração dos RSU para Fortaleza – 2001 a 2011	187

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quantidades geradas de RSU, geração <i>per capita</i> e população urbana conforme regiões. Brasil - 2010 – 2011.....	39
Tabela 2 – Quantidade de RSU coletado e geração <i>per capita</i> por regiões no Brasil – 2010 – 2011	40
Tabela 3 – Geração <i>per capita</i> de RSU na ALC – 2010	43
Tabela 4 – Tipologia dos Materiais no Total de RSU na UE – 2008	63
Tabela 5 – PIB <i>per capita</i> - Regiões Brasileiras – 2000 a 2008.....	72
Tabela 6 – Indicadores demográficos de Fortaleza – 1991/2000/2010.....	119
Tabela 7 – Distribuição da renda <i>per capita</i> média e da população – Fortaleza – 2010	121
Tabela 8 – Índices de desenvolvimento - Fortaleza, Ceará e Brasil	122
Tabela 9 – Composição média dos RSU por SER – Fortaleza – 2012.....	129
Tabela 10 – Peso específico aparente dos RSU por regional – Fortaleza – 2012	131
Tabela 11 – PIB, geração e <i>per capita</i> dos RSU, e população urbana do Brasil – 2001 a 2011	144
Tabela 12 – Dados populacionais, geração de RSU e <i>per capita</i> de Fortaleza – 2001 a 2011	150
Tabela 13 – Crescimento da população urbana, geração dos RSU e geração <i>per capita</i> entre os anos 2001 a 2011 de Fortaleza	151
Tabela 14 – Geração de resíduos e a geração <i>per capita</i> de resíduos sólidos domiciliares, comerciais e urbanos de Fortaleza - 2009 a 2011	151
Tabela 15 – Consumo <i>per capita</i> de água e da geração <i>per capita</i> de RSU – Fortaleza - 2001 a 2011	154
Tabela 16 – Consumo <i>per capita</i> de energia elétrica e da geração <i>per capita</i> dos RSU – Fortaleza - 2001 a 2011	156
Tabela 17 – IDH, Índice de GINI e geração de RSU – Fortaleza - 2001 a 2011.....	157
Tabela 18 – PIB, INPC e IPCA e geração de RSU – Fortaleza - 2001 a 2011 ...	158
Tabela 19 – Indicadores de sustentabilidade de Fortaleza – 2001 a 2011	163
Tabela 20 – Estatística descritiva para as variáveis PIB, IDH e a População Urbana de Fortaleza - 2001 a 2011.....	165

Tabela 21 – Grau de relacionamento entre as variáveis selecionadas para Fortaleza – 2001 a 2011	171
Tabela 22 – Soma de quadrados dos resíduos (SQR) utilizando a média para Fortaleza - 2001 a 2011	179
Tabela 23 – Resumo do modelo de regressão	179
Tabela 24 – Teste de normalidade dos resíduos – Fortaleza (2001 a 2011)	181
Tabela 25 – Análise da Variância – ANOVA para Fortaleza - 2001 a 2011	183
Tabela 26 – Coeficientes da equação-resposta para Fortaleza - 2011 a 2011 ...	183
Tabela 27 – Utilização dos índices de condição e a matriz de decomposição da variância de coeficientes para Fortaleza – 2001 a 2011	184

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Prioridades e principais agentes da cadeia de resíduos urbanos para o Brasil	59
Quadro 2 – Tipologia dos resíduos domiciliares, no total de RSU coletado no Brasil – 2011	65
Quadro 3 – Índice de Gini da distribuição do rendimento mensal dos domicílios particulares permanentes, com rendimento, por grandes regiões – 2009/2011	85
Quadro 4 – Indicadores de sustentabilidade	132
Quadro 5 – Fontes para a coleta dos dados	133

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ACFOR	Autarquia de Regulação, Fiscalização e Controle dos Serviços Públicos de Saneamento de Fortaleza
ADA	Avaliação de Desempenho Ambiental
AEA	Agência Europeia do Ambiente
AIDIS	Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental
ALC	América Latina e Caribe
ASMOC	Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia
ASTEF	Associação Técnico-Científica Eng.º Paulo de Frontin (UFC – Brasil)
BPC	Benefício de prestação continuada
CAGECE	Companhia de Água e Esgoto do Ceará
CDS	Comissão de Desenvolvimento Sustentável
CEPAL	Comisión Económica para América Latina
CHESF	Companhia Hidrelétrica Vale do São Francisco
COELCE	Companhia Energética do Ceará
ECOFOR	Empresa de Coleta de Fortaleza
EMLURB	Empresa Municipal de Limpeza e Urbanização
EPA	Environmental Protection Agency
EUA	Estados Unidos da América
EU	União Europeia
EEA	Agencia Europeia do Ambiente

EUROSTAT	Gabinete de Estatísticas da União Europeia
FBCF	Formação Bruta de Capital Fixo
FER	Força Motriz – Estado – Impacto – Resposta
FGV	Fundação Getúlio Vargas
FPEIR	Força Motriz – Pressão - Estado – Impacto – Resposta
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICA	Indicadores de condições ambientais
IDA	Indicadores de desempenho ambiental
IDG	Indicadores de desempenho gestão
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IDH - M	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
IDO	Indicadores de desempenho operacional
IPC	Índice de Preços ao Consumidor
IPCA – E	Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo Especial
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
INPC	Índice Nacional de Preços ao Consumidor
ISO	International Organization for Standardization
kWh	Quilowatt-hora
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OECD	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ONG's	Organização não governamental
ONU	Organização das Nações Unidas
PBF	Programa Bolsa Família
PCS	Produção e consumo sustentáveis

PDCA	Planejar– Fazer – Checar– Agir
PEIR	Pressão – Estado – Impacto - Resposta
PER	Pressão – Estado – Resposta
PEV	Ponto de Entrega Voluntária
PIB	Produto Interno Bruto
P+L	Produção Mais Limpa
PMSS	Programa de Modernização do Setor de Saneamento
PNAD	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PNB	Produto Nacional Bruto
PSF	Programa Saúde da Família
PPP	Paridade do Poder de Compras
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PROMETHEE	Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
RMF	Região Metropolitana de Fortaleza
RSD	Resíduos sólidos domésticos
RSU	Resíduos sólidos urbanos
SEINF	Secretaria de Infraestrutura de Fortaleza
SER	Secretaria Executiva Regional
SER's	Secretarias regionais
SERCEFOR	Secretaria Regional Centro de Fortaleza
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SPSS	Statistical Package for Social Science for Windows
t	Tonelada(s)

UE	União Europeia
UNICEF	Fundo das Nações Unidas para a Infância
UNCSD	Comissão das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável
UNDESA	Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais das Nações Unidas
UNEP	United Nations Environment Programme
USEPA	United States Environmental Protection Agency

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	29
1.2 Objetivos	33
1.2.1 Objetivo geral	33
1.2.2 Objetivos específicos	33
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	35
2.1 A geração dos Resíduos Sólidos Urbanos – RSU e o consumismo	35
2.1.1 A geração dos RSU no Brasil	36
2.1.2 A geração dos RSU na América Latina e Caribe – ALC	42
2.1.3 A geração dos RSU nos EUA	44
2.1.4 A geração dos RSU na Europa	45
2.1.5 O consumismo	48
2.1.6 Os RSU e o consumismo	53
2.1.7 Consumismo no Brasil	60
2.1.8 A caracterização física dos RSU e o consumismo	61
2.1.8.1 A caracterização física dos resíduos sólidos no Brasil	65
2.1.9 Fatores econômicos e sociais que influenciam a geração dos RSU....	66
2.1.9.1 A população urbana	68
2.1.9.2 O PIB - Produto Interno Bruto	69
2.1.9.2.1 A geração dos RSU e a correlação com o PIB	74
2.1.9.3 O IDH	83
2.1.9.4 Outros indicadores econômicos e sociais	85
2.1.9.4.1 O Índice de Gini e o rendimento médio	85
2.1.9.4.2 O INPC e o IPCA	86
2.1.9.4.3 O consumo de energia elétrica	88
2.1.9.4.4 O consumo de água tratada	90
2.2 Indicadores de sustentabilidade	91
2.2.1. Norma internacional ISO 14031	96
2.2.2 Indicadores de desempenho ambiental	98
2.2.3 Modelos de sistemas de avaliação ambiental integrada	100
2.2.3.1 Modelos com base na estrutura de análise P.E.R	100
2.2.4 Indicadores socioeconômicos	103

2.2.5 Indicadores de resíduos sólidos.....	104
2.2.5.1 <i>Indicadores oficiais de resíduos sólidos nacionais</i>	104
2.2.5.1.1 <i>Indicadores publicados pelo IBGE.....</i>	105
2.2.5.1.2 <i>Indicadores publicados pelo Ministério das Cidades</i>	105
2.2.5.2 <i>Outros indicadores publicados</i>	106
2.2.5.2.1 <i>Publicação da ABRELPE</i>	106
2.2.5.2.2 <i>Proposição de Milanez</i>	106
2.2.5.2.3 <i>Indicadores a serem utilizados na América Latina</i>	106
2.3 Métodos estatísticos	107
2.3.1 Medidas de estatísticas descritivas.....	108
2.3.1.1 <i>O boxplot.....</i>	108
2.3.2 Medidas de inferências estatísticas.....	109
2.3.2.1 <i>Análise multivariada</i>	110
2.3.2.2 <i>Medidas por meio da Correlação de Pearson</i>	111
2.3.2.3 <i>A Técnica da Regressão Múltipla.....</i>	111
3 METODOLOGIA	114
3.1 Caracterização da área de estudo.....	118
3.1.1 A Região Metropolitana de Fortaleza – RMF.....	118
3.1.2 O crescimento populacional do Município de Fortaleza.....	118
3.1.3 Os indicadores sociais e econômicos do Município de Fortaleza.....	120
3.1.3.1 <i>A desigualdade e a distribuição espacial da renda per capita em Fortaleza</i>	121
3.1.3.2 <i>Os Indicadores sociais do Município de Fortaleza</i>	122
3.1.3.3 <i>Os Indicadores econômicos do Município de Fortaleza</i>	123
3.1.4 Os Indicadores ambientais e sanitários do Município de Fortaleza	125
3.1.4.1 <i>Abastecimento de água do Município de Fortaleza.....</i>	125
3.1.4.2 <i>Sistema de energia elétrica do Município de Fortaleza</i>	126
3.1.4.3 <i>Gestão dos RSU em Fortaleza.....</i>	127
3.1.4.3.1 <i>Caracterização física e peso específico aparente dos RSU em Fortaleza</i>	128
3.2 Seleção dos indicadores de sustentabilidade	131
3.3 Tratamento estatístico	133
3.4.1 Utilização do Método de Multicritério	133
3.4.2 O Programa estatístico SPSS.....	135
3.4.2.1 <i>Aplicação do Programa SPSS.....</i>	136

3.4.3 Análise estatística	136
3.4.3.1 Estatística descritiva.....	137
3.4.3.2 Inferência estatística.....	138
3.4.3.2.1 Regressão múltipla.....	139
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	143
4.1 Análises dos indicadores para o Brasil.....	143
4.1.1 Análise da geração dos RSU, da população urbana e o PIB do Brasil	143
4.2 Análises dos indicadores de sustentabilidade para Fortaleza.....	149
4.2.1 Análises dos indicadores ambientais e sanitários de Fortaleza.....	150
4.2.1.1 Análise da Geração de RSU de Fortaleza.....	150
4.2.1.2 A Geração de RSU e o consumo de água de Fortaleza.....	154
4.2.1.3 A Geração de RSU e o consumo de energia elétrica de Fortaleza	155
4.2.2 Análises dos indicadores sociais de Fortaleza	157
4.2.2.1 A geração de RSU, Índice de GINI e o IDH de Fortaleza	157
4.2.3 Análises dos indicadores econômicos de Fortaleza.....	158
4.2.3.1 A Geração dos RSU e o PIB de Fortaleza	159
4.2.3.2 A Geração dos RSU, o INPC e o IPCA de Fortaleza	160
4.3 Aplicação do Modelo PEIR dos RSU em Fortaleza.....	160
4.4 O uso da análise estatística	161
4.4.1 Dados referentes aos indicadores sociais, econômicos e ambientais	162
4.4.2 Aplicação da análise estatística.....	164
4.4.2.1 Aplicação da Estatística descritiva	164
4.4.2.1.1 Análise de normalidade por meio de gráficos <i>boxplot</i>	166
4.4.2.2 Aplicação da inferência estatística	170
4.4.2.2.1 Medidas de correlação	170
4.4.2.2.2 Análise de regressão múltipla e validação do modelo.....	178
4.4.3 A equação-resposta	185
4.4.3.1 Aplicação da equação-resposta	185
4.4.4 Aceitação do modelo	187
4.5 Discussão do modelo aplicado	188
5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	190

REFERÊNCIAS.....	193
ANEXOS	205

1 INTRODUÇÃO

O crescimento e a longevidade da população, aliados à intensa urbanização e à expansão do consumo de novas tecnologias, acarretam a produção de grandes quantidades de resíduos.

Cerca de 1,3 bilhão de toneladas de resíduos sólidos urbanos (RSU) é gerado na Terra por ano. Essa quantidade poderá dobrar em 2025, caso não se reduza o consumismo, principal responsável por esse crescimento exponencial, principalmente nos países em desenvolvimento. Esse é um grande desafio aos gestores públicos, preocupados com as consequências à saúde pública e ambiental nas cidades (GARDNER, 2012).

É cada vez mais evidente que a adoção de padrões de produção e consumo sustentáveis e o gerenciamento adequado dos resíduos sólidos podem reduzir significativamente os impactos ao ambiente e à saúde. Nos países mais ricos que produzem maiores quantidades de resíduos, existe mais capacidade de equacionamento da gestão, por um somatório de fatores que incluem recursos econômicos, preocupação ambiental da população e desenvolvimento tecnológico. Em cidades de países em desenvolvimento, com urbanização muito acelerada, verificam-se défices na capacidade financeira e administrativa dessas em prover infraestrutura e serviços essenciais como água, saneamento, coleta, destinação adequada do lixo e moradia, e em garantir segurança e controle da qualidade ambiental para a população.

No Brasil, a necessidade da economia capitalista atrelada a uma política neoliberal incentivou, das últimas décadas, a um consumismo desenfreado. Aquilo que durava passou a ser descartável, sendo um dos sérios desafios ambientais enfrentados pelos grandes centros urbanos, que passam cada vez mais a compor os grandes volumes de lixo gerados pela população. A opção da sociedade de acelerar o consumismo, no sentido de desenvolvimento econômico, não leva em conta o fato de que a natureza possui seu tempo, um tempo biogeoquímico que é muito mais lento do que a necessidade da sociedade consumista e capitalista.

A geração total de resíduos urbanos no Brasil, segundo a pesquisa da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), registrou um crescimento de 23,58%, entre 2001 e 2011, índice superior à taxa de crescimento populacional urbano do País que, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), foi de 13,21% no mesmo período (ABRELPE, 2010, 2011; IBGE, 2012e, 2012h).

A geração *per capita* de RSU também foi objeto de um aumento em todas as regiões do Brasil, sendo que a Região Nordeste, em 2011, superou a todas, chegando a 1,30 kg/hab.dia. Já em Fortaleza, a geração *per capita* cresceu 57,94%, passando de 1,32 kg/hab.dia em 2001 a 2,09 kg/hab.dia em 2011. Estas mudanças aconteceram após o crescimento econômico nos últimos anos (ABRELPE, 2011; ACFOR, 2012).

Um dos sinais de mudanças está na composição gravimétrica dos RSU. O percentual de fração orgânica em Fortaleza caiu de 45,49% em 2005 para 43% em 2012 (FIRMEZA, 2005; ACFOR, 2012). Conforme a Autarquia de Regularização, Fiscalização e Controle dos Serviços Públicos de Saneamento (ACFOR), isto aconteceu em razão do maior consumismo e de um maior descarte, principalmente de embalagens (ACFOR, 2012).

A situação no Brasil é ainda mais precária, quando cerca de 4.000 lixões estão em operação, e que contribuem para a contaminação do ambiente e afetam a qualidade de vida da população (JUCÁ, 2011). A situação é agravada com a presença de catadores e de famílias sobrevivendo dentro dos lixões.

A geração de resíduos urbanos depende de vários fatores, dentre estes a renda média da população. O Produto Interno Bruto (PIB) está atrelado ao maior consumo e ao maior poder aquisitivo da população. Sendo assim, a geração maior de resíduos cresce de acordo com o poder aquisitivo e não mais somente pelo crescimento populacional.

A expansão da economia provocou maior consumo de bens populares. Com efeito, a intensificação do comércio em escala mundial aporta uma infinidade

de bens a baixo preço e que, quando obsoletos, serão descartados. Um dos exemplos é a quantidade de resíduos eletroeletrônicos no Brasil, descartados pela sucessão de modelos (BARROS, 2012).

Os RSU são um indicador de sustentabilidade ambiental, pois manifestam o rumo da economia e das condições sociais de uma sociedade. É uma espécie de registro das situações como uma crise econômica ou uma melhora na renda média das famílias. Nos nossos lixos diários é encontrada a síntese de nossas ações e atos humanos que nos identificam, e o montante diário dos resíduos coletados em uma cidade é a média da nossa maneira de viver e de como nos alimentamos, vestimos, divertimos, trabalhamos e o que consumimos.

Conforme Barros (2012), será preciso passar do atual fluxo linear de: extração-produção/transformação-consumo-descarte/geração de resíduos para um fluxo mais sustentável, em que os resíduos sólidos possam ser reintroduzidos nos ciclos naturais e econômicos, sob forma de energia ou de matéria, mediante processo como a reciclagem, a reutilização e a minimização da geração dos resíduos.

Desse modo, desenvolver uma linha de pesquisa que demonstre a correlação entre a geração dos RSU, as flutuações econômicas e o crescimento populacional é o cerne desta investigação. Um tratamento estatístico foi utilizado para a escolha dos indicadores influentes, segundo uma ordem hierárquica. O resultado foi traduzido por meio de uma equação matemática, utilizando indicadores de sustentabilidade nos campos social, econômico e ambiental.

Para isto, esta pesquisa foi estruturada em cinco capítulos, como se segue:

O primeiro capítulo expressa, de forma resumida, as situações relacionadas à problemática da crescente geração dos resíduos sólidos urbanos. Além disso, traz as justificativas para os estudos propostos e descreve a abordagem do tema e a estrutura da tese. O objetivo geral e os específicos sintetizam as hipóteses levantadas para esta pesquisa.

O segundo capítulo é dividido em três subcapítulos: A geração dos RSU e o consumismo; Indicadores de sustentabilidade; e os Métodos estatísticos.

Nesta revisão bibliográfica pretendemos, inicialmente, compreender por que a geração dos RSU cresceu mais do que a população urbana. Foram abordadas as hipóteses sobre os elementos identificados com o crescimento da geração dos resíduos urbanos em diversas cidades e países. Entre estas suposições estão o crescimento econômico, a cultura e a educação, as questões sociais e a própria gestão pública. Por isto, são identificados os indicadores de sustentabilidade associados a estas suposições citadas.

No terceiro segmento, delineamos a metodologia da pesquisa, tendo como principal fonte de informações os dados bibliográficos sobre a geração dos RSU no Brasil e em Fortaleza, os indicadores econômicos, sociais e ambientais. Também estudamos as características do Município de Fortaleza-CE.

No quarto módulo, expressamos os resultados obtidos com o suporte em informações primárias coletadas junto a órgãos públicos e dados secundários tomados de publicações, artigos científicos e sites de organismos públicos e da ABRELPE. Os dados pesquisados compreenderam um horizonte temporal para os anos 2001 a 2011. Aplicamos a ferramenta estatística – SPSS, com o intuito de identificar quais seriam os indicadores de sustentabilidade mais influentes na geração dos RSU, obtendo assim a equação da quantidade de RSU para a cidade de Fortaleza.

No quinto capítulo, trazemos as considerações finais, as principais conclusões e recomendações para novas pesquisas.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral foi determinar quais os indicadores de sustentabilidade que influenciam a geração de resíduos sólidos urbanos, mediante o desenvolvimento de um modelo específico para a Cidade de Fortaleza-CE.

1.2.3 Objetivos específicos

- Analisar, além da população urbana, os fatores econômicos flutuantes que influenciam na geração dos resíduos sólidos urbanos para a Cidade de Fortaleza-CE.
- Definir e hierarquizar quais os indicadores de sustentabilidade (socioeconômico e ambiental) que têm correlação com a geração dos resíduos sólidos urbanos para a Cidade de Fortaleza.
- Desenvolver uma equação de previsão de geração de resíduos sólidos urbanos de Fortaleza, com base em indicadores de sustentabilidade.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A seguir, abordaremos vários temas, iniciando pela a geração dos resíduos sólidos urbanos e a sua relação com o consumismo e os fatores econômicos e sociais influentes; após, serão estudados os indicadores de sustentabilidade e os métodos estatísticos.

2.1 A geração dos Resíduos Sólidos Urbanos – RSU e o consumismo

O surgimento da Era Industrial favoreceu o crescimento econômico com o uso dos recursos não renováveis da natureza e de crescente geração de resíduos nas cidades. No mínimo deve-se iniciar a procurar alternativas, como a expectativa de mudanças dos padrões de consumo, a fim de garantir a sobrevivência.

A dificuldade dos povos mudarem seus padrões de consumo, porém entre outros fatores, está provocando impactos ambientais irreversíveis. A amplitude dos impactos pode ser percebida com a crescente geração de RSU, associada ao nível de eficácia da sua gestão e aos prejuízos que podem acarretar. A geração, impulsionada pelos fatores econômicos e comportamentais, também recebe a influência de fatores populacionais, relativos ao crescimento da população e sua concentração nas áreas urbanas. (GODECKE; NAIME; FIGUEIREDO, 2012).

A ausência de um modelo econômico alternativo, que possa mudar a lógica do consumismo e a consequente geração de resíduos nas cidades, preocupa os gestores e ambientalistas. O controle dos RSU nas cidades brasileiras com estatísticas reais é, por enquanto, o termômetro que mede essa febre de consumismo de um país que saiu há pouco tempo da crise econômica e passa a saborear ares de estado desenvolvido.

Para isso, é importante que haja uma base histórica confiável e bem como mecanismos para coleta de dados acerca da geração e composição dos resíduos sólidos gerados pela população, o que dificulta o planejamento.

2.1.1 A geração dos RSU no Brasil

A geração dos resíduos sólidos urbanos no Brasil aumenta paulatinamente na maioria das grandes cidades, notadamente nas capitais, com taxas de crescimento maiores do que a da população. A geração dos RSU aumentou em 90% e enquanto a população apenas 12% para os últimos dez anos (IBGE¹, 2012). Acrescentem-se a heterogeneidade dos resíduos urbanos e a fração inorgânica cada vez maior, causando uma degradação mais lenta dos resíduos dispostos em aterros. Diversos resíduos são encontrados nos aterros sanitários e nos lixões, das mais diversas naturezas, biodegradáveis ou não, recalcitrantes ou xenobióticos, que determinam um *continuum* de degradação ambiental. Essa variação da composição dos resíduos sólidos urbanos, da taxa *per capita* e da biodegradabilidade necessita de parâmetros ambientais para um planejamento da gestão adequada dos resíduos e de seu aproveitamento.

Ao adotar-se também no Brasil o modelo político neoliberal, que possui como características os altos padrões de produção e de consumo, e difundindo um conjunto de valores e comportamentos centrados na expansão do consumo material e de caráter ambientalmente insustentável tem-se como a principal implicação deste consumismo exacerbado, uma enorme geração de resíduos nas cidades. Isto constitui grave problema às administrações municipais, por não possuírem condições necessárias para bancar os altos custos de coleta, tratamento e destino final dos RSU. É bem verdade que a falta de decisão política, atrelada à incapacidade técnica por ausência de profissionais especializados, pioram este quadro, notadamente nas regiões e cidades mais pobres.

Há, no entanto, uma expectativa de melhorar a coleta, o tratamento e a destinação final e de minimizar a geração dos RSU no Brasil mediante a implantação da Política Nacional de Resíduos Sólidos no Brasil, Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que estabelece metas, critérios e responsabilidades aos geradores, do poder

¹ Cf. IBGE (2012b, 2012c, 2012d, 2012e). Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: mai. e dez.2012.

Público relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos incluídos os resíduos perigosos (BRASIL, 2010).

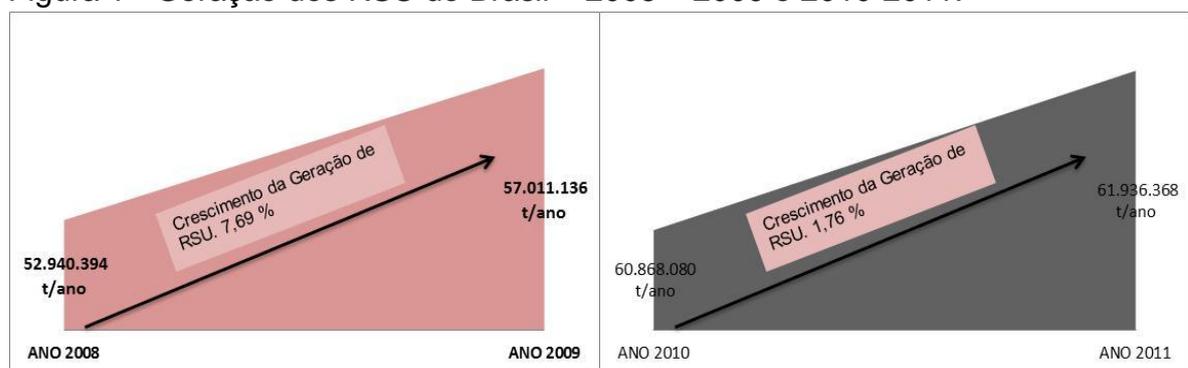
No Brasil, desde 1994, a estabilização da moeda e da economia acelerou as vendas do comércio varejista e, conseqüentemente, se elevou a geração dos resíduos, principalmente nas maiores cidades. Em Fortaleza, por exemplo, de 2000 a 2011, a produção de RSU cresceu 54,10%, enquanto a população urbana cresceu bem menos 12,30% (ACFOR, 2012).

No Brasil, em 2010, segundo a ABRELPE (2010), foram produzidas 60,8 milhões de toneladas de RSU. Esse montante foi 6,8% superior ao registrado em 2009 e mais do que o índice de crescimento populacional urbano, de 5,3% ao ano, encontrado no mesmo período. Entre 2010 e 2011, entretanto, a geração de RSU cresceu, mas com uma taxa menor, de 1,8% ao ano. Mesmo assim, este índice é superior à taxa de crescimento populacional urbano, no mesmo período, que foi de 0,89%.

Essa queda da geração dos RSU, de acordo com alguns estudiosos, decorre de uma redução do consumo nas grandes cidades em virtude do reflexo da crise econômica na Europa. No Brasil, entretanto, desde 2009, a geração de RSU foi bastante superior ao crescimento populacional.

O crescimento da geração de RSU no Brasil, dos anos 2008 a 2009, foi de 7,69%. De 2010 a 2011, houve uma redução deste crescimento, passando a 1,76%, de acordo com a Figura 1.

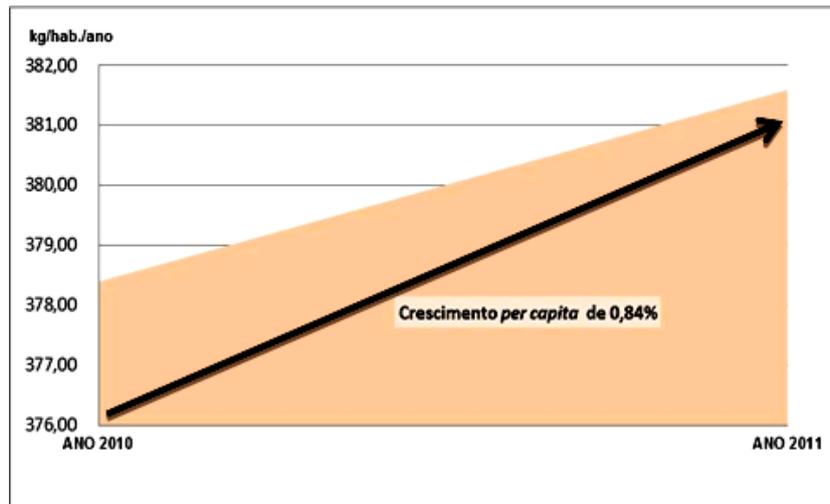
Figura 1 - Geração dos RSU do Brasil – 2008 – 2009 e 2010-2011.



Fonte: Modificada da ABRELPE, 2008 a 2011.

Nos anos 2010 e 2011, a geração *per capita* dos RSU no Brasil aumentou 0,85% a.a., de 378,4 a 381,6 kg/hab.ano, segundo a ABRELPE² (2000 a 2011), como pode ser visto na Figura 2.

Figura 2 – Geração *per capita* de RSU (kg/hab./ano) – 2010 – 2011 -Brasil.



Fonte: Modificado IBGE, 2010 a 2011; ABRELPE, 2010 a 2011.

Na Tabela 1 e na Figura 3 encontram-se dados da Pesquisa da ABRELPE (2010 e 2011), PNAD - IBGE (2012f, 2012g) e IBGE (2012e, 2012h), das quantidades geradas pelas regiões no Brasil. A geração *per capita* de RSU em todas as regiões cresceu, sendo que, na Região Nordeste, em 2011, superou a de todas as regiões, chegando a 1,302 kg/hab./dia, tendo crescido 1,0%. A Região Norte, contudo cresceu 4,0 % e o menor crescimento registrado foi nas regiões Centro Oeste e Sudeste, com 0,4%. O cálculo do valor da geração *per capita* de RSU é feito com a população urbana e não com a população total. Estes índices confirmam a suspeita de que, nas regiões mais pobres do Brasil, houve maior crescimento *per capita* dos RSU, provavelmente pelo consumo retraído.

² Cf. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011,2012.

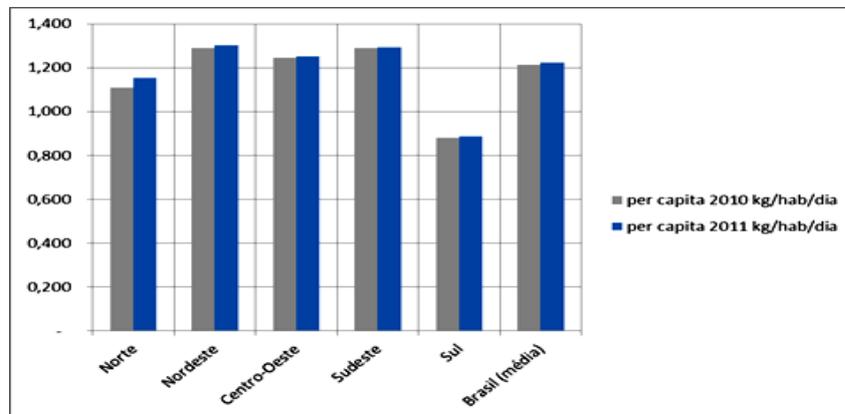
Tabela 1 – Quantidades geradas de RSU, geração *per capita* e população urbana conforme regiões. Brasil - 2010 - 2011.

Região	RSU Gerado	<i>per capita</i>	População Urbana		RSU Gerado	<i>per capita</i>
	t/dia	kg/hab./dia	2010	2011	t/dia	kg/hab./dia
Norte	12.920	1,108	11.660.650	11.833.104	13.658	1,154
Nordeste	50.045	1,289	38.824.670	39.154.163	50.962	1,302
Centro-Oeste	15.539	1,245	12.481.124	12.655.100	15.824	1,250
Sudeste	96.134	1,288	74.638.199	75.252.119	97.293	1,293
Sul	20.452	0,879	23.267.349	23.424.082	20.777	0,887
Brasil	195.090	1,213	160.832.646	162.318.568	198.514	1,223

Fonte: Adaptado da Pesquisa da ABRELPE, 2010 e 2011, PNAD, 2001 a 2011 e IBGE, 2010 a 2011.

De acordo com a Tabela 1, a quantidade de RSU *per capita* está mostrada na Figura 6.

Figura 3 - RSU *per capita* (kg/hab.ano) por regiões - Brasil - 2010 e 2011.



Fonte: Modificada da ABRELPE 2010 e 2011, PNAD, 2001 a 2011, e IBGE 2010 a 2011.

Para os RSU coletados, a média no Brasil, em 2011, segundo a pesquisa da ABRELPE (2011), foi de 89,66% do total gerado; porém em todas as regiões, a quantidade coletada dos RSU cresceu em relação aos anos anteriores. O Sudeste continua sendo a maior região em RSU coletados, com 53% do total no Brasil. Essa região possui o maior poder aquisitivo, as maiores populações e a maior *per capita*. O Nordeste vem em seguida, com 22%, conforme ilustram os dados entre de 2010 e 2011, na Tabela 2.

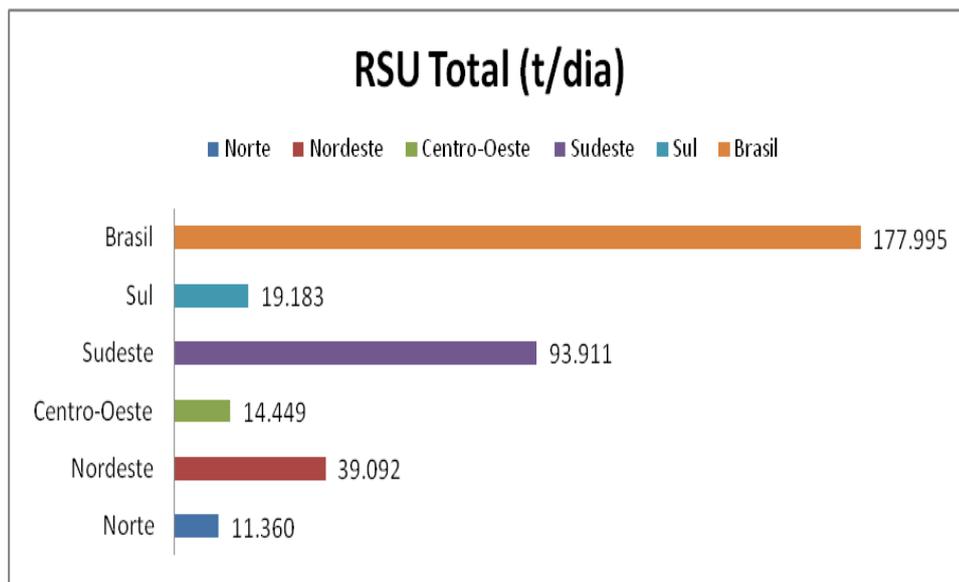
Tabela 2 - Quantidade de RSU coletado e geração *per capita* por regiões no Brasil – 2010 - 2011.

Região	RSU Total (t/dia)		% Aumento	% Representa a Região	Per capita kg/hab.dia 2010	Per capita kg/hab.dia 2011
	2010	2011				
Norte	10.623	11.360	6,94	6%	0,911	0,960
Nordeste	38.118	39.092	2,56	22%	0,982	0,998
Centro-Oeste	13.967	14.449	3,45	8%	1,119	1,142
Sudeste	92.167	93.911	1,89	53%	1,234	1,248
Sul	18.708	19.183	2,54	11%	0,804	0,819
Brasil	173.583	177.995	2,54	100%	1,079	1,097

Fonte: Adaptada da ABRELPE, 2011.

Na Figura 4 comprova-se que a maior geração de RSU total e a geração *per capita* de RSU está na Região Sudeste.

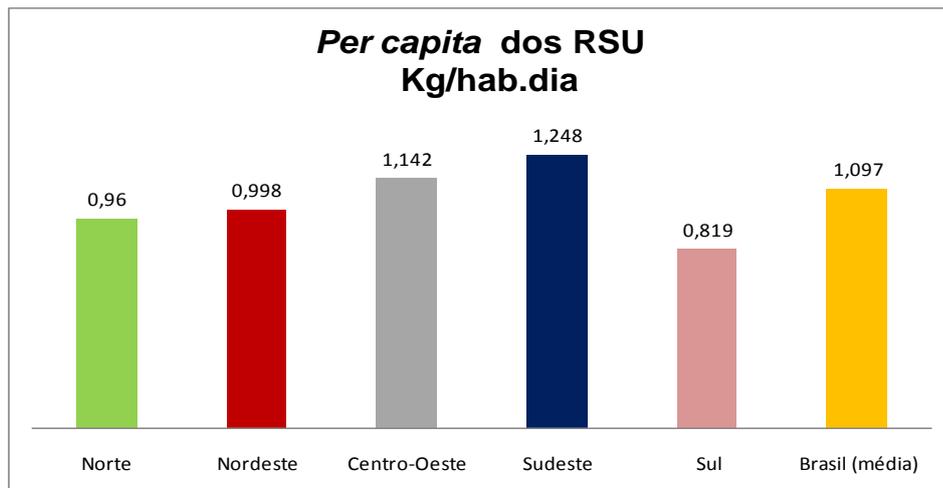
Figura 4 - Quantidade de coleta de RSU (t/dia) por regiões no Brasil - 2011.



Fonte: Modificada da ABRELPE, 2011.

Quando se compara a geração *per capita* de RSU entre as regiões brasileiras, destaca-se a Região Centro-Oeste, sendo a segunda mais elevada, conforme a Figura 5.

Figura 5 - Geração *per capita* de RSU por regiões no Brasil - 2011.



Fonte: Modificada da ABRELPE, 2011.

Quanto à destinação final dos RSU, o Brasil ainda possui elevado percentual, com 41,94% (em 2011) de lixões. Este é um dos principais desafios que os gestores públicos precisam resolver. A Região Nordeste possui o maior número de destinos finais inadequados, com 64,7% dos totais de resíduos coletados (ABRELPE, 2011).

No Brasil, espera-se que seja implantada de forma rápida e eficiente a nova Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), especialmente quando se trata da logística reversa e do aumento do ciclo de vida dos resíduos. Neste caso, ambos interferem na redução da geração dos RSU, e, sobretudo na diminuição dos percentuais dos resíduos que possuem o tempo de degradação em aterros muito grandes e causam danos maiores ao meio ambiente, como os resíduos eletroeletrônicos, pilhas e baterias, solventes e tintas, plásticos, entre outros.

Estudos feitos sobre os fluxos dos resíduos recicláveis que chegam para abastecer as indústrias verdes no Brasil mostram que os resíduos vêm de distâncias bem maiores, e não são abastecidos na própria cidade onde estariam instaladas as indústrias verdes.

Nóbrega (2003) já apontava, em pesquisa realizada na cidade de João Pessoa – PB, que o processo de coleta seletiva domiciliar é economicamente viável

e de uma maneira geral, o potencial de recicláveis cresce paralelamente ao padrão econômico da população, sendo, pois um problema de gestão e decisão.

Para Worrell e Vesilind (2012), a reciclagem, no entanto, tem que ser avaliada, em termos econômicos. Se a reciclagem utiliza bastante energia, e seu custo é mais elevado do que o uso e o descarte, então, se tem de reconhecer este custo extra e equilibrá-lo em termos de necessidades futuras. No presente momento, alguns itens de consumo, como latas de alumínio, são altamente recicláveis, uma vez que o custo do reciclado é menor do que aqueles produzidos com base em matérias-primas virgens. Parece bastante claro que a sociedade tem de se adaptar, usando tecnologia apropriada, a fim de atingir um equilíbrio do uso em materiais e energia.

2.1.2 A geração dos RSU na América Latina e Caribe - ALC

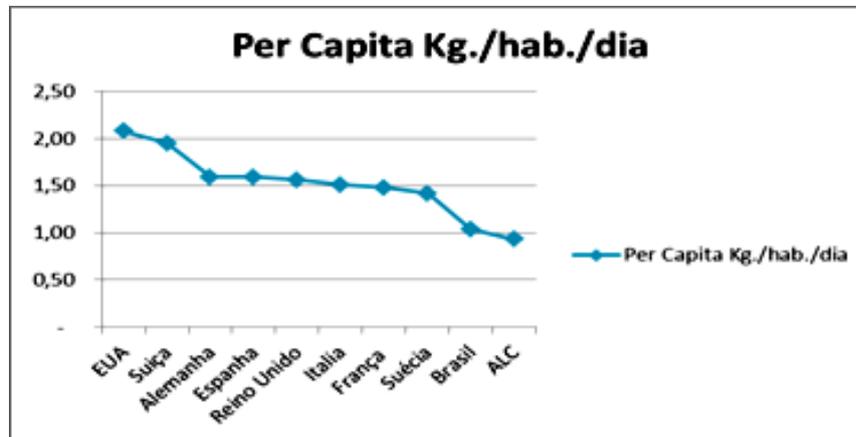
Conforme o Relatório de Avaliação Regional da Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos na América Latina e Caribe (AVAL, 2010), a geração dos RSU é impulsionada pelos fatores econômicos e culturais. Além disso, recebe a influência de fatores populacionais e sua concentração ocorre nas áreas urbanas. É ilustrativo o caso da América Latina e Caribe, onde a proporção da população urbana ante a rural passou de 68% em 1985, 76% em 2005 e 79% em 2010. A população da ALC aumentou de 518 a 588,6 milhões de pessoas, entre 2001 e 2008 (TELLO ESPINOZA, P. *et al.*, 2011).

Por outro lado, após as crises econômicas sofridas no começo da década, a situação socioeconômica da Região experimentou intensiva melhora entre 2002 e 2008, quando o PIB *per capita* aumentou em 23,2%. Mesmo com a crise mundial posterior, os indicadores socioeconômicos de pobreza, desemprego, desigualdade e o IDH melhoraram neste período, no entanto, a ALC continua sendo uma das regiões com maior desigualdade social da Terra (TELLO ESPINOZA, P. *et al.*, 2011).

De acordo com Tello Espinoza, P. *et al.*, (2011) a *per capita* média para os resíduos sólidos domiciliares alcança a 0,63 Kg./hab./dia e de 0,93 Kg./hab./dia para os RSU. A Figura 6 compara a *per capita* entre alguns países e a ALC,

mostrando que os países mais ricos com maior poder de compras têm a maior *per capita* de RSU.

Figura 6 – *Per capita* média de vários países e a ALC - 2010.



Fonte: Adaptado do Tello Espinoza, P. *et al.*, 2011.

Em seguida, na Tabela 3, podem ser observados os indicadores da geração *per capita* na ALC. Observa-se que o Brasil tem uma média superior à da ALC.

Tabela 3 – Geração *per capita* de RSU na ALC – 2010.

Per Capita de RSU na ALC – kg/hab./dia						
Países	Cidades					País
	Micro	Pequeno	Médio	Grande	Mega	
Argentina	0,92	1,06	1,02	1,41	*	1,15
Bolívia	0,29	0,43	0,48	0,55	*	0,49
Brasil	0,87	0,86	0,85	1,31	1,00	1,00
Chile	1,28	1,43	1,21	1,12	*	1,25
Colômbia	0,48	0,55	0,57	0,66	0,82	0,62
Costa Rica	1,21	0,75	0,89	1,20	*	0,88
Equador	0,54	0,66	0,68	0,85	*	0,71
El Salvador	0,48	0,64	0,94	1,74	*	0,89
Guatemala	-	0,50	0,62	0,62	*	0,61
México	0,53	0,78	0,83	1,10	1,34	0,94
Panamá	0,54	1,11	0,96	1,60	*	1,22
Paraguai	0,72	0,86	1,02	1,28	*	0,94
Peru	0,53	0,63	0,67	0,85	0,81	0,75
Rep.Dominicana	-	1,00	1,01	1,20	*	1,10
Uruguai	0,85	1,07	0,81	1,22	*	1,03
Venezuela	0,50	0,78	0,75	1,08	*	0,86
ALC	0,75	0,80	0,84	1,14	1,01	0,93

Notas: Micro: até 15.000 hab; Pequeno: 15.001 a 300.000 hab; Grande: 300.001 a 5.000.000 hab; Mega: acima de 5.000.000 hab.

* Sem população desse tamanho.

- Dados sem informações.

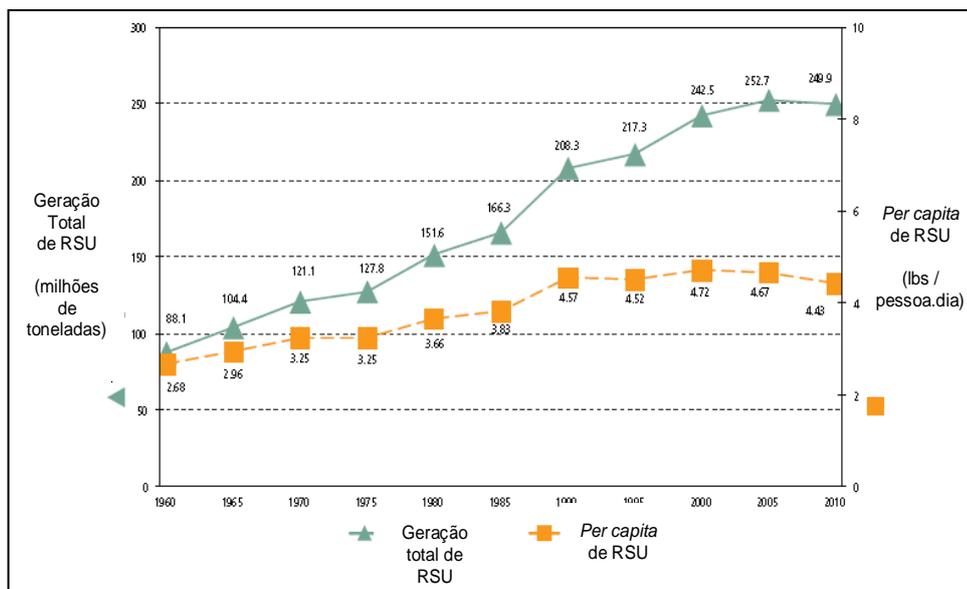
Fonte:Tello Espinoza, P. *et al.*, 2011.

A tipologia média dos RSU para a ALC tem entre 50 a 70% de resíduos orgânicos e de 25% materiais recicláveis, como papel, papelão, plásticos e metais. A disposição final de forma correta tem um percentual de 54,4%, contudo a minimização dos resíduos na origem melhorou muito pouco, necessitando implementar as normas e políticas públicas que obriguem os fabricantes e comerciantes a diminuir as embalagens (TELLO ESPINOZA, P. *et al.*, 2011).

2.1.3 A geração dos RSU nos EUA

Nos Estados Unidos, a *Environmental Protection Agency* (EPA) divulgou o crescimento da geração *per capita* de resíduos sólidos municipais (urbanos) de 1960 a 2006 e a redução, entre 2005 e 2010, de 2,8 milhões de toneladas, gerando cerca de 249,9 milhões de toneladas. A *per capita* dos resíduos municipais reduziu de 2,10 para 2,01 kg./hab./dia, conforme Figura 7. Este período coincide com a crise econômica, cujo epicentro está nos EUA, evidenciando a correlação entre fatores econômicos e a geração *per capita* de resíduos sólidos. Do total gerado de RSU, 54,2% são destinados aos aterros sanitários, 26% são reciclados, 8% para compostagem e 11,8% são incinerados com geração de energia (EPA, 2011).

Figura 7 – Taxa de Geração de Resíduos Sólidos Municipais, incluindo reciclagem e compostagem nos EUA de 1960 - 2010.

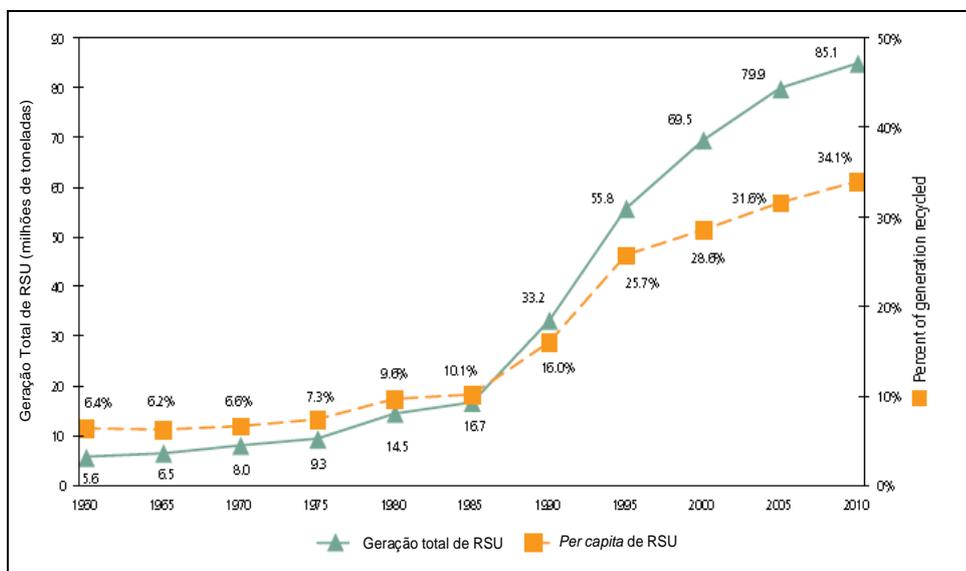


Fonte: Tradução da EPA, 2011.

Ao longo das últimas décadas, nos EUA, a geração, reciclagem, compostagem e disposição de resíduos sólidos urbanos também mudaram substancialmente. Enquanto a geração *per capita* de resíduos sólidos urbanos, entre 1980 e 2010, aumentou de 3,66 para 4,43 libras/pessoa.dia³, a taxa de reciclagem também aumentou, de menos de dez por cento dos RSU gerado em 1980 para cerca de 34 por cento em 2010. A eliminação de resíduos para aterros sanitários diminuiu de 89% do montante gerado em 1980 para cerca de 54% em 2010. Este cenário é resultante da política adotada pela EPA, incentivando a reciclagem e a compostagem.

Na Figura 8, percebe-se que, apesar do crescimento da geração total e da *per capita* dos RSU, houve crescimento da reciclagem, que minimiza os impactos ambientais.

Figura 8 – Geração dos RSU e as taxas de reciclagem - EUA - 1960-2010.



Fonte: Tradução da EPA, 2010.

2.1.4 A geração dos RSU na Europa

A Comunidade Europeia procura a redução da geração dos resíduos domésticos e urbanos por via de metas estabelecidas, tendo obtido ótimo resultado.

³ Uma libra (lbs) equivale a 2,2046 kg. Então aumentou de 1,66 a 2,01 kg/hab. dia.

Obviamente, cada país, com sua cultura, seu padrão de consumo e um gerenciamento diferente, atingem patamares diversos, mas não muito discrepantes.

De acordo com Lima (2012), a gestão de resíduos na UE⁴ objetiva reduzir os impactos ambientais dos resíduos, mediante políticas de coleta seletiva e reciclagem, evitando desperdícios e utilizando os resíduos como um recurso, sempre que possível, mas garantindo a eliminação segura dos resíduos.

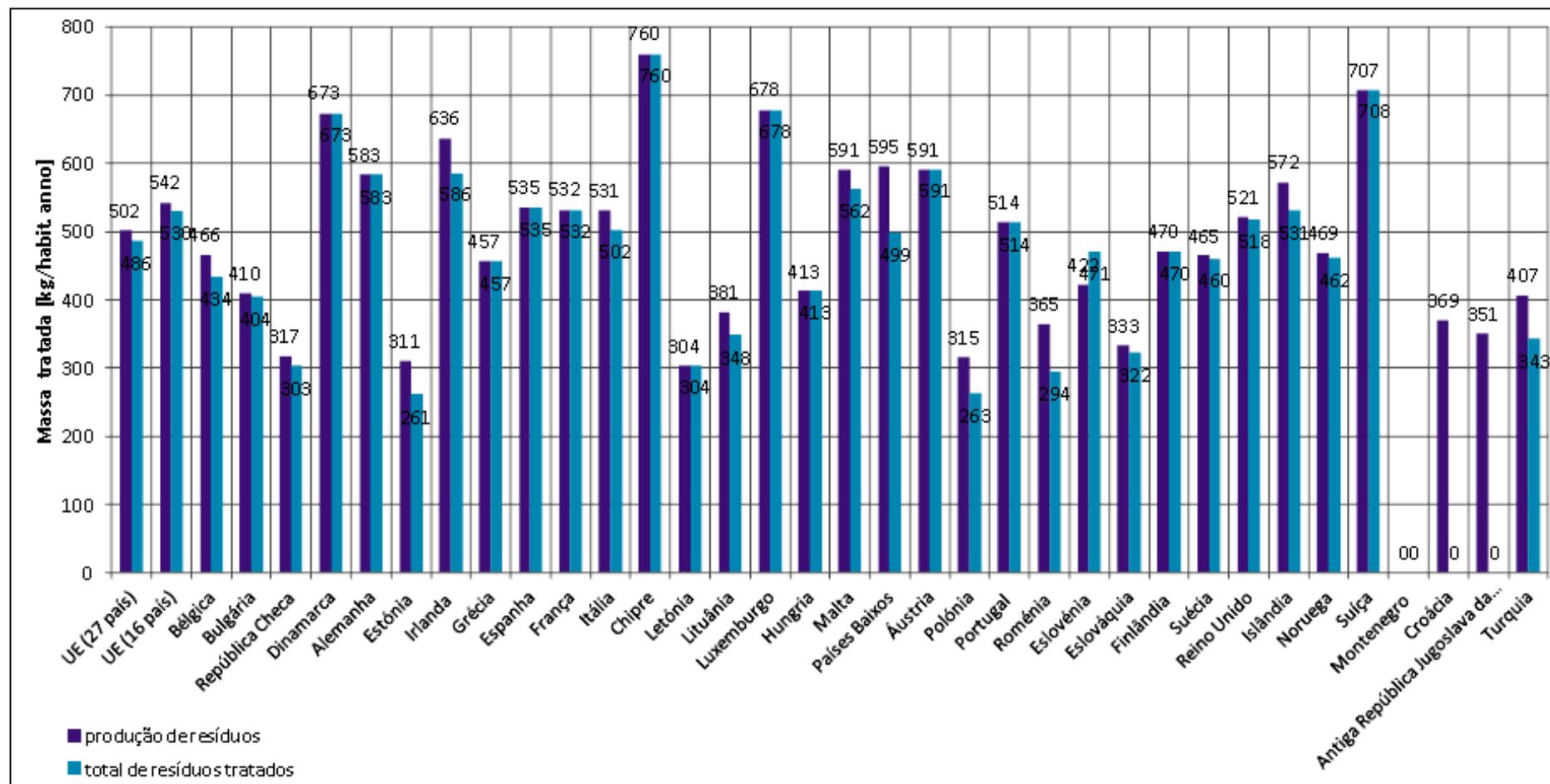
Na Figura 9, pode ser observado que a quantidade *per capita* de resíduos sólidos gerados e tratados na Comunidade Europeia em 2010 possui uma grande variação entre os Países- Membros. A geração *per capita menor*, em 2010, foi na Estônia, com 261 Kg/hab.dia, e a maior com 760 Kg/hab./dia, no Chipre. A média ficou em 502 kg/hab.ano ou 1,4 Kg/hab./ano (EUROSTAT, 2012).

As variações refletem as diferenças nos padrões de consumo e de poder econômico dos países, mas também existem gestões diferentes na coleta dos RSU, sendo que em alguns países os resíduos comerciais e administrativos são misturados aos resíduos domiciliares, aumentando a *per capita*. O percentual médio dos resíduos domiciliares representa entre 60 a 90% dos resíduos urbanos (LIMA, 2012).

Nos países que fazem parte da Comunidade Europeia. O Leste Europeu (República Checa, Letônia, Estônia e Polônia) são os que geram a menor *per capita* e os países do Centro-Sul (Irlanda, Dinamarca, Chipre, Luxemburgo e a Suíça) geram mais *per capita* de RSU (EUROSTAT, 2012).

⁴ A União Europeia (UE) é formada por 28 países ou Estados-Membros independentes, 2013.

Figura 9 – Quantidade *per capita* de resíduos sólidos gerados e tratados por Estados-Membros em 2010 (kg/hab.ano).



Fonte: Eurostat – Centro de dados sobre resíduos, 2012.

2.1.5 O consumismo

O ato de consumir está presente em toda a sociedade. Desde o surgimento dos aglomerados sociais e das cidades, é perceptível o consumo como atividade fundamental para o desenvolvimento econômico, tendo seu início com as primeiras trocas comerciais e se estendendo até a cultura consumista atualmente (PERES, 2007).

Giacomini Filho (2008) define o consumismo como um fenômeno humano, influenciado por empresas, grupos e política pública. O consumismo é intenso, não por se apoiar na satisfação, mas na eterna insatisfação. Santos (2001) alega que as empresas já produzem o consumidor antes mesmo de produzir o produto, criando consumidores para o produto. Já Rocha (1995) acentua que o discurso publicitário faz do consumo um projeto de vida. Esta é também a posição de Rodrigues (2008), para quem afirma “vivemos no mundo em que podemos denominar de modo industrial de produzir novas e novas necessidades satisfeitas no consumo de novas e novas mercadorias”.

As crianças já manifestam atitudes de desejo e de acumulação de objetos, presenteados por seus familiares. Na fase adulta o consumismo acontece como *status* social visa à obtenção de identidade e aceitação grupal. O visual do corpo e as roupas são formas de se identificar com alguns e também de se diferenciar de outros. O consumismo também serve para compensar as fragilidades emocionais, chamado de consumismo compensatório (GIACOMINI FILHO, 2008).

A expressão sociedade de consumo surgiu e difundiu-se como sendo a sociedade atual. Jean Baudrillard⁵, na sua obra: *A Sociedade de Consumo*, chamava a atenção para a substituição da felicidade pelo ato de consumir. Vende-se a ilusão para haver a plenitude de satisfação, da não castração; uma espécie de busca da liberdade em um mundo secularizado. A insatisfação emocional é, devotadamente, o motor do consumismo, todavia não consegue satisfazer as necessidades, mas serve como diferencial social (BAUDRILLARD, 2008).

⁵ Sociólogo francês e autor de livros como: *O sistema dos objetos* (1969). *A sociedade de consumo* (1970).

Na percepção de Baudrillard (2008), o consumo em massa foi possibilitado por uma série de fatores históricos na esfera econômica, política, social e cultural, tornando o consumo uma força produtiva, forçada e racionalizada com outras forças, como a de trabalho, por exemplo, porque se torna central para o capital conseguir realizar valor.

Para haver consumo de forma rápida, no entanto, teria que existir muita abundância, principalmente dos recursos naturais. Para haver a abundância só terá sentido no desperdício. É um ciclo necessário para o capitalismo atual. Desde então, pode-se acentuar que o crescimento em si é função da desigualdade (BAUDRILLARD, 2008).

Outro pensador, - Bauman⁶ (2008) - explica seu apelo, por meio de suas obras, fundamentadas na crítica ao consumismo. Ele expressa que os tempos atuais são 'líquidos' porque tudo muda de forma rapidamente, em uma cultura apressada. Nada é feito para durar, para ser 'sólido', em um mundo de incertezas.

A sociedade de consumo tem como base de suas alegações a satisfação e os desejos humanos, porém inalcançáveis. A promessa, porém, só permanece sedutora enquanto o desejo continuar. A sociedade líquida ou de consumo prospera enquanto consegue tornar perpétua a não satisfação de seus membros (BAUMAN, 2008).

A atual sociedade de consumo surgiu no século XVI, com a Revolução Industrial, na Inglaterra, que desenvolveu novas formas de consumo, saindo da forma familiar para o individual.

O aumento do consumismo decorre, ainda da metropolização intensa e acelerada dos países em desenvolvimento econômico. Após a Revolução Industrial, a migração para as cidades aconteceu, inicialmente, atraída por empregos e melhores condições de vida. Os desafios decorrentes foram a industrialização acelerada, o aumento populacional, o esgotamento de recursos naturais não

⁶ Zygmunt Bauman, sociólogo polonês radicado na Inglaterra, sendo autor de vários livros, destacando-se *Vida para Consumo, Vida Desperdiçada e Amor Líquido*.

renováveis, o aumento da geração de lixo e a deterioração do meio ambiente, entre outros.

No início do século XIX, surge o capitalismo industrial, identificado com o aparecimento da classe média europeia e estadunidense. Henry Ford, em 1910, estabeleceu a produção em massa ou em série, incrementando o consumo de automóveis por parte dos trabalhadores (GIACOMINI FILHO, 2008).

O crescimento econômico ianque, de acordo com Leonard (2011), incluía um amplo conjunto de atividades relacionadas à extração de recursos naturais e à produção de bens. O foco se dirigiu ao consumismo, após a Segunda Guerra Mundial, ao ponto que de o presidente do Conselho de Assessores Econômicos do governo Eisenhower acentuar: “O propósito máximo da economia americana é produzir mais bens de consumo”. Desde então, os EUA se tornaram uma nação de consumidores. Em relação à saúde, a obesidade atingiu, em 2007, índices de 35% de adultos acima de 20 anos e 20% das crianças entre 6 e 11 anos.

Finalmente, desde a década de 1980, o consumo passou a ser incluído nos discursos sobre a crise ambiental, evidenciando o impacto causado pelo homem, em face da crescente evolução dos atos de consumo (OLIVEIRA; CÂNDIDO, 2010).

Já na década de 1930, o economista John Maynard Keynes assinalou que o principal determinante do consumo é a renda do consumidor. Mais tarde, outro economista, Franco Modigliani, acrescentou que, além da renda, a riqueza acumulada é outro fator que determina o consumo. Enfim, são vários os fatores que explicam o consumo, logo, uma redução da taxa de juros acompanhada de crescimento e desenvolvimento econômico que venha gerar mais emprego e renda para a população poderá contribuir e muito para que o consumo, sobretudo das classes mais pobres, seja ampliado (SANTOS, 2005).

As consequências desse consumo planejado e predatório são que, diariamente mais produtos são lançados no mercado, produzindo resíduos. Essa é a opção da sociedade e dos incentivos governamentais para acelerar o consumismo

com vistas ao desenvolvimento econômico. Nisto, não se leva em conta a noção de que a natureza possui seu tempo, um tempo biogeoquímico, muito mais lento do que a necessidade da sociedade consumista e capitalista.

Bauman (2005) considera que a cultura do lixo predominante da era líquida representa os novos modos de viver no mundo. O consumo soa ressonante nos ouvidos das pessoas, de maneira a tornarem-se escravos dos cartões de créditos, do luxo e da estética. A cultura do lixo predominante dos tempos atuais representa os novos modos de viver no mundo. O ato de consumir ressoa nos ouvidos dos cidadãos de maneira a se tornarem dependentes dos citados expedientes capitalistas. Ela mostra a inópia da nossa era: "[...] A história da era moderna tem sido uma longa cadeia de projetos considerados, tentados, perseguidos, compreendidos, fracassados ou abandonados. É uma vez que o futuro não existe enquanto permanece no futuro".

A humanidade está em um grande dilema: um sistema econômico bom, dentro do capitalismo atual, significa maior consumo, com maior descarte de resíduos e de forma rápida. Caso a economia piore, as pessoas tentam economizar e até consertar os objetos, diminuindo o descarte dos resíduos; todavia, haveria depressão econômica com as consequências de desemprego, principalmente. Como fazer, então?

Como desacelerar a economia aos poucos, é improvável que algum governo o queira fazer, ainda mais, nos países emergentes, como o Brasil. Então uma das soluções seria a implantação de políticas de redução, reutilização e maior reciclagem de materiais descartáveis. Para isso acontecer conforme Nóbrega (2003), três requisitos são importantes: existência de mercado de recicláveis; conscientização e clareza do cidadão; e incentivo ecológico para minimizar os possíveis impactos ambientais.

Mesmo nos países desenvolvidos, onde se consegue obter uma taxa de reciclagem de 50% dos resíduos coletados, os padrões atuais de produção e consumo são altamente intensivos em recursos naturais e frequentemente ineficientes em seu uso. Portanto, são insustentáveis a médio e longo prazo.

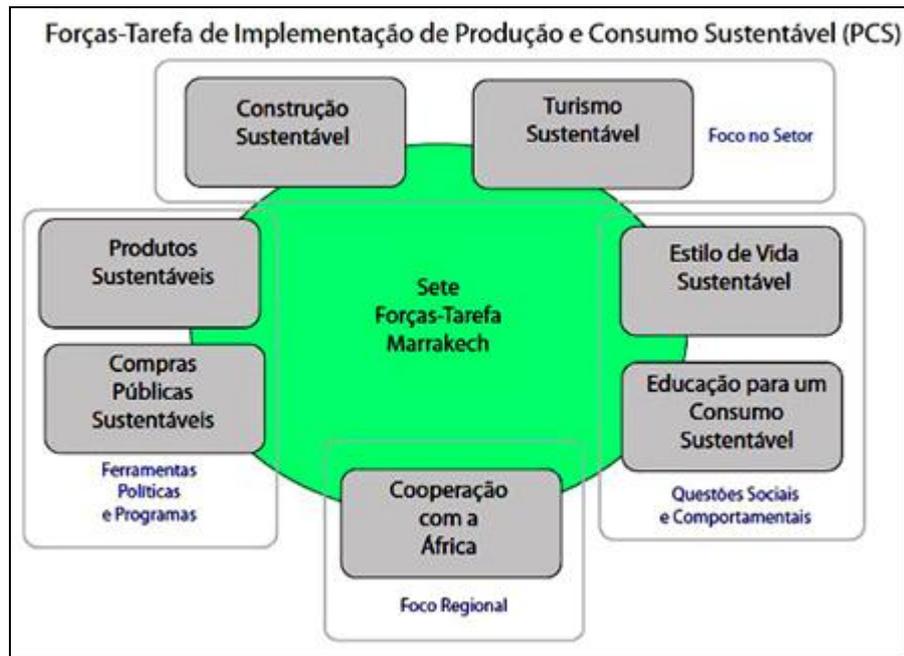
Somente se estes padrões forem modificados, parcelas crescentes da humanidade poderão alcançar níveis adequados de bem-estar social, ambiental e econômico. Os países desenvolvidos devem assumir a liderança no processo de mudanças, uma vez que não só são responsáveis, historicamente, pela geração dos hábitos de consumo predominantes, mas também pelo uso insustentável dos recursos naturais nos processos produtivos.

Como resposta à problemática do consumo, em 1970, apareceram o conceito de Produção e Consumo Sustentáveis (PCS) e também a Produção Mais Limpa (P+L)⁷. No início da década de 1990, o consumo sustentável também começou a ser efetivamente considerado na constituição de uma perspectiva mais ampla e sistêmica, na qual o foco muda: (a) da produção para o ciclo completo do produto (que vai da matéria-prima e da concepção do bem ao seu pós-consumo, que é quando não tem mais vida útil ou se torna obsoleto); (b) do consumidor como objeto para o consumidor como agente (consumo responsável); (c) de opiniões antagonistas para parcerias (entre governo, setor produtivo e sociedade civil); e (d) de regulação para iniciativas voluntárias (AMARO, 2012).

O conceito de PCS à posição de compromisso traduziu-se por meio das Nações Unidas, do PNUMA (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente) e da UNDESA (Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais das Nações Unidas), dando início, em 2002, ao chamado 'Processo de Marrakesh sobre Produção e Consumo Sustentáveis'. O Plano de Johannesburgo propôs a elaboração de um conjunto de programas, com duração de dez anos, que apoiaria e fortaleceria iniciativas regionais e nacionais para promoção de mudanças nos padrões de consumo e produção. Cada país teria que desenvolver seu plano de ação ou forças-tarefa, o qual seria compartilhado com os demais países, nos planos regional e mundial. Na Figura 10, são mostradas as sete forças-tarefa para a implementação do PCS.

⁷ Produção mais limpa é a produção que utiliza menos recursos naturais e produz menos resíduo (coeficiente).

Figura 10 - As forças tarefa para a implantação do PCS.



Fonte: PNUMA, 2013.

A implantação do PCS não foi o que se esperava e é sobremaneira lenta. Hoje, tendo por base o desenvolvimento sustentável, os temas envolvidos enfatizam uma nova preocupação: a ética com as gerações futuras.

Considerando a aspiração legítima da maioria da população mundial de acesso a melhores condições de vida, o desafio é equacionar essas demandas com os limites do meio-ambiente para suportar a conjugação de uma população crescente com um consumo também em ascensão.

2.1.6 Os RSU e o consumismo

O crescimento e a longevidade da população, aliados à intensa urbanização e expansão do consumo de novas tecnologias, acarretam a produção de imensas quantidades de resíduos. A influência da cultura, os meios de acondicionamento, segregação, coleta e transporte, formas de aproveitamento e de tratamento dos resíduos, sobretudo a ineficácia dos organismos públicos nos programas de coleta seletiva e de minimização dos RSU, contribuem para a grave situação encontrada nas áreas urbanas.

Nas duas últimas décadas, a urbanização no Brasil se manteve acelerada e registrou situações de grande diversidade no Território Nacional, destacando-se maior urbanização nas áreas de fronteira econômica, com formação de metrópoles e o crescimento das cidades.

Nesse intervalo de tempo, encontra-se um País totalmente mudado economicamente, em razão da estabilidade da moeda e da política econômica adotada pelo Governo Federal. A ascensão das classes menos favorecidas, notadamente nas Regiões Norte e Nordeste, ocasionou transformações no comportamento e, por conseguinte, maior consumo. A geração *per capita* dos RSU aumentou consideravelmente e a sua tipologia modificou-se bastante, havendo um aumento de renda da população mais pobre.

Entre as consequências positivas, têm-se melhor distribuição de renda e a ascensão das classes menos favorecidas. Barros *et al.*, (2013) assinalam que o Brasil experimenta, desde 2001, uma extraordinária e contínua redução em seus níveis de desigualdade de renda, pobreza e extrema pobreza. Com isso, a distribuição de renda melhorou.

Souza e Manoel (2011) mostram de onde vêm as transformações da economia brasileira e da ascensão das classes menos desfavorecidas:

As transformações da economia brasileira na última década, especialmente em sua segunda metade, refletiram sobre as condições de vida e de trabalho da sua população, materializadas na redução da desigualdade da renda pessoal, crescimento da renda das camadas mais pobres, ascensão da classe média e recuperação do mercado de trabalho, indicando certo distanciamento da severidade da crise internacional que abalou as economias do mundo no último triênio. [...] Os principais aspectos podem ser resumidos: maior acesso de famílias de menor poder aquisitivo a bens duráveis, que mantiveram a vigor do ciclo de crescimento até 2008; aumento do salário mínimo real e do crédito; e a viabilização do acesso de famílias menos favorecidas ao consumo com prazos maiores. A conjuntura internacional favorável possibilitou o aumento das exportações, ganhos importantes nos termos de troca e o crescimento da entrada de capital, que permitiu o aumento do consumo interno com taxas internas de poupança relativamente reduzidas. A expansão das exportações se deu tanto em termos das tradicionais commodities primárias, quanto dos produtos manufaturados, com exceção de 2009, mas efetivamente centrada nos produtos básicos. Os novos segmentos de mercado proporcionados pela ascensão da classe C, ou classe média brasileira, dinamizaram aqueles

setores, especialmente industriais que, em face da competição externa e de suas dificuldades de reestruturação e em ganhar competitividade, mostravam-se relativamente constrangidos.

Por outro lado, este crescimento econômico traz consequências ambientais, pois o consumo aumenta e há necessidade de maior uso de recursos naturais e maior geração de resíduos sólidos. Percebe-se esse crescimento quando se calcula a quantidade de resíduos sólidos por meio do produto da população urbana x *per capita*, e, todavia, não mais atende para o dimensionamento de sistemas a gestão de resíduos sólidos, trazendo resultados errôneos. Compreendem-se, então, a influência do consumo na geração dos RSU e a necessidade de se encontrar um fator econômico que corrija essa equação. Consoante entende Barros (2012), deve haver interfaces com as injunções econômicas de uma sociedade de consumo, bem assim um adequado planejamento.

Ainda se adota, no entanto, um discurso da superpopulação como o único fator de crescimento da geração dos resíduos sólidos urbanos, mas apenas serve para justificar a necessidade de novas políticas de controle demográfico a fim de garantir a sustentabilidade ambiental. Isto estimula o discurso elitista e de alguns dirigentes de países desenvolvidos, na defesa dos seus interesses imediatos. O crescimento populacional, contudo, não é o principal fator de ameaça à sustentabilidade ambiental. Aliás, com o decréscimo das taxas de crescimento anuais, não houve melhoras significativas ao meio ambiente, assim como a geração dos RSU continua a crescer por causa do consumismo.

Mantidas a atual lógica do consumismo e do crescimento econômico, restará ampliada a escalada de degradação ambiental. Além disso, há o descrédito das grandes corporações e do capital da ideia de que ONG's e governos darão conta do problema, mas sim o mercado é que se regulará juntamente com novas tecnologias que chegarão. Tudo dependerá da velocidade e da gravidade dos impactos ambientais (DUPAS, 2008).

A produção excessiva de resíduos é uma característica natural da sociedade de consumo estabelecida com a consolidação do fenômeno da globalização. As pessoas passaram a acumular bens, usá-los e descartá-los de forma rápida e, em seguida, a fim de abrir espaço para as novidades mercadológicas. A vida consumista baseada na velocidade e na busca por novidades enseja a rotatividade dos produtos, sendo necessário o descarte constante dos resíduos. Também a influência da cultura, os meios de acondicionamento, segregação, coleta e transporte, formas de aproveitamento e de tratamento dos resíduos, enfim, o gerenciamento inadequado dos resíduos contribui para a grave situação que encontramos (BAUMAN, 2005).

Giacomini Filho (2008) assinala que o descarte de resíduos sólidos é um bom indicador de consumo. A quantidade de resíduo depende de vários fatores, sendo a renda um dos mais relevantes. A renda possui correlação com a geração dos resíduos urbanos.

Bauman (2005) acentua que produzimos dejetos, sujeiras e lixo humano, dispostos em grandes depósitos e sem uma política para a reciclagem. As áreas do Planeta estão saturadas para a disposição final dos resíduos. Onde colocar, então? Consequência da modernização que se globalizou. Neste caminho, segue a geração de refugo humano e de lixo em maiores quantidade, haja vista que a sociedade de consumidores se sobrepôs à sociedade de produtores. Quem não consome se torna refugo humano e o que é consumido se transforma em lixo, dejetos ou sujeira.

Barros (2012) enfatiza a importância de enfrentar esta problemática por meio de uma visão multi e interdisciplinar, em razão das interfaces que têm as injunções econômicas de uma sociedade de consumo e a imprescindibilidade de um bom planejamento, aplicada por uma política de RSU.

De acordo com o PNUD⁸ (2013b), 20% da população mundial, são responsáveis por 86% com o consumo individual, sendo esta minoria a grande geradora de resíduos sólidos urbanos. O mesmo acontece no Brasil, fazendo um

⁸ PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável.

paralelo, onde as regiões mais ricas são os mais consumidores e as que mais geram RSU.

Afora o expressivo crescimento da geração dos RSU, observam-se, ainda, ao longo dos últimos anos, mudanças significativas em sua composição e características, bem como o aumento de sua periculosidade (EPA, 2010). Essas mudanças decorrem, especialmente, dos modelos de desenvolvimento pautados pela obsolescência programada dos produtos, pela descartabilidade e pela mudança nos padrões de consumo baseados no consumo excessivo e supérfluo.

Trigueiro (2013) analisa, com suporte na última pesquisa da ABRELPE (2012), a geração dos RSU e elo com o consumo no Brasil:

Em 2012, 24 milhões de toneladas foram descartadas inadequadamente. Geração de lixo por pessoa aumentou de 955 g por dia para 1,223 kg. Boa parte do lixo produzido no Brasil termina em lugares inadequados.

...

Na última década, 40 milhões de brasileiros ascenderam socialmente. Essa nova classe média passou a consumir mais, e quem consome mais gera mais lixo.

Nos últimos dez anos, a população do Brasil aumentou 9,65%. No mesmo período, o volume de lixo cresceu mais do que o dobro disso, 21%. É mais consumo, gerando mais lixo, que nem sempre vai para o lugar certo.

Segundo a ABRELPE (Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais), apenas no ano passado, foram descartados 24 milhões de toneladas de resíduos em lugares inadequados. Isso seria suficiente para encher 168 estádios de futebol do tamanho do Maracanã.

O Nordeste é a região que tem o maior volume de resíduos descartados em lugares impróprios. No lixão de Itabuna, no sul da Bahia, por exemplo, diariamente, toneladas de lixo são despejadas sem nenhum tratamento.

...

Em dez anos, de 2003 a 2012, a geração de lixo por pessoa aumentou de 955g por dia para 1,223 kg. Foi o que aconteceu na casa de Jeferson e Denise, no subúrbio do Rio de Janeiro. O aumento da renda mudou também o lixo. 'Embalagem de iogurte, embalagem de leite, enlatado, leite em caixa. Nós dois trabalhamos fora, e, no final de semana, estamos sempre pedindo comida por telefone', diz o empresário Jeferson Rodrigues.

Para José Gustavo Feres, economista do IPEA, é um retrato do que acontece em todo o país. As pessoas com mais renda consomem mais eletroeletrônicos, consomem mais embalagens plásticas, e este tipo de resíduo tem impacto ambiental maior até do que os resíduos orgânicos, afirma.

O padrão de consumo no Brasil precisará mudar para reduzir o descarte de materiais recicláveis. Nesta expectativa espera-se que além da expansão da coleta seletiva e conseqüentemente da reciclagem, está uma nova forma de lidar com o problema dos RSU. Isso vai exigir, porém, mudanças de hábitos de toda a sociedade e fazer cumprir as recomendações da nova política de resíduos sólidos no Brasil.

Um novo momento se vive para buscar soluções por meio de responsabilidade compartilhada entre diversos agentes da sociedade. Para isso, o Governo brasileiro sancionou, em agosto de 2010, pelo então presidente Luiz Inácio Lula da Silva, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)⁹, que faz uma série de determinações e recomendações, como o fim dos lixões, a inclusão social dos catadores de materiais reciclados, o princípio da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos para a implantação da logística reversa (BRASIL, 2010).

A PNRS estabelece uma ordem de prioridades: primeiro é necessário reduzir a geração de lixo, depois reutilizar, em seguida, reciclar o que não puder ser reutilizado, de acordo com o Quadro 1.

⁹ LEI Nº 12.305, DE 2 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.

Quadro 1 – Prioridades e principais agentes da cadeia de resíduos urbanos para o Brasil.

Ações de Manejo Conforme Escala Hierárquica		Cadeia de RSU: Atores e Seus Papéis				
		Produtores	Intermediários	Consumidores	União e Estados	Municípios
1º	Não Geração	Reduzir embalagens; redefinir <i>design</i> ; utilizar tecnologias limpas. Fazer o reaproveitamento de resíduos e a logística reversa.	Reduzir embalagens; redefinir <i>design</i> ; utilizar tecnologias limpas.	Reduzir desperdício; otimizar consumo de materiais. Segregar resíduos, reaproveitar; encaminhar resíduos para reciclagem participar da logística reversa;	Incentivar não geração e redução de resíduos. Recursos para a infraestrutura e logística para coleta seletiva; Inserir catadores; incentivar a indústria de reciclagem.	Incentivar não geração e redução de resíduos. Dispor de infra-estrutura e logística par coleta seletiva; inserir catadores; incentivar a indústria de reciclagem.
2º	Redução					
3º	Reutilização		Segregar resíduos e encaminhar para a reciclagem; Fazer a logística reversa.			
4º	Reciclagem					
5º	Tratamentos	Orientar para o tratamento ambientalmente adequado	Orientar para o tratamento ambientalmente adequado	Encaminhar apenas os rejeitos para o destino final.	Conceder recursos para o tratamento e disposição final.	Preparar e operar infra-estrutura para o tratamento e destino final.
6º	Disposição Final					
Responsabilidade dos Atores		Responsabilidade socioambiental	Responsabilidade socioambiental	Responsabilidade socioambiental	Responsabilidade socioambiental – Gestão – Gerenciamento – Regulação – Monitoramento – Divulgação - Educação	Responsabilidade socioambiental – Gestão – Gerenciamento – Regulação – Monitoramento – Divulgação - Educação

Fonte: Adaptado da PNRS. Brasil, 2010.

2.1.7 Consumismo no Brasil

Nas duas últimas décadas (1990 a 2012), a urbanização no Brasil se manteve acelerada e demonstrou situações de grande diversidade no Território Nacional, destacando-se maior urbanização nas áreas de fronteira econômica, com formação de metrópoles e o crescimento das cidades.

Neste intervalo encontramos um país totalmente mudado economicamente, em decorrência da estabilidade da moeda e da política econômica adotada pelo Governo Federal. A ascensão das classes menos favorecidas, notadamente nas Regiões Norte e Nordeste, ocasionou transformações no comportamento e, por conseguinte, maior consumo.

O modelo político neoliberal, vigente no Brasil, assenta-se nos altos padrões de produção e consumo, difundindo um conjunto de valores e comportamentos centrados na expansão do consumo material. Esse fator, não obstante, endossa o caráter insustentável da sociedade contemporânea. A principal consequência deste consumismo exacerbado é uma enorme geração de resíduos nas cidades, o que constitui assunto de grande relevância para a agenda socioambiental nos dias atuais.

No Brasil, desde 1994, a estabilização da moeda e da economia acelerou as vendas do comércio varejista, e ainda se elevou a geração dos resíduos principalmente nas maiores cidades. Em Fortaleza, por exemplo, entre os anos 2000 a 2011, os RSU cresceram 72,40% (ACFOR, 2012).

No Brasil, a elevada quantidade de RSU gerados não é compatível com as políticas e os investimentos públicos para o setor. Observa-se que há um longo caminho para se trilhar, em que a capacitação técnica e a conscientização da sociedade são fatores determinantes. Neste sentido, a gestão integrada dos resíduos sólidos é uma ferramenta inovadora e eficaz no contexto brasileiro (JUCÁ 2002).

2.1.8 A caracterização física dos RSU e o consumismo

Nos países ricos, onde a educação e a saúde pública são valores conquistados pela sociedade, a tipologia dos RSU esta mudando significativamente a cada ano. Os percentuais da fração orgânica de restos de comidas e podas de arvores vêm caindo em relação à fração inorgânica mais os plásticos e papéis. Estes últimos crescem, principalmente, por serem muito usados nas embalagens de vários produtos. Pode-se afirmar então que o consumo aumenta na medida em que os padrões médios aceitáveis pela sociedade são alterados por uma mudança cultural e/ou em razão do aumento do poder aquisitivo da população.

Os papéis descartados nos países mais ricos chegam a uma média de 31% do total de resíduos descartáveis, enquanto nos países de baixa renda, com 2% e, nos de renda média, 14%. Seria por maior quantidade de leitores nos países mais ricos?

Ao contrário dessa lógica, os resíduos orgânicos de restos de comidas chega a 52% para populações mais empobrecidas no Planeta e de 25% para os mais ricos.

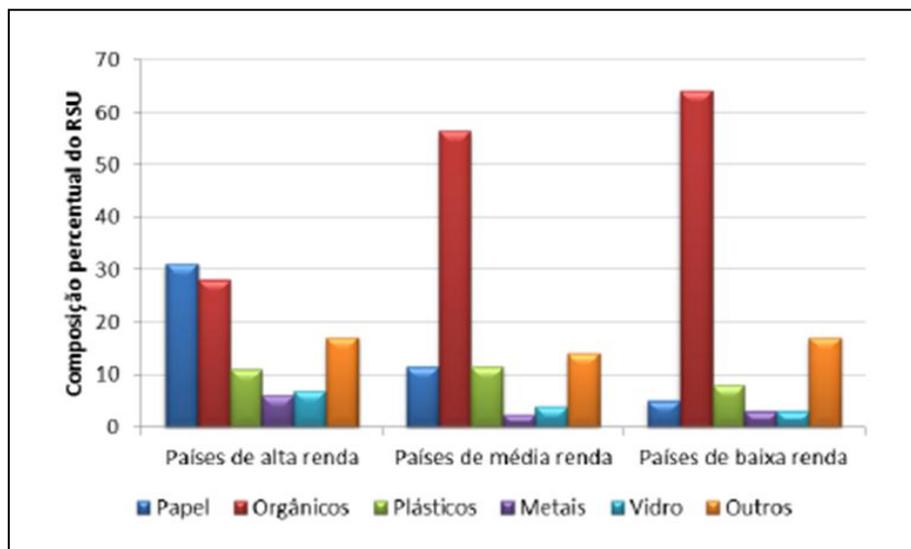
As embalagens plásticas na forma de sacolas, de garrafas PET, entre outras, constituem uma grande preocupação em todos os países, por haver uma degradação muito lenta.

Estudos feitos pelos pesquisadores Rathje e Murphy (2001), usando métodos análogos à arqueologia em aterros e lixões dos EUA e Canadá, descobriram que a cada ano os resíduos urbanos estão ficando diferentes. Chegaram à conclusão de que 15% dos alimentos comprados acabavam nos aterros ou lixões, decorrentes do desperdício e também por causa do período de escassez. Determinado alimento é comprado em maior quantidade, e acaba se estragando. Os papéis representavam mais de 40% do total da coleta e a decomposição era lenta, encontrando-se um “cachorro quente”, com mais de 40 anos.

Com estudos semelhantes à pesquisa realizada por Rathje e Murphy (2001), a geóloga Nunesmaia (2002), da Universidade Estadual de Feira de Santana, estudou os resíduos urbanos da cidade de Salvador. O resultado da pesquisa encontrou que os soteropolitanos mais ricos, acima de 15 salários mínimos, têm o dobro de descarte de papel e de papelão do que os mais pobres, 7,28 % e 3,56%, respectivamente. Na fração de restos de comidas têm 50% para a população pobre.

Já Ambrosi (2012) acentua que a composição dos resíduos serve como indicador, podendo ser utilizados para caracterizar as diferenças entre as gerações de RSU nos países desenvolvidos e em desenvolvimento. Na Figura 11, o pesquisador compara as diferenças em percentuais da composição dos RSU entre os países de alta, média e baixa renda. Nos países mais ricos, há maior geração de resíduos inorgânicos, principalmente os papéis, e menor percentual na fração orgânica como os alimentos. Ao contrario, nos países mais pobres, a geração dos resíduos orgânicos é maior e contém menor quantidade de papéis, contudo, não há a lógica de que os mais ricos se alimentam menos. O que acontece é o maior consumo de alimentos prontos e embalados. Também a tipologia contém valores percentuais relativos entre os materiais encontrados.

Figura 11 – Comparação da tipologia dos resíduos gerados com a renda dos Países.



Fonte: Ambrosi, 2012.

Diferentemente e de forma inversa à análise comparativa da geração dos RSU entre a Europa e o Brasil, a tipologia dos RSU está mudando de maneira muito parecida. O percentual da fração orgânica está caindo e aumenta, por sua vez, a fração inorgânica. Também o aumento dos resíduos plásticos e dos resíduos eletroeletrônicos é uma preocupação a mais para os gestores e ambientalistas. Na Europa e nos EUA, contudo, assim como no Canadá, os percentuais de reciclagem e da compostagem vêm crescendo e isso minimiza os problemas decorrentes do consumismo e da geração dos RSU.

A tipologia dos resíduos sólidos urbanos na UE mostra o quanto difere dos percentuais do Brasil, ALC e os EUA, pelo fato de maior aproveitamento dos resíduos para a reciclagem e tratamento térmico em incineradores instalados, conforme informações contidas na Tabela 4. O total de recicláveis na UE chega a 67%.

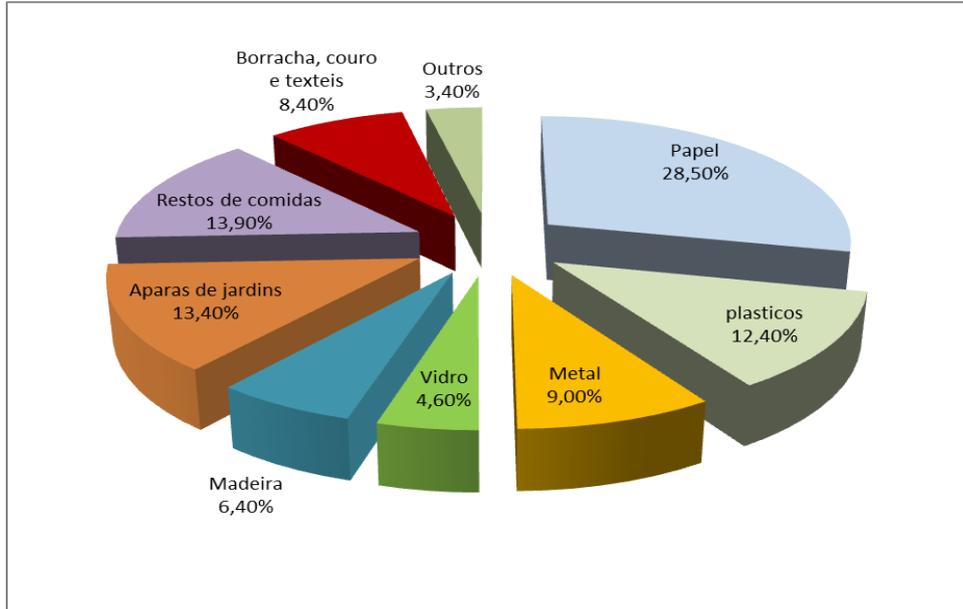
Tabela 4 – Tipologia dos Materiais no Total de RSU na UE – 2008.

Material	Participação - %
Resíduos Domésticos e Similares	8,00
Papel e Papelão	2,00
Resíduos Minerais	61,00
Resíduos Animais e Vegetais	4,00
Metais	4,00
Resíduos de Combustão	7,00
Madeira	3,00
Outros	11,00
Total	100,00

Fonte: Adaptado do Eurostat – Centro de dados sobre resíduos, 2012.

Nos EUA, os resíduos sólidos municipais são aqueles como embalagens, resíduos de grama, móveis, roupas, garrafas, restos de comida, papel, aparelhos, baterias, entre outros. Os restos de materiais de construção e demolição, lodos provenientes de estação de tratamento de água e efluentes e resíduos industriais não compõem os resíduos municipais (LIMA, 2012). Na Figura 12, tem-se a tipologia dos RSU em 2010 nos EUA (EPA, 2010).

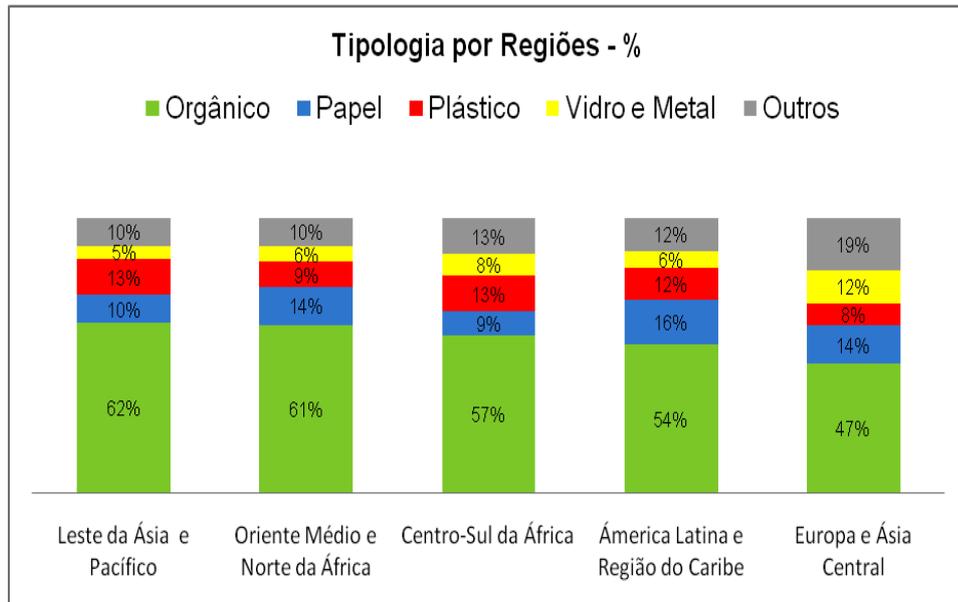
Figura 12 – Tipologia dos RSU - EUA - 2010.



Fonte: Modificado da EPA, 2010.

Com base na Figura 13, confirma-se a argumentação de que o percentual da fração orgânica (restos de comidas e podas de árvores) é menor para os países ricos, que têm maior poder de consumo.

Figura 13 – Tipologia dos RSU conforme as regiões (%) - 2012.



Fonte: Modificado de World Bank, 2012.

2.1.8.1 A caracterização física dos resíduos sólidos no Brasil

Na tipologia dos resíduos domiciliares, percebe-se que a fração orgânica vem diminuindo ao longo do tempo, e verifica-se também o aumento do percentual de plásticos e de papéis. No Brasil, a matéria orgânica representa 51,4% e os recicláveis têm 31,90 % na participação no total de RSU (ABRELPE, 2011), conforme o Quadro 2.

Quadro 2 – Tipologia dos resíduos domiciliares, no total de RSU coletado no Brasil - 2011.

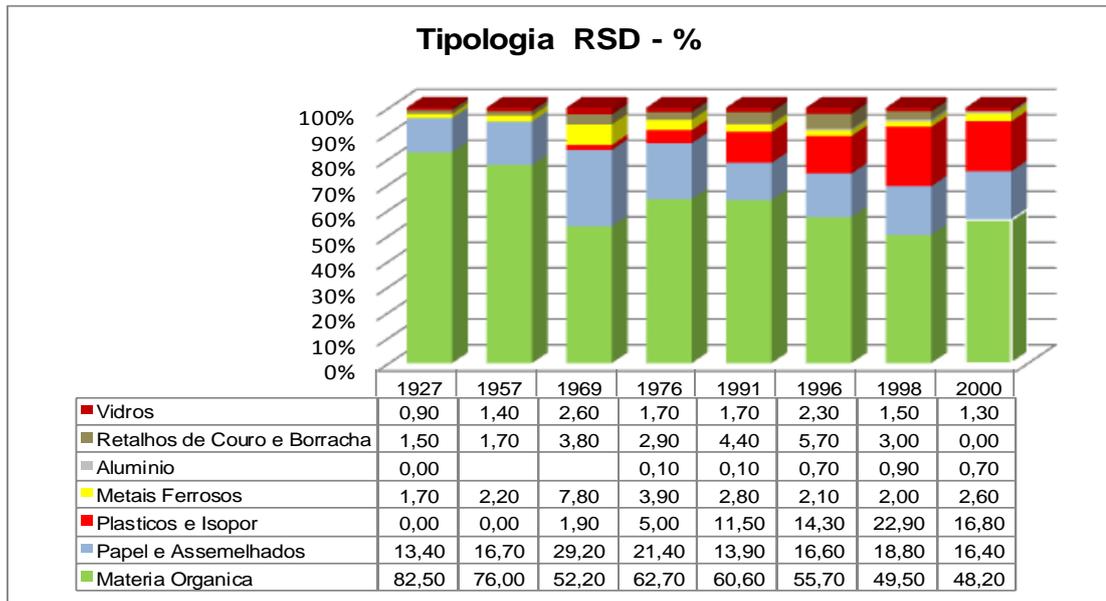
Material	Participação - %
Matéria Orgânica	51,40
Papel, Papelão e Tetra Park	13,10
Plásticos	13,50
Vidro	2,40
Metais	2,90
Outros	16,70
Total	100,00

Fonte: Adaptado da ABRELPE, 2011.

Em cada região no Brasil, essa tipologia é bastante diversificada, contudo a redução do percentual da matéria orgânica já vem acontecendo de forma geral no País, decorrente do aumento da fração inorgânica, com o maior descarte de embalagens e o aparecimento dos plásticos.

Phillippi Jr e Aguiar (2005) demonstram que os padrões de consumo na Cidade de São Paulo, nos anos 1927, 1957, 1969, 1976, 1991, 1996, 1998 e 2000, variaram bastante a composição dos RSD – resíduos sólidos domiciliares, com o aparecimento dos plásticos na década de 1970 e a redução da fração orgânica de 82,5% a 48,2%. No mesmo intervalo, o peso específico aparente caiu de 500 Kg/m³ a 234 Kg/m³, pela maior quantidade de embalagens, como os plásticos, conforme informações tratadas na Figura 14.

Figura 14 – Parte da composição de RSD da Cidade de São Paulo.



Fonte: Modificado de Tenório; Espinosa, 2004.

Da década de 1970 para cá, as embalagens plásticas aumentaram seus usos, especialmente em alimentos perecíveis. Os plásticos hoje se encontram em computadores, automóveis e diversos artefatos.

2.1.9 Fatores econômicos e sociais que influenciam a geração dos RSU

Diversos são os fatores que alteram a quantidade de RSU, a geração *per capita* e a caracterização física. Por isso, os RSU podem ser usados como um indicador de sustentabilidade ambiental.

Como os indicadores, os RSU ajudam a sintetizar um grande número de informações e as tendências. Giacomini Filho (2008) assinala que a quantidade de lixo urbano constitui um importante indicador de consumismo na sociedade. Três são os fatores que devem ser levados em conta - 1 analisar os resíduos domiciliares; 2 a produção *per capita*; e 3 a geração dos resíduos segundo a renda e classe social.

A geração de RSU dependerá de diversos fatores - culturais, nível e hábito de consumo, renda, clima e características populacionais - vinculada diretamente à origem dos resíduos, sendo função das atividades básicas de

manutenção da vida. Da mesma maneira, a degradação dos resíduos sólidos dispostos em aterros sanitários está sujeita aos fatores relacionados com o tipo de solo, altura da célula e sua área, características físicas e químicas dos resíduos urbanos, dados pluviométricos e balanço hídrico, entre outros condicionantes.

De forma didática, Campos (2012) cita quais os principais fatores que mais influenciam a geração e as características dos resíduos urbanos no Brasil, nas últimas décadas, ocasionadas pelo maior consumo. Entre eles estão os fatores econômicos e sociais:

- a) aumento da renda da população mais pobre que tenderia a aumentar o consumo e melhorando a cesta básica de alimentos;
- b) variações do nível de ocupação da população da massa de rendimento médio como a renda familiar e a renda *per capita*, acontecidas no Brasil a partir de 2003;
- c) programas de transferência de renda do Governo Federal como o Programa Bolsa Família - PBF e o Benefício de Prestação Continuada - BPC, notadamente para a população de baixa renda e nas regiões mais pobres do país;
- d) maior mobilidade social que vem acontecendo através de maior oferta de postos de trabalho e programas de capacitação de trabalhadores como consequência aumento na renda das famílias das Classes D e E ascendo para a Classe C;
- e) acesso facilitado ao crédito por trabalhadores jovens de baixa renda;
- f) mudanças de hábito que influênciam o consumo qualitativo e quantitativo;
- g) redução do número de habitantes por domicílio tem propiciado aumento do consumo por deseconomia de escala
- h) a entrada da mulher no mercado de trabalho aumentando a renda familiar;

- i) refluxo migratório no sentido Sudeste/Nordeste causam mudanças de hábitos de consumo nas populações locais, por reflexo do comportamento dos migrantes;
- j) aumento no consumo de bens duráveis com incentivo governamental na redução do IPI, como geladeiras e eletrodomésticos. Isso contribui para a redução do percentual da fração orgânica com o aumento da fração inorgânica dos resíduos em sua tipologia;
- k) a maior presença de catadores de materiais recicláveis nas cidades modifica a tipologia e a quantidade dos resíduos urbanos;
- l) a maior presença de empresas de coleta de resíduos particulares como os dos grandes geradores e os de entulhos de construções, modificam a tipologia dos resíduos urbanos e também as quantidades; e
- m) coleta seletiva em Pontos de Entrega Voluntária (PEV) de forma ainda tímida no Brasil, mas que altera a geração e a tipologia dos RSU.

Além desses fatores, na mudança do perfil da nova sociedade brasileira, a partir da década anterior, tem-se a educação formal implementada pelo Governo Federal, por meio dos institutos federais, em todo o País. Jovens de camadas mais pobres possuem hoje a oportunidade de estudar em uma universidade pública. Com o tempo e de forma silenciosa, essa ação governamental traduzirá de forma positiva na mudança de hábitos, como na melhoria de programas de coleta seletiva e na redução da geração dos RSU, consequência de um consumo menor e de melhor qualidade e que se reflete nos RSU. É o que se espera.

2.1.9.1 A população urbana

É inquestionável o fato de que, nos maiores aglomerados humanos, a geração *per capita* dos RSU também é elevada e, conseqüentemente há maior

geração de resíduos a serem coletados. É uma relação direta, todavia, não necessariamente proporcional.

Desde a década de 1950, a população brasileira vem se concentrando nas áreas urbanas. Em 1996, a população urbana do País ultrapassou 67% do contingente total. O número de regiões metropolitanas aumentou de 9, em 1995, para 17 em 2000. Este acréscimo ocorreu principalmente na Região Sul (Baeninger, 2010), causando sensível aumento de volume e diversificação do lixo gerado e sua concentração especial. Desse modo, o encargo de gerenciar o lixo tornou-se uma tarefa que demanda ações diferenciadas e articuladas, as quais devem ser incluídas entre as prioridades de todas as municipalidades.

2.1.9.2 O PIB - Produto Interno Bruto

Dentre esses fatores, chamamos atenção para os de feição econômica, que modificam o PIB, atrelado ao maior consumo e ao maior poder aquisitivo da população. Sendo assim, a geração de resíduos cresce de acordo com o poder de aquisição de bens e serviços.

O PIB, que é a soma de todos os serviços e bens produzidos num período e numa determinada região, dentro das fronteiras de um país, independentemente da nacionalidade do produtor, é um importante indicador da atividade econômica, representando o crescimento econômico. No cálculo do PIB, não são considerados os insumos de produção (matérias-primas, mão de obra, impostos e energia).

Existem dois tipos: o PIB total, que é expresso em valores do ano analisado; e o PIB real, que é a tradução dos resultados para valores atuais, descontando-se a inflação e a variação da taxa de câmbio, uma vez que geralmente é expressa em dólares dos EUA.

O PNB - Produto Nacional Bruto é a quantidade de todos os bens e serviços produzidos com recursos de um país, empregados dentro ou fora do Território Nacional, pertencentes a pessoas ou empresas. Ao contrário do PIB, inclui o resultado de empresas no Exterior e desconta os investimentos de capital

estrangeiro dentro do Território Nacional. Na prática, a diferença entre PIB e PNB representa o tamanho da renda enviada ao exterior ou recebida dele. Quando o PNB é inferior ao PIB, o País remete mais renda do que recebe. Se a relação for inversa, o País recebe mais renda do que envia. Em síntese, o PNB é o PIB mais os rendimentos líquidos no estrangeiro (rendas, lucros, juros e dividendos).

O cálculo do PIB mudou a partir de 2003; adotado pelas Nações Unidas, passou a usar o método PPP – Paridade do Poder de Compras. Este mede quanto uma moeda pode comprar em termos internacionais, normalmente em dólares dos EUA, corrigindo as diferenças de preços de um país para outro.

Conforme o IBGE, de 2003 a 2010, a média de crescimento econômico ficou em 4,60%, enquanto de 1995 a 2003 foi de 2,48% (IBGE, 2011b).

Em 2010, a demanda interna, com o consumo das famílias - que correspondeu a cerca de 60% do PIB - e a Formação Bruta de Capital Fixo – FBCF foi o maior responsável pelo crescimento, desde 1996, com alta de 10,3%. Foi observado o maior dinamismo no comércio, refletindo a expansão da demanda interna. Seu desempenho foi sustentado pela expansão no volume de vendas dos segmentos de hipermercados, supermercados, produtos alimentícios, bebidas e fumo (9,0%), móveis e eletrodomésticos (18,3%), outros artigos de uso pessoal e doméstico (8,8%), cujas vendas correspondem a 65,60% do índice de volume de negócios no comércio varejista ampliado (KURESKI, 2009).

Já no que se refere à economia mundial, o PIB do Brasil, de 2010 a 2011, saltou para 7^a maior economia mundial, acima do Reino Unido, França e Itália. Esse desempenho aconteceu pelo lado da demanda agregada, destacando a subida do consumo das famílias e incentivada pelas ações do Governo Federal para amenizar o efeito da crise mundial.

Com isso o Governo Federal dinamiza o consumismo interno mediante ações como a queda de juros - Selic, a redução do IPI para venda de veículos novos e de eletrodomésticos, financiamentos para compra da casa própria, a redução dos juros como incentivo ao crédito no comércio e para a compra da casa própria, e a

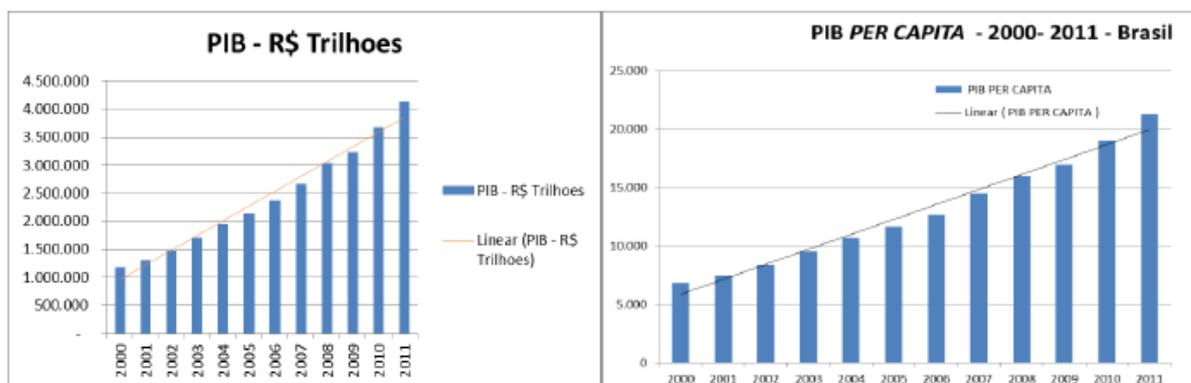
retomada das exportações, sobretudo de produtos básicos, como o minério de ferro, entre outros (KURESKI, 2009).

O maior componente, porém, foi o consumo privado ou também conhecido como consumo das famílias, que representa cerca de dois terços do PIB. O consumo privado está sendo hoje o grande propulsor da economia brasileira. Isso responde a maior geração de RSU nos últimos anos.

Observam-se as regiões mais pobres do País, como o Norte e o Nordeste, que tiveram por muito tempo uma demanda reprimida de poder de compras, mas agora passou a consumir produtos que antes não podiam. Estes geram embalagens e maior quantidade de resíduos urbanos e aumento da fração de materiais recicláveis na tipologia dos RSU.

Especificamente no Nordeste, essa expansão da renda total, resultante do rendimento do trabalho, de programas de transferência de renda e outras, compõe a ambiência na qual se observa um crescimento muito maior do que nas outras regiões, na posse de eletrodomésticos e do consumo de energia elétrica e água tratada em uma residência (BRASIL, 2008). Isso tudo se reflete, naturalmente, no aumento do consumo e na geração dos RSU. A Figura 15 ilustra o crescimento do PIB total e do PIB *per capita* no Brasil entre 2000 a 2011.

Figura 15 – PIB total e PIB *per capita* - 2000 – 2011 – Brasil



Fonte: Adaptado do IBGE, 2000 a 2011.

Comparando o PIB *per capita* brasileiro entre as regiões, conforme a Tabela 5, a Região Sudeste supera muito a Região Nordeste, com quase três vezes. Na Região Norte, é maior do que na Região Nordeste, por ter menor população. Salienta-se que o PIB brasileiro vem crescendo, em uma média de todas as regiões, em 16,2% ao mês, mas, ainda assim as Regiões Norte e Nordeste não superaram, neste intervalo, a média do Brasil (IBGE, 2005, 2010c).

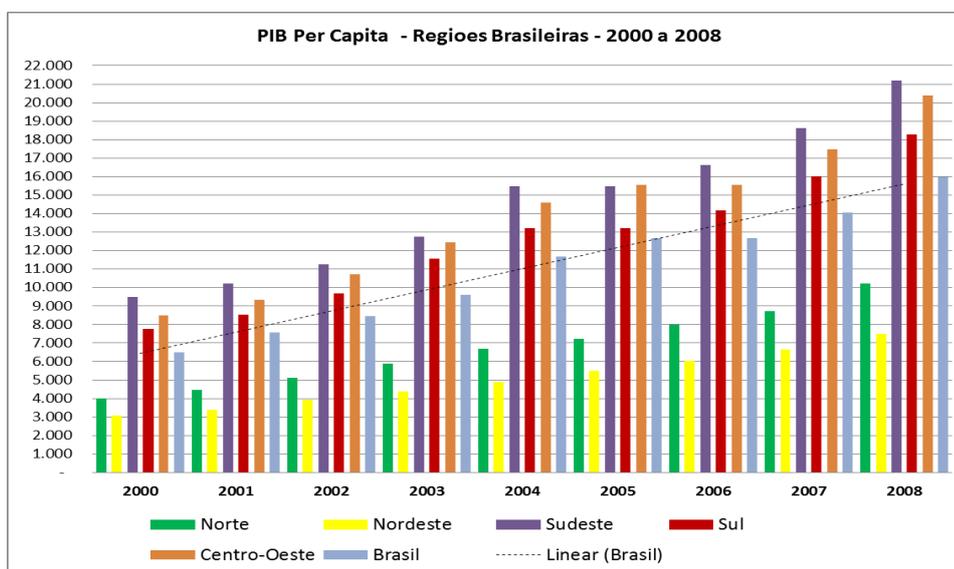
Tabela 5 – PIB *per capita* - Regiões Brasileiras – 2000 a 2008.

Região	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Norte	4.008	4.467	5.132	5.891	6.679	7.241	7.988	8.706	10.216
Nordeste	3.075	3.382	3.922	4.398	4.899	5.499	6.028	6.664	7.488
Sudeste	9.498	10.221	11.252	12.751	15.469	15.469	16.616	18.616	21.183
Sul	7.737	8.547	9.700	11.560	13.206	13.206	14.156	16.020	18.258
Centro-Oeste	8.500	9.334	10.713	12.430	14.606	15.546	15.546	17.458	20.372
Brasil	6.496	7.554	8.462	9.611	11.658	12.687	12.687	14.056	15.990

Fonte – Adaptada do IBGE, 2000 a 2008.

A Figura 16 expressa as informações contidas na Tabela 5.

Figura 16 – PIB *Per capita* – Regiões Brasileiras – 2000 a 2008.

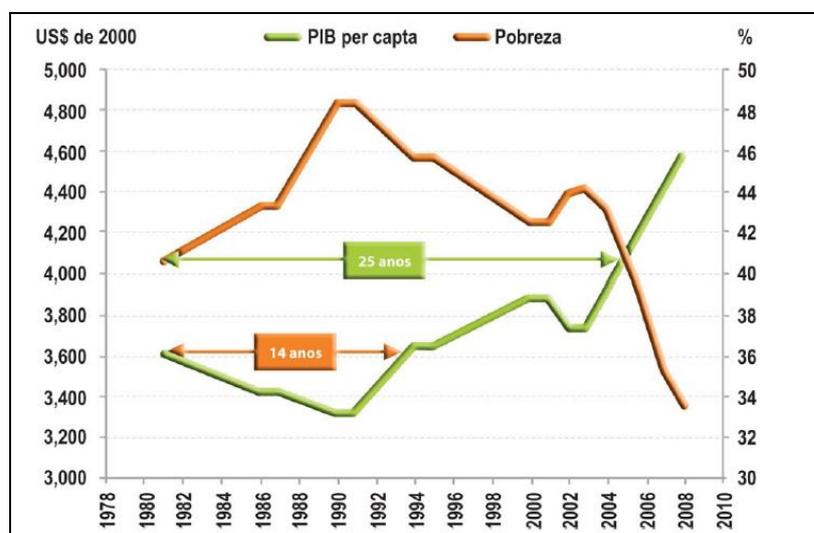


Fonte – Adaptada do IBGE, 2000 a 2008.

Na América Latina e Caribe – ALC, os indicadores de pobreza estão caindo, enquanto o PIB *per capita* cresce, conforme Figura 17. Foram necessários 25 anos, desde 1980 a 2005, para mudar os índices de pobreza, mas, para o PIB,

foram solicitados 14 anos para sua recuperação aos mesmos índices que em 1980. Isso não se traduz, porém, necessariamente, em melhor qualidade de vida ou maior distribuição da renda. Em diversos países da ALC, no entanto há déficit em setores, como educação básica, saúde e saneamento básico. Ainda um de cada três latino-americanos encontra-se abaixo da linha da pobreza (TELLO ESPINOZA, P. *et al.*, 2011).

Figura 17 – Relação do PIB *per capita* e da pobreza na ALC (1980 – 2008).



Fonte: TELLO ESPINOZA, P. *et al.*, 2011.

Chamamos a atenção para o fato de que a metodologia de mensuração do PIB é inadequada, pois é possível contabilizar, como atividades econômicas, ações destrutivas ao meio ambiente, como desmatamentos e demolições, e até mesmo antiéticas, como as empresas de prostituição e de tráfico de crianças. Os bens supérfluos e de luxo, entre outros, podem aumentar o PIB e o PNB, sem elevar o bem-estar da população.

Outrossim, alguns países produtores de petróleo têm um PNB e o PIB *per capita* superiores a alguns países onde há melhor qualidade de vida e a distribuição da riqueza é mais justa. Isto pode ser fruto da baixa densidade populacional e da riqueza exorbitante de uma minoria da população daqueles países.

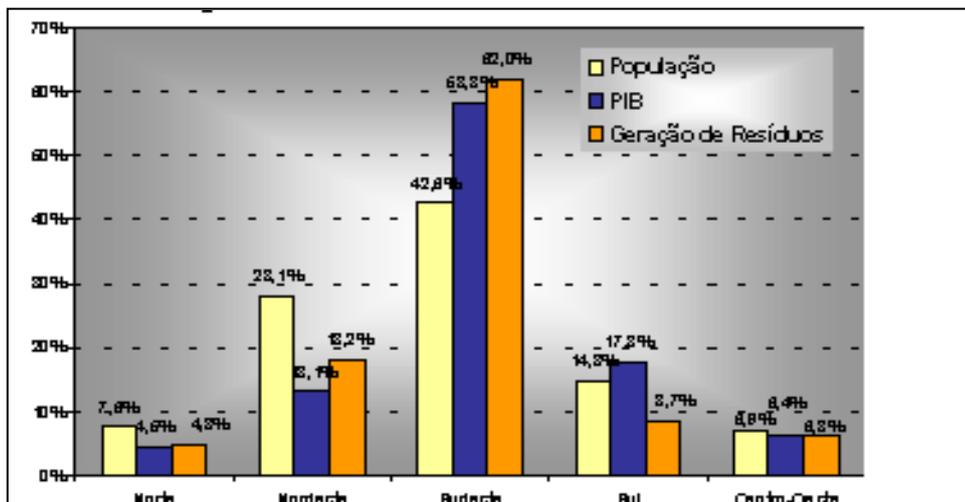
Podemos assinalar que esses indicadores PNB e PIB (*per capita*) não representam uma medida de qualidade de vida, pois não distinguem entre os países questões importantes como a cultura, a saúde, a educação e a conscientização e práticas em defesa do meio ambiente; todavia, exprimem o grau de consumo e do poder de compra, mesmo de maneira desigual.

2.1.9.2.1 A geração dos RSU e a correlação com o PIB

O maior grau de atividade social dos centros urbanos provoca maior consumismo e, conseqüentemente, maior acúmulo de resíduos. Acrescentamos isso a acelerada industrialização e o apressado crescimento da população mundial com aumento nos padrões de consumo para originar um problema bastante desafiador para as autoridades mundiais: o aumento da geração de resíduos sólidos. Diferenças significativas, entretanto, podem ser encontradas entre as quantidades geradas em países de alta e baixa renda.

Jucá (2003) foi o pioneiro no Brasil a chamar atenção da correlação entre o PIB, a geração de resíduos e a população no Brasil. Percebe-se que nas regiões mais pobres há menor geração de resíduos, de acordo com a Figura 18.

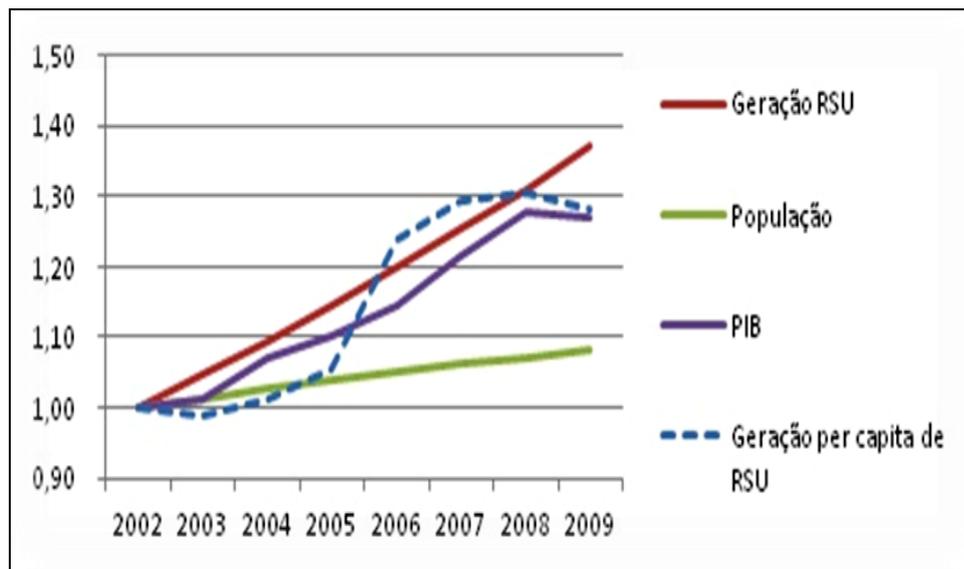
Figura 18 – Percentual da população, PIB e geração de resíduos sólidos conforme as regiões do Brasil - 2003.



Fonte: Jucá, 2003.

Já Campos (2013) fez uma análise comparativa entre a população, a geração de RSU e o PIB brasileiro, entre os anos 2002 a 2009, onde demonstra que a geração *per capita* de resíduos sólidos tem crescido mais do que a população e o PIB tem crescido menos do que a geração de resíduos sólidos - isso a partir de 2009. A Figura 19: ilustra o exposto.

Figura 19 – Geração de RSU, população e PIB – Brasil - 2002 - 2009.



Fonte: Campos, 2013.

Pode-se refletir, com suporte na análise anterior, que o PIB impulsiona o consumismo, o qual aumenta a *per capita* dos RSU, e, a partir daí, a geração tende a crescer. Campos (2013) conclui que, para haver a desassociação entre a geração e o PIB, devem haver investimentos nas áreas da recuperação e da reciclagem. Isso daria bons retornos econômicos ao País e oportunidades de novos negócios.

Os pesquisadores Melo; Sautter e Janissek (2009) desenvolveram uma metodologia para a simulação de cenários futuros da produção de RSU em Curitiba, para o desenvolvimento de estratégias e políticas da gestão. O que melhor explicaria a geração dos RSU seriam a população e o padrão de vida. Foi, então, utilizado o PIB como variável que indicaria a capacidade da população de adquirir bens e produtos.

Então, para cumprir os objetivos da análise, foi necessário ajustar os valores, considerando o real poder de compra dos consumidores. O programa Kyplot 2.0 foi utilizado para análise estatística dos dados históricos referentes à produção de RSU, em Curitiba, entre 1995 e 2007. A análise dos dados sugeriu a existência de multicolineariedade entre as variáveis e, dessa forma, foi obtida a Equação 1, que calcula a variável RSU em função da População e do PIB, com coeficiente de correlação múltipla $R^2 = 0,84$ (MELO; SAUTTER; JANISSEK, 2009).

$$\text{RSU} = 1,5657 * \text{PIB} - 3,6861 * \text{POP} + 5,5416 \quad (1)$$

Sendo:

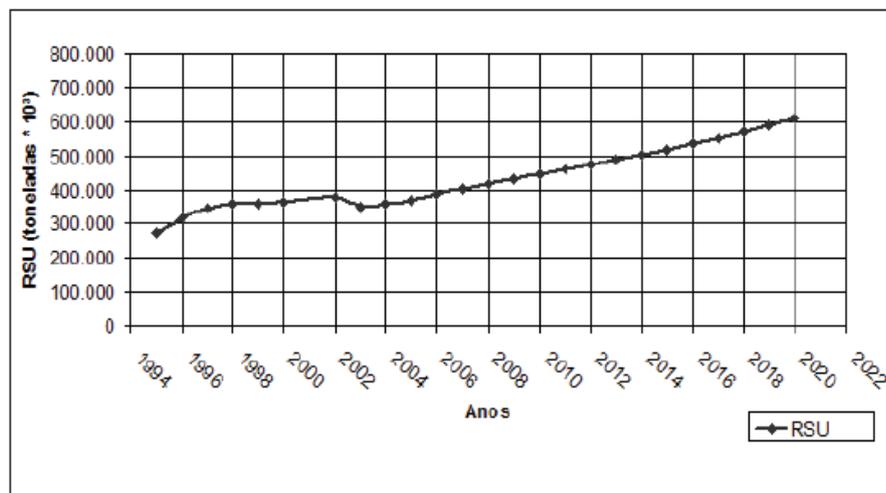
PIB = PIB Total (R\$/ ano);

POP = População urbana (hab.);

RSU = Quantidade de RSU para Curitiba (t/ano).

A Figura 20 mostra a evolução da geração dos RSU, da população urbana e o PIB total, para Curitiba entre 1994 a 2022.

Figura 20 – Projeção da geração dos RSU - Curitiba – 1994 a 2022.



Fonte – Melo; Sautter; Janissek, 2009.

A realidade é que o crescimento da urbanização nem sempre significa melhorar a qualidade de vida. Verifica-se que, em cerca de 45% da população mundial, faltam estruturas de saneamento adequado. O crescimento econômico

resulta em aumento da quantidade e da heterogeneidade dos RSU. A comparação entre as condições de geração dos RSU nos países desenvolvidos e de países em desenvolvimento pode ser realizada por via de indicadores que quantificam o problema, uma vez que a composição dos RSU, em certa medida é semelhante entre países com o mesmo grau de desenvolvimento. A quantidade gerada porém, a densidade e a proporção, variam imensamente de país para país, dependendo principalmente da renda e do estilo de vida, cultura e tradição, localização geográfica e até mesmo das condições meteorológicas dominantes (KHATIB, 2011).

Estudo realizado pelo Governo de Minas Gerais (2012) compara a geração dos RSU entre países¹⁰ desenvolvidos e em desenvolvimento, e aponta as variáveis que melhor explicam as diferenças, entre elas o PIB. Percebe-se que o PIB *per capita* é uma variável importante para explicar essas diferenças de quantidade e qualidade na geração dos RSU (Figura 21).

Figura 21 – Comparação entre países desenvolvidos e em desenvolvimento - 2012

	Geração de RSU		Tratamento e Disposição Final de RSU
	Quantidade	Composição	
Países Desenvolvidos	<ul style="list-style-type: none"> • Entre 1,0 – 2,3 kg/dia per capita 	<ul style="list-style-type: none"> • ~30% orgânicos • ~50% recicláveis: papel, plástico etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • Máximo de 60% de aterro • Combinações de aterro, tratamento térmico, compostagem e reciclagem
Países em Desenvolvimento	<ul style="list-style-type: none"> • Entre 0,6 – 1,3 kg/dia per capita 	<ul style="list-style-type: none"> • ~60% orgânicos • ~25% recicláveis: papel, plástico etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • Principalmente aterro (> 85%) e/ou lixões • Máximo de 10% de reciclagem
Variáveis que melhor explicam as diferenças	<ul style="list-style-type: none"> • Principalmente PIB per capita • Outras variáveis tais como urbanização, legislação, clima e fatores sócio-culturais 		<ul style="list-style-type: none"> • Legislação mais restritiva em países desenvolvidos (Ex.: Grenelle Environment – França; Act for Resource Recycling – Coreia; Essential Packaging – Alemanha)

Fonte: Minas Gerais, 2012.

Conforme esse estudo do Governo de Minas Gerais (2012), existem outras variáveis que influenciam na geração de RSU, como:

¹⁰ Entre os países escolhidos para a comparação foram - países desenvolvidos: Alemanha, Austrália, Áustria, Japão, Coreia do Sul, Espanha, EUA, Finlândia, França, Holanda, Irlanda, Itália, Noruega, Portugal, Reino Unido, Suécia, Suíça.

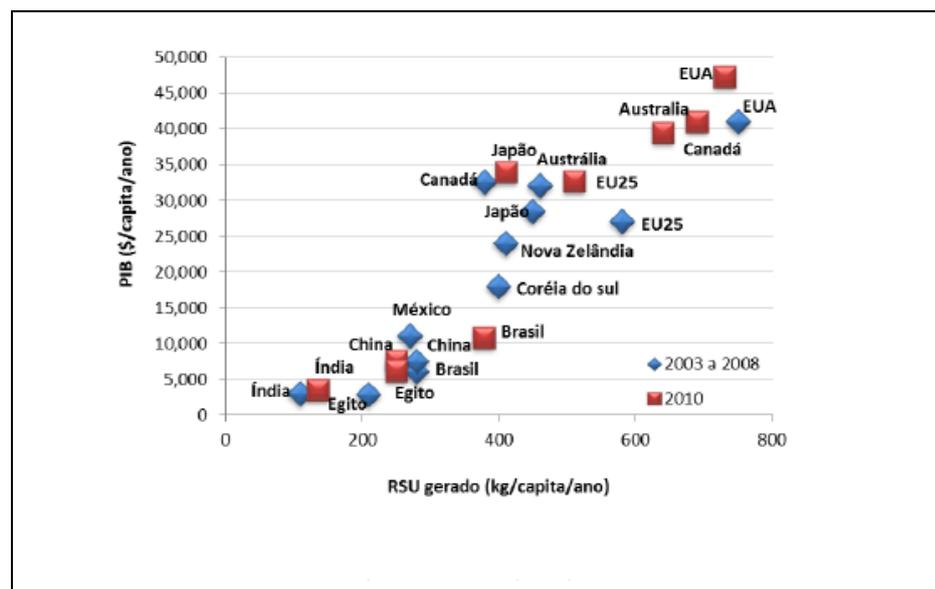
- Países em desenvolvimento - Brasil, Bulgária, China, Eslováquia, Eslovênia, Estônia, Hungria, Índia, Lituânia, México, Polônia, Rep. Tcheca, Romênia, Rússia, Turquia.

* Os dados são de 2010.

- Legislação - pode limitar o uso de materiais, criar incentivos para a não geração de RSU;
- Urbanização - a geração de RSU em áreas urbanas é maior do que em áreas rurais;
- fatores socioculturais - padrões de consumo, clima, alimentação, educação ambiental e engajamento dos cidadãos; e
- composição gravimétrica - observa-se uma proporção maior de resíduos recicláveis, como o metal e o plástico, nos países desenvolvidos.

Na Figura 22 está a relação entre o PIB de diversos países e a sua geração *per capita* de RSU.

Figura 22 – Relação entre o PIB e a geração *per capita* de RSU em diversos países – 2003 a 2008.



Fonte: Adaptado de Ambrosi, 2012.

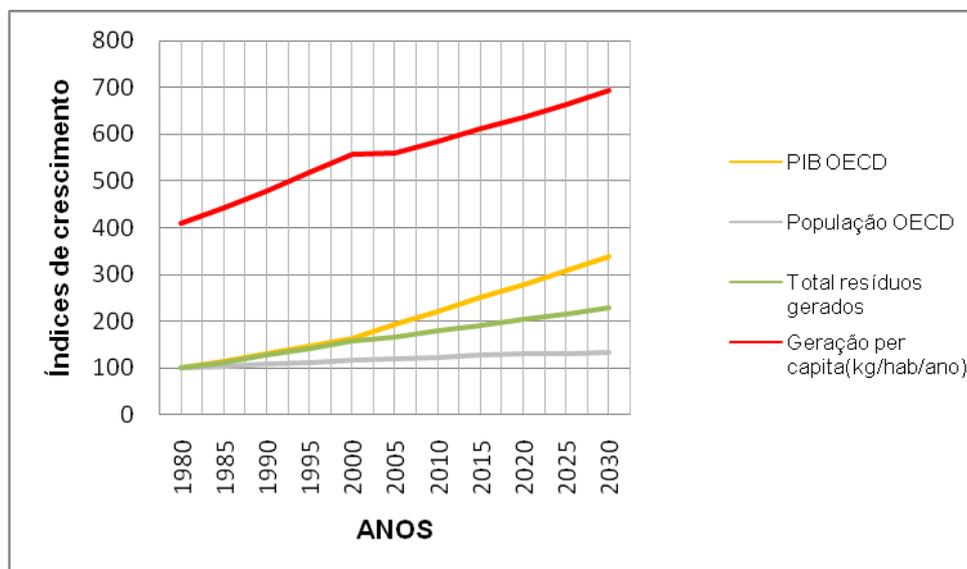
Outro exemplo foi o aumento da quantidade *per capita* de RSU, que aumentou 29% na América do Norte, 35% na OECD¹¹, e 54% na UE, acompanhando, de uma forma geral, o produto interno bruto (PIB) desses países, no período entre 1980 a 2005 (SJÖSTRÖM; ÖSTBLÖM, 2010). Uma razão seria o

¹¹ OECD ou OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico é um grupo de 34 países industrializados.

padrão de consumo nos EUA, que é notadamente mais alto do que em outros países e, conseqüentemente, é consumido um grande volume de embalagens (MINAS GERAIS, 2012).

Na Figura 23 são comparados os índices de crescimento da população, do PIB e dos resíduos urbanos, em países estudados pela OECD, de 1980 a 2030. Fortalece o argumento de que o crescimento do PIB e a geração dos RSU têm crescimentos semelhantes (CAMPOS, 2013).

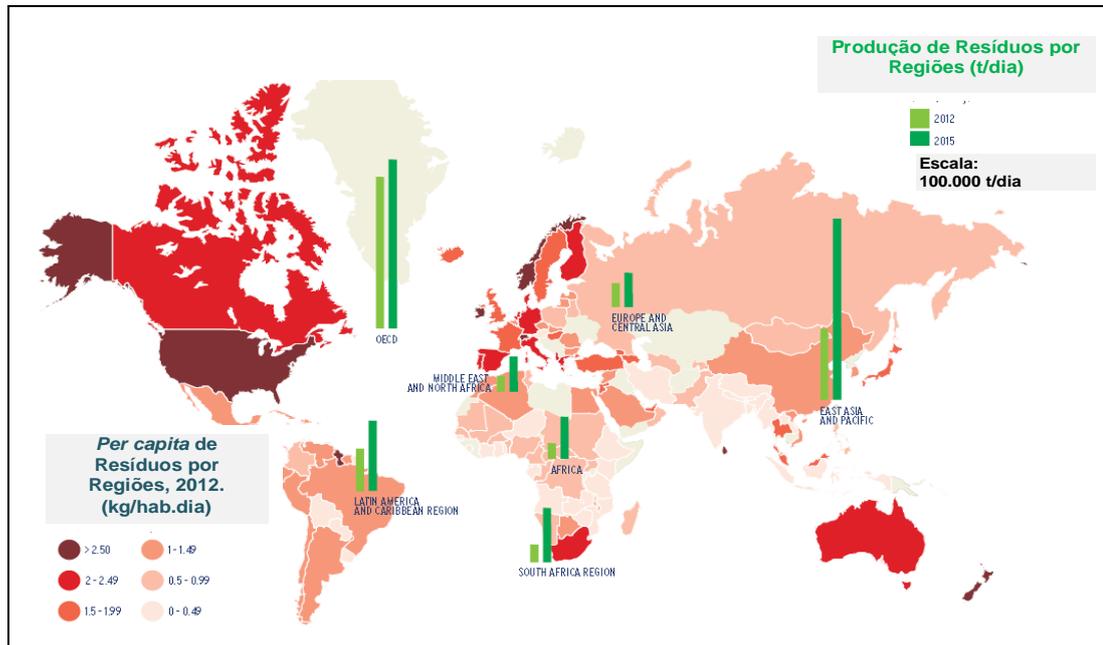
Figura 23 – Índices de crescimento da população, do PIB e dos resíduos, em países estudados pela OCDE (1980–2030).



Fonte: Adaptado de OECD, 2009.

Também quando se tem uma visão geral da Terra e divide-se em regiões, mostra-se que o PIB nas regiões mais ricas tem também a maior quantidade de RSU e geração *per capita*, conforme a Figura 24.

Figura 24 – Geração mundial de RSU e a *per capita* conforme as regiões (2012 -2025).



Fonte: Adaptado de World Bank, 2012.

Campos (2013) chama atenção para o fato de que na Europa tem-se buscado esforço para reduzir ou, no mínimo, estabilizar a geração *per capita* de RSU. Com início em 2000, foram publicadas diretivas sobre as políticas de produção e do consumo. No entanto, as metas ainda estão longe de alcance, embora tenha havido um progresso com a legislação ambiental. A geração *per capita* de RSU nos novos Estados-Membros tem uma média bastante inferior ao daqueles do Oeste Europeu, pois a mesma, aparentemente, permaneceu estável desde meados da década de 1990, mesmo tendo havido um forte crescimento econômico e do consumo, com aumento do PIB de 16%. A causa pode ser a entrada de outros Estados-Membros, por meio de mudanças de métodos ou introdução de pesagens em alguns desses países. Nota-se que, em 2000, aconteceu uma dissociação entre o crescimento econômico e a geração dos resíduos na média dos 37 países estudados.

Ampliando a argumentação anterior, a geração de RSU está também relacionada à concentração urbana. O consumo cresce em razão de melhorias nas condições socioeconômicas, de inovação tecnológica, estímulos de campanhas publicitárias e padrões de consumo adotados pela sociedade (BESEN *et al.*, 2010).

Para Russo (2003), a geração dos RSU inicia-se com a mineração, obtendo-se a matéria-prima, até ser transformada em bens de consumo, e depois em resíduos. O equacionamento poderia ser simples, bastaria reduzir a utilização desta matéria-prima e aumentar a taxa de recuperação/ reciclagem dos produtos. Russo conclui que, na moderna sociedade seria muito difícil essa solução simples. Enquanto não há redução no consumo de bens e de serviços, tem que procurar novas formas de gerenciar os resíduos.

Como reduzir a geração dos RSU em uma sociedade que incentiva o consumismo? Russo (2003) considera como condição primordial a boa gestão dos RSU a principal medida que os governos e a sociedade devem fazer agora. A gestão envolve uma inter-relação dos aspectos administrativos, financeiros, legais, de planejamento e de engenharia, de forma interdisciplinar, envolvendo ciências e tecnologias, como a Economia e a Engenharia Ambiental.

No Brasil, não existem séries históricas abrangentes e confiáveis, mas publicações recentes deixam claro o problema: a geração dos RSU cresceu de 53 milhões de toneladas/ano em 2008 para 57 milhões/ano em 2009 (7,7%); e avançou para 60,8 milhões/ano em 2010 (6,8%), num crescimento bastante superior ao populacional e acima do aumento do PIB no período (ABRELPE, 2010 e 2011).

Para os RSU, o PIB pode ser um dos termômetros, quando relaciona o consumismo e a geração do lixo urbano.

Na perspectiva de Campos (2012), alguns questionamentos e reflexões devem ser feitas:

- no Brasil, a geração dos RSU estaria acontecendo pela melhoria econômica da população e conseqüentemente coma ascensão das classes sociais e o aumento do consumo?
- na Europa a queda da geração dos RSU, mas com o PIB crescente aconteceria pelas metas de redução da geração na sua origem ou simplesmente por uma questão cultural?

- poderia haver um equilíbrio dos padrões de consumo com a produção de maneira sustentável?

Responder a estes questionamentos é exatamente o cerne desta pesquisa, que é averiguar se existe uma relação direta entre a geração *per capita* dos RSU e o consumismo. Se há, portanto, uma relação do aumento ou queda do consumo com a geração *per capita* dos RSU, precisaríamos inicialmente, entender os indicadores econômicos e sociais, além da cultura e da educação de uma população, que diferem entre as sociedades - Brasil e Europa, por exemplo.

Nas Regiões Norte e Nordeste, há um consumismo na última década bem maior, não somente pelo aumento da média dos rendimentos familiares, mas, sobretudo, por um consumismo retraído, de décadas nestas regiões.

Por isso, a geração *per capita* nestas regiões cresceu mais do que o das regiões mais ricas do País. É claro que, ao continuar a melhoria da economia, haveria um ponto de equilíbrio na geração *per capita* dos RSU. Bem, se isso acontecesse, os outros fatores influentes como a cultura e a educação, que traduzem a maneira própria de cada sociedade viver, seriam desprezíveis, o que não é verdade.

Quanto ao terceiro quesito, seria preciso descobrir qual o ponto de inflexão onde a curva de geração *per capita* dos RSU cairia, e se haveria a possibilidade de um equilíbrio entre um padrão de consumo de uma sociedade dentro de uma produção sustentável. Essa determinação temporal é quase intangível, pois dependeria da aplicação de uma política para redução da geração dos RSU na origem, como acontece na Europa, de incentivos fiscais em tecnologias sustentáveis, como o aproveitamento dos resíduos orgânicos para a compostagem e dos resíduos inorgânicos para a reciclagem, como nos EUA, recentemente. Além disso, dependeria dos elementos já citados, como a cultura, o nível de educação e da conscientização, com práticas ambientais sustentáveis.

Essa expectativa, contudo, de fato existe, pois já vem acontecendo essa inflexão da curva de geração dos RSU nos países com melhor PIB, PNB, renda

média *per capita*, e outros indicadores mais novos utilizados, como o índice de Gini e o IDH.

2.1.9.3 O IDH

O Índice de Desenvolvimento Humano – IDH foi criado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) em 1990. Baseia-se no conceito de desenvolvimento humano e busca as restrições do PIB. É um indicador com rosto humano e sintetiza quatro indicadores: expectativa de vida, taxa de alfabetização, anos de escolaridade e PIB *per capita* (GUIMARÃES; FEICHAS, 2009).

Conforme Guimarães e Feichas (2009), o IDH avança ao incorporar outras variáveis além da econômica, pois agrega o PIB *per capita*, a longevidade e a educação, contudo não dá conta da desigualdade de oportunidades e de como riqueza, longevidade e educação podem estar relacionadas ao padrão de consumo e à preparação das pessoas para o mercado de trabalho.

Este índice considera três componentes, utilizando um índice já bem estabelecido e adicionando dois novos. O primeiro componente é o PIB *per capita*, que, após ser retificado pelo poder de compra da moeda específico de cada país, representa a soma dos valores monetários dos bens e serviços de uma localidade em um espaço de tempo. Os novos componentes são longevidade e educação. O indicador utilizado para medir longevidade é a expectativa de vida ao nascer, e a educação é medida por meio de analfabetismo e da taxa de matrícula nos três níveis de ensino. O IDH é então o PIB *per capita* + longevidade + educação (GUIMARAES; FEICHAS, 2009)

De acordo com Veiga (2008), o IDH permite ilustrar com clareza a diferença entre rendimento e bem-estar; porém o principal defeito é que ele resulta da média aritmética dos três índices específicos que captam renda, escolaridade e longevidade. Seria mais razoável, segundo o Economista, que o cerne da questão estivesse no possível descompasso entre o nível de renda e o padrão social, mesmo que revelado apenas pela escolaridade e longevidade. Por exemplo, apesar de ser o

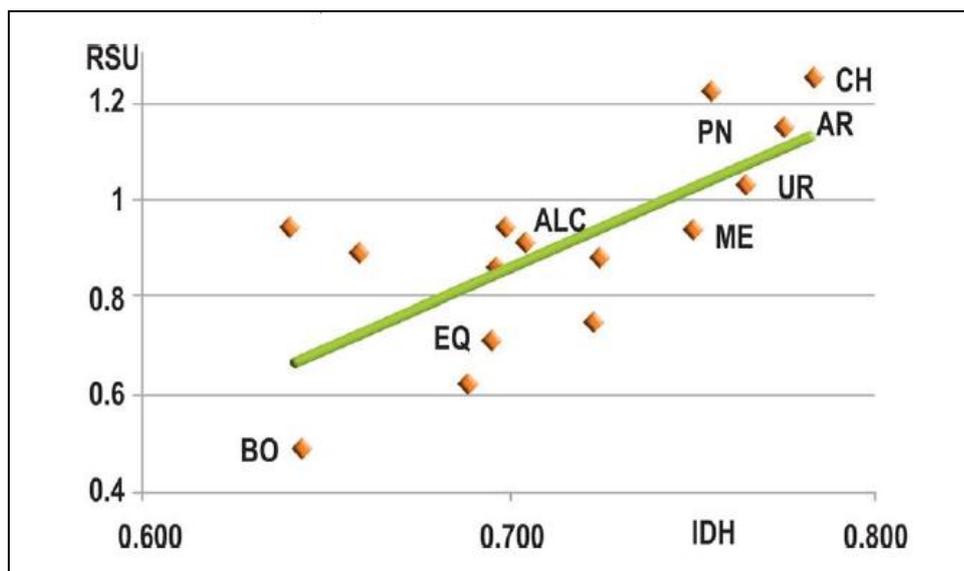
estado mais rico do Brasil, São Paulo não é o mais desenvolvido, pois o IDH Municipal (IDH-M) é menor do que os de Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Alerta ainda Veiga (2008) para o risco chamado de '*ranking-mania*', pois seria preciso inteirar-se das opções metodológicas da montagem desse indicador. Mesmo assim, o IDH avança em relação ao PIB, pois tenta mostrar o rosto humano pelos índices de educação e de saúde, e não apenas de um indicador que resume a renda *per capita*.

A variação do IDH está no intervalo de 0 a 1, e quanto mais próximo de 1, maior o desenvolvimento humano. No Brasil, o IDH avançou de 0,715 em 2010 para 0,718 em 2011 (PNUD, 2013).

Para a ALC, em 2010, existe correlação entre o IDH e a geração dos RSU, nos países analisados, como pode ser visto na Figura 25. A quantidade dos RSU varia entre diferentes localidades e de influencias tais como desenvolvimento econômico, padrões de consumo, tamanho da população, grau de urbanização, densidade populacional, níveis de educação e saúde, entre outros. (Tello Espinoza, 2010).

Figura 25 – Relação entre o IDH e a *per capita* dos RSU na ALC - 2010.



Fonte: Tello Espinoza, P. *et al.*, 2011.

2.1.9.4 Outros indicadores econômicos e sociais

Outros indicadores sociais e econômicos que mais influenciariam a geração dos RSU e na relação com o consumismo, são o índice de Gini, o rendimento médio, o INPC e o IPCA, são aqui analisados.

2.1.9.4.1 O Índice de Gini e o rendimento médio

O Índice ou Coeficiente de Gini é um indicador que serve para se medir o grau de concentração da renda ou de uma localidade, região ou sociedade. Ele se obtém por meio da curva de Lorenz. O índice varia entre 0 e 1, e quanto mais próximo de zero melhor é a distribuição da renda. A desigualdade da renda ou muita concentração leva ao menor consumo e, conseqüentemente, menor geração *per capita* dos RSU.

O Brasil melhorou bastante o rendimento médio mensal de todas as fontes (das pessoas de dez anos ou mais de idade, com rendimento); apresentou, de 2009 para 2011, um ganho de 4,6%, atingindo o valor de R\$ 1.279,00. Assim como verificado para os rendimentos de trabalho, houve aumento do rendimento médio mensal real de todas as fontes em todas as classes, especialmente nas dos rendimentos mais baixos. O Índice de Gini passou de 0,509 a 0,501 neste período (IBGE, 2008, 2010a, 2012i).

Na Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (2009/2011) do IBGE, para as regiões, houve crescimento do rendimento médio mensal real domiciliar em todas as classes. Os maiores incrementos se deram nas classes mais baixas, nas Regiões Nordeste, Centro – Oeste e Sul. O Quadro 3 traz o Índice de Gini conforme as regiões e comparado aos anos 2009 e 2011 (IBGE, 2008, 2010a, 2012i).

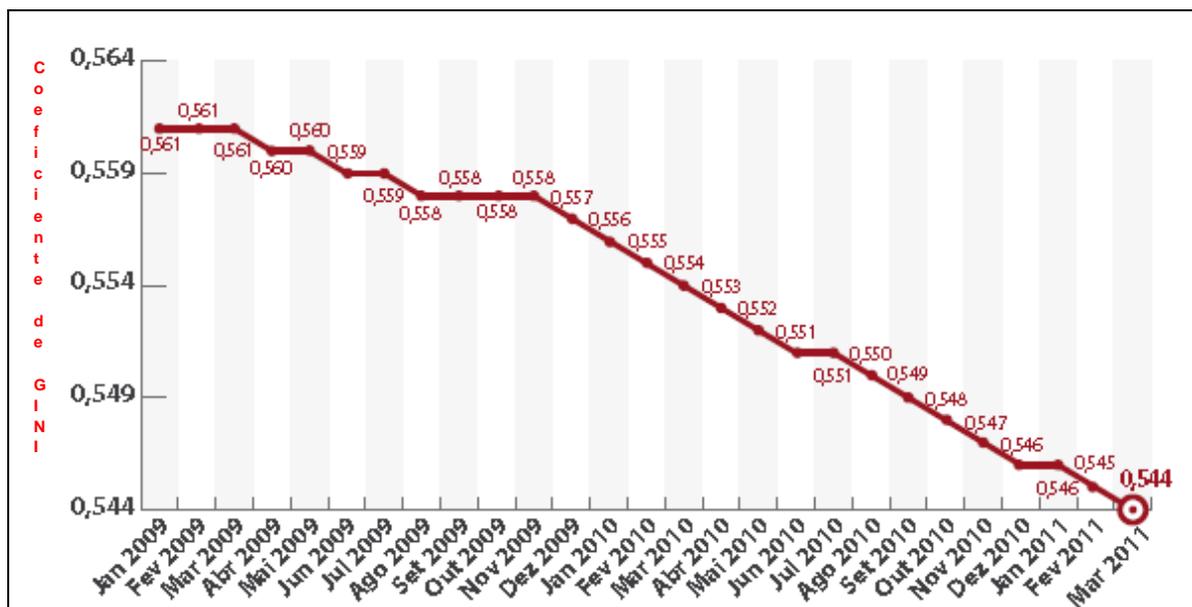
Quadro 3 – Índice de Gini da distribuição do rendimento mensal dos domicílios particulares permanentes, com rendimento, por grandes regiões – 2009/2011.

ANO	GRANDES REGIÕES					
	BRASIL	NORTE	NORDESTE	SUDESTE	SUL	CENTRO-OESTE
2009	0,509	0,489	0,522	0,485	0,470	0,537
2011	0,501	0,499	0,511	0,478	0,454	0,521

Fonte: Adaptado do IBGE, 2009 a 2011.

Historicamente, no Brasil, como mostra a Figura 26, vem caindo o Índice de Gini desde a última década. A queda contínua do Índice de Gini é explicada pela redução da desigualdade na renda do trabalho e da política de valorização do salário mínimo, além dos programas de transferência de renda. Os dados a seguir são da Fundação Getúlio Vargas - FGV e do IBGE.

Figura 26 – Índice de GINI no Brasil - 2009 - março de 2011.



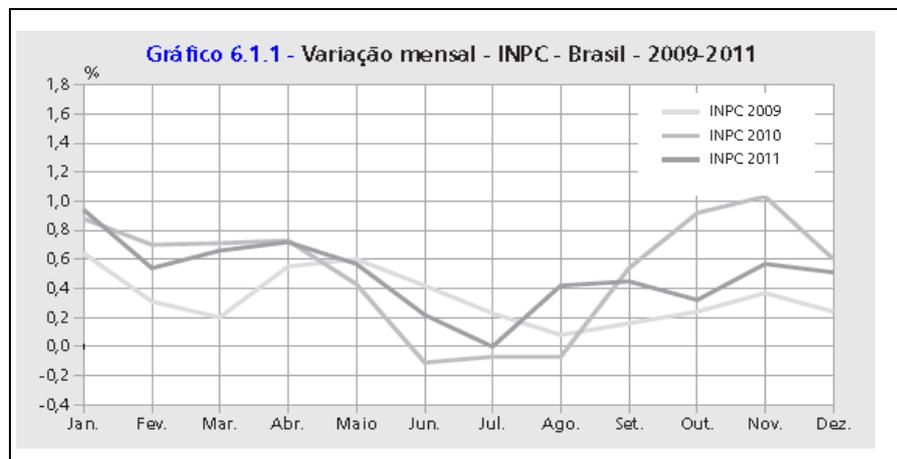
Fonte: Brasil, 2011.

2.1.9.4.2 O INPC e o IPCA

Esses dois indicadores econômicos são utilizados para analisar a evolução dos preços adquiridos pelo consumidor. Por ser intermediário, mas não somente, percebem-se os riscos inflacionários. Ambos utilizam as informações de estabelecimentos comerciais e de prestação de serviços, concessionária de serviços públicos e domicílio (para levantamento de aluguel e condomínio), para obter os índices mensais. Os dados são originados das Regiões Metropolitanas de Belém, Fortaleza, Recife, Salvador, Belo Horizonte, Rio de Janeiro, São Paulo, Curitiba e Porto Alegre, Brasília e o Município de Goiânia. Também existe o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo Especial (IPCA-E). Este indicador trimestral fornece também a evolução dos preços ao nível de consumo (IBGE, 2008, 2010a, 2012i, 2012f).

O Índice Nacional de Preços ao Consumidor (INPC) é um indicador que analisa a média dos preços de um conjunto determinado de bens e de serviços adquiridos pelos consumidores. Ele é importante também, pois sinaliza a existência de um processo inflacionário. Para o IBGE (2006), constitui uma aproximação da variação do custo de vida, fornecendo as informações dos preços no mês. Na Figura 27, e com dados do IBGE (2012f), tem-se a variação mensal entre os anos 2009 a 2011 no Brasil.

Figura 27– Variação mensal do INPC no Brasil - 2009 – 2011.



Fonte: IBGE, 2009 a 2011.

O Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), segundo o IBGE (2011), constitui uma aproximação do movimento geral dos preços ao nível de consumo pessoal, fornecendo a evolução dos preços mensais. A Figura 28 retrata a variação mensal com informações do IBGE, (2012f), nos anos de 2009 a 2011 no Brasil.

Figura 28 – Variação mensal do IPCA no Brasil – 2009 - 2011.



Fonte: IBGE, 2009 a 2011.

2.1.9.4.3 O consumo de energia elétrica

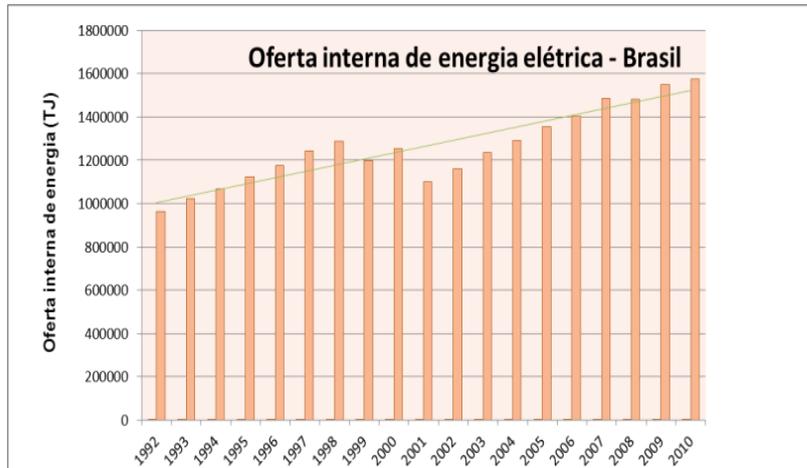
O consumo de energia elétrica é usado com frequência como indicador do bem-estar de uma sociedade moderna. Podemos igualmente reconhecer no consumo de eletricidade as desigualdades regionais existentes no Brasil. Desde quando os serviços de eletricidade começaram a ser disponibilizados, é um fenômeno que acompanha a distribuição da renda.

De fato, analisando o IDH calculado com base na metodologia do PNUD, observa-se uma diferença entre as rendas *per capita* dessas regiões. Essa disparidade era tão grande que, mesmo considerando a enorme diferença na população de ambas as regiões, o consumo de energia elétrica de todas as residências do Nordeste, onde se concentra a maior parcela das famílias pobres do País, sempre foi menor do que o consumo residencial da Região Sul (BRASIL, 2008).

Esta situação mudou desde 2008, quando o consumo residencial de eletricidade no Nordeste aumentou, e quase igualando com as Regiões Sul e Sudeste do Brasil. enquanto na Região Sul se fixou em 15,0 TWh. A diferença é pequena, porém sustentável. O aumento da renda e os programas sociais de transferência de renda do Governo Federal, em especial o Bolsa Família, e de inclusão elétrica, como o Programa Luz Para Todos, vêm estimulando sobremaneira o consumo de energia elétrica residencial no Nordeste (BRASIL, 2008).

A oferta interna de energia elétrica no Brasil cresceu, entre os anos de 1992 a 2010, cerca de 63,98%. Na Figura 31 (IBGE, 2008, 2010a, 2012i), percebe-se uma queda acentuada entre o ano 2000 a 2001 em virtude do apagão ocorrido.

Figura 29 – Oferta interna de energia elétrica no Brasil - 1993 – 2010.

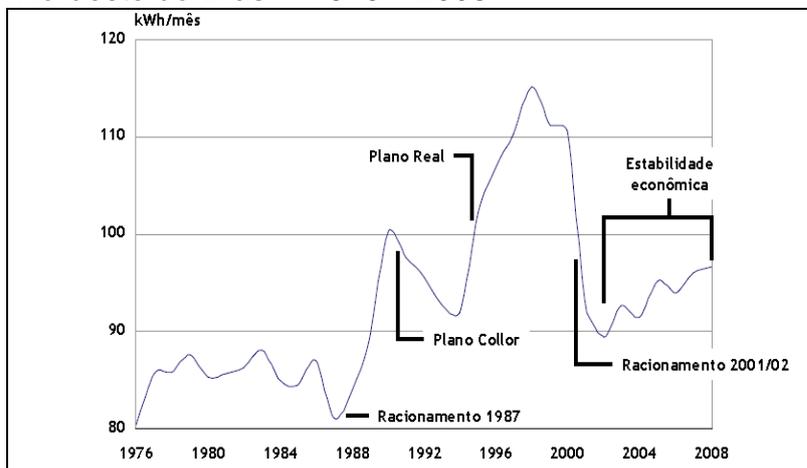


Fonte: Adaptado do IBGE, 1992 a 2010.

Conforme Teixeira (2011), no Brasil, em 2009, os maiores consumidores de energia por setor foram as indústrias (34,6%), setor de transportes (28,3%) e o setor residencial (10,5%). O País se destaca nas fontes renováveis em função da energia hidráulica e da biomassa: produtos derivados da cana, o bagaço e o etanol, que atualmente vêm substituindo parte do consumo da energia do petróleo.

Na Figura 30, temos uma relação de consumo na Região Nordeste, entre os anos 1976 a 2008. É feita uma relação do consumo de energia elétrica com os planos econômicos. O crescimento de energia neste período foi de 80 kWh/mês a 115 kWh/mês. Observa-se que, durante a estabilidade econômica, o consumo aumentou (BRASIL, 2008).

Figura 30 – Consumo de energia elétrica na Região Nordeste do Brasil - 1976 – 2008.



Fonte – BRASIL, 2008.

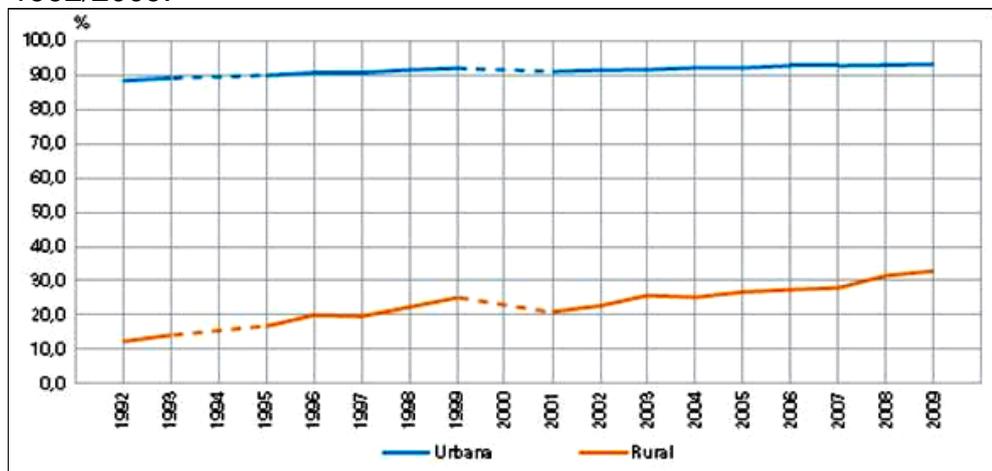
2.1.9.4.4 O consumo de água tratada

O serviço de abastecimento de água através de rede geral no Brasil cresceu nas últimas décadas na zona urbana. Assim como o sistema elétrico, este serviço é mais presente nas cidades e nos bairros mais ricos.

Nas áreas urbanas, os percentuais de população abastecida pela rede geral de água são mais elevados na Região Sudeste (97,1%), seguida pelas Regiões Sul (95,3%); Norte (93,1%); Nordeste (92,0%); e Centro-Oeste (91,6%), conforme a pesquisa do IBGE (2012g).

Segundo o IBGE¹² (2012), em todo o País, melhorou consideravelmente o percentual da população com abastecimento de água tratada, alcançando 93,1% na zona urbana e 32,8% na zona rural, como mostrado na Figura 31.

Figura 31 – Abastecimento de água de acordo com a rede geral em relação à população total, por situação do domicílio - % – Brasil – 1992/2009.



Fonte – IBGE, 1992 a 2009.

Em pesquisa recente, Onofre (2011) analisou e correlacionou a geração de resíduos domiciliares com o consumo de água *per capita* na cidade de João Pessoa – PB. Foram estudadas residências, as quais possuem o mesmo padrão socioeconômico, e, de acordo com a FGV, foram consideradas de classe A (alta e média-alta).

¹² Cf. IBGE, 2012f, 2012g, 2012i.

Os resultados do estudo do Onofre (2011) mostraram ser possível estimar a quantidade de RSD – resíduos sólidos domiciliares com suporte em indicadores de consumo de água.

Na Equação 2, desenvolvida com base em partir de uma análise de regressão, chega-se ao seguinte modelo matemático para a estimativa de massa do RSD gerado com coeficiente de determinação $r^2 = 0,666$. A variável dependente foi à massa de RSD e as variáveis independentes foram a população e o consumo de água.

$$\text{MRSD} = 0,558\text{POP} + 1,19\text{CA} + 0,367 \quad (2)$$

sendo

MRSD = Vazão Mássica de RSD (kg/ dia);

POP = População das residências (hab.); e

CA = Consumo de Água (m^3/dia).

O uso da correlação entre a geração de resíduos e o consumo de água tratada foi utilizado como forma de cobrança pela Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR, em 2008; todavia o Ministério Público do Paraná, em 2009, a considerou inconstitucional, pois, segundo o Órgão, não poderia haver cobrança de dois serviços de natureza diversa, ferindo o Código do Consumidor. Permitiria, no entanto, uma opção: caso o consumidor autorizar expressamente a cobrança conjunta (ONOFRE, 2011).

2.2 Indicadores de sustentabilidade

À medida que a população e o consumo aumentam, a questão ambiental exige soluções novas e cada vez mais influência o planejamento e a tomada de decisão. Nas últimas décadas, verificamos um aumento considerável de conscientização no que concerne às questões ambientais no Brasil.

A excessiva produção de resíduos sólidos decorrente dos avanços da economia mundial que implica a utilização acentuada dos recursos naturais e os impactos decorrentes exigiu a necessidade de soluções e daí surge o conceito de

desenvolvimento sustentável, que, conforme Amorim e Cândido (2010), como propósitos o equilíbrio do bem-estar ecológico, o crescimento econômico e a equidade social.

A dicção ‘desenvolvimento sustentável’ surgiu em 1980 e foi consagrada, sete anos após, pela Comissão Brundtland, no relatório *Our Common Future*, resultado da Assembleia Geral das Nações Unidas e da Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento. A expressão desenvolvimento sustentável foi definida como a que “*atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atenderem as suas*”. Ou seja, é um processo de transformação, onde há a necessidade de se harmonizar a exploração dos recursos naturais com a direção dos investimentos e o desenvolvimento tecnológico, a fim de atender às futuras gerações em suas necessidades (IBGE, 2012i).

No caminho para a sustentabilidade, cada setor (sociedade, governo e empresas) deve assumir a sua responsabilidade na formação de um novo modelo de crescimento; um crescimento com um desenvolvimento, mas, que seja sustentável. Desta forma, os sistemas da gestão ambiental são bons exemplos da incorporação da questão ambiental à cultura das organizações.

Com o aprofundamento do conceito de desenvolvimento sustentável, percebeu-se que indicadores como o PIB não permitiam avaliar o grau de sustentabilidade, principalmente quanto à qualidade de vida. Estabeleceu-se, pois, a necessidade de aplicação do conceito de desenvolvimento sustentável por intermédio de instrumentos de mensuração de indicadores e índices, sendo esse o maior desafio.

Os indicadores ajudam a sintetizar um grande número de informações técnicas, definir quais temas são prioritárias, as condições atuais e a evolução das condições. Identifica problemas, estabelecem objetivos e metas, medem e divulgam informações. Não se deve esquecer, contudo, que têm suas limitações, devido ser uma síntese da realidade.

Os indicadores, segundo o OECD¹³ (1993), são como parâmetros que apontam e fornecem informações sobre o estado de um fenômeno. Eles são ferramentas essenciais ao planejamento ambiental e, com base neles, se obtém o diagnóstico da situação atual, necessário ao direcionamento de políticas públicas.

O objetivo dos indicadores, para Bellen (2006), é agregar e quantificar informações de maneira simplificada sobre fenômenos complexos para tornar a comunicação de fácil leitura e quantificável. Devem ser analiticamente legítimos e constituídos por meio de uma metodologia coerente de mensuração. Por isso há necessidade de se desenvolver ferramentas, mediante de indicadores, com vistas a mensurar a sustentabilidade.

Polaz e Teixeira (2007) explicam de forma sucinta o papel dos indicadores de sustentabilidade.

- Organizar e sistematizar informações.
- Facilitar a avaliação do grau de sustentabilidade das sociedades.
- Definir metas.
- Monitorar as tendências.
- Detectar problemas.
- Auxiliar a elaboração de políticas públicas.
- Simplificar estudos e relatórios.
- Assegurar a compatibilidade entre as diferentes épocas e regiões.

Os indicadores relacionam um ou mais dados, e os índices são parâmetros que medem cada indicador, atribuindo valores numéricos. Todos estão hierarquizados por via de uma pirâmide, baseado nos dados primários até alcançar os índices, de acordo com a Figura 32 (HAMMOND *et. al.*, 1995).

¹³ OECD - Organização para a Cooperação Econômica e Desenvolvimento (Organization for Economic Cooperation and Development). É uma organização econômica internacional de 34 países, fundada em 1961 para estimular o progresso econômico e do comércio mundial.

Figura 32 – Pirâmide de hierarquização.



Fonte: Adaptado de Hammond *et al.*, 1995.

Hammond *et al.*,(1995) consideram que os indicadores possuem dois propósitos que se definem: indicadores que servem para quantificar e indicadores a fim de sintetizar as informações. O primeiro propósito é mais abrangente e o segundo serve para simplificar a comunicação. Mesmo que os indicadores sejam frequentemente exibidos em dados estatísticos ou graficamente, cuja base são os dados primários, derivados do monitoramento e da análise, de dados, todavia representam um modelo empírico da realidade, não a própria realidade. Eles cumprem a função social de melhorar a comunicação e servem para tomadas de decisões. Para isso existe a necessidade de comparabilidade da maneira como são formulados e calculados. Se, cada nação calcular o PIB, por exemplo, de maneira diferente, este indicador será de pouco valor.

Gallopín (1996) considera que os indicadores são variáveis e podem ser qualitativo (nominal) ou quantitativo (variável ordinal).

Uma variável é uma representação ou imagem de um atributo. Por sua vez, um atributo pode se referir a uma característica, qualidade ou propriedade de um sistema (BELLEN, 2006).

Os indicadores mais importantes são os que simplifiquem as informações relevantes, mais explicáveis, mensuráveis e que se comuniquem ações relevantes, sobretudo quanto à degradação ambiental.

As características que os indicadores devem ter para serem aplicados nas políticas públicas, comentadas por Hammond *et al.*,(1995), são as que estão na sequência.

- Devem ser úteis para seu público-alvo e transmitir informação que é significativo para tomadores de decisão e sejam compreensíveis.
- Devem ser criados para refletir a intuição que uma sociedade pretende alcançar.
- Úteis para serem utilizados em decisões políticas, tecnicamente relevantes, em direção a objetivos de política nacional.
- Altamente agregados. Os indicadores podem ter muitos componentes, mas os índices finais devem ser numéricos para que os tomadores de decisão possam absorvê-los.

Os indicadores podem ser ainda utilizados para:

- medições diretas - dados ou informações básicas;
- medições relativas - dados ou informações comparados a outro parâmetro;
- medições indexadas - dados ou informações descritas convertidas para unidades ou para um padrão estabelecido; e
- medições ponderadas - dados ou informações descritas modificadas pela aplicação de um fator relacionado à sua significância.

Ultimamente, vários são os conceitos e classificações (taxonômicas) relativos aos indicadores ambientais. Quiroga Martinez (2007) argumenta quais as diferenças desses termos, aparentemente idênticos:

- indicadores ambientais – podem representar o estado do ambiente (que não é o mesmo que a sustentabilidade ambiental), o quanto há de determinado recurso natural e qual a qualidade do mesmo. Isso não necessariamente indica que essa quantidade de floresta ou essa qualidade de água seja sustentável. Mesmo que não sustentável, permanece sendo um indicador ambiental válido, ou uma estatística ambiental, se estiver discorrendo mais de um dado básico;
- indicadores de sustentabilidade – requerem mostrar uma mudança no tempo na capacidade de manter-se ou de aumentar; e
- indicadores de desenvolvimento sustentável – requerem apresentar um progresso: a) no desempenho do desenvolvimento (por exemplo, diminuição da pobreza) e b) na sustentabilidade do desenvolvimento.

Outra tipologia do ponto de vista cronológico também é expressa por Quiroga Martinez (2007) e publicada pela CEPAL e as Nações Unidas – ONU, que diferencia em três períodos:

- indicadores ambientais ou de sustentabilidade ambiental de primeira geração (1980 - presente);
- indicadores de desenvolvimento sustentável ou de segunda geração (1990 – presente); e
- indicadores de sustentabilidade ou de terceira geração (atual desafio).

2.2.1. Norma internacional ISO 14031

A International Organization for Standardization (ISO) na Norma Internacional ISO 14031 de 2004 - Gerenciamento Ambiental – Avaliação de Desempenho Ambiental – Diretrizes, propõe duas categorias de indicadores: indicadores de desempenho ambiental (IDA) e Indicadores de condições ambientais (ICA). Os primeiros são classificados em Indicadores de desempenho gestão (IDG) e

indicadores de desempenho operacional (IDO) (PHILIPPI JR; MALHEIROS; AGUIAR, 2005).

No Brasil, a Norma Brasileira da ABNT NBR ISO 14031 foi validada em 2004. O principal propósito desta norma é definir o processo e a ferramenta da gestão interna. Com essa ferramenta, verifica-se o desempenho ambiental de uma organização está adequado aos critérios pela administração da organização. A ADA¹⁴ pode auxiliar a organização na identificação dos aspectos ambientais, determinação dos aspectos significativos e estabelecimento de critérios para seu desempenho ambiental (ABNT NBR ISO 14031, 2004).

Os indicadores de condições ambientais (ICA) fornecem dados quanto à qualidade ambiental local. Os indicadores de desempenho da gestão (IDG) disponibilizam informações sobre as práticas da gestão que influenciam no desempenho ambiental e os indicadores de desempenho operacional (IDO) sobre as operações do processo produtivo que interferem no desempenho ambiental. A Figura 33 mostra a classificação dos indicadores de desempenho ambiental (IDA).

Figura 33 – Classificação dos Indicadores de Desempenho Ambiental (IDA).

Categoria	Tipo	Exemplos de indicadores
Indicador de Desempenho Ambiental (IDA)	Indicador de Desempenho Operacional (IDO)	Consumo relativo de energia
		Consumo relativo de água
		Geração relativa de resíduos sólidos
		Consumo relativo de matéria-prima
	Indicador de Desempenho de Gestão (IDG)	Quantidade de ocorrências ambientais
		Percentual de metas atingidas
Indicador de Condição Ambiental (ICA)	Concentração de um contaminante específico na água, ar ou solo	
	Número total de espécies da fauna em uma área local definida	

Fonte: ABNT NBR ISO 14031, 2004.

¹⁴ ADA - Avaliação de Desempenho Ambiental.

A Norma da ABNT NBR ISO 14031 (2004) faz considerações para a seleção de indicadores para a ADA, dentre os quais se destacam os critérios:

- coerentes com a política ambiental da organização;
- apropriados ao desempenho operacional e gerencial;
- úteis para medir o desempenho ambiental da organização;
- mensuráveis em unidades apropriadas ao desempenho ambiental; e
- capazes de fornecer sobre as tendências atuais ou futuras do desempenho ambiental.

Além disso, a Norma da ABNT NBR ISO 14031 (2004) descreve as etapas quanto ao uso de dados e informações para avaliar o desempenho ambiental, conforme o Anexo A.

Para o caso dos resíduos sólidos, a Norma ABNT NBR ISO 14031 (2004) instrui sobre os indicadores de desempenho operacional (IDO):

- quantidade de resíduos por ano ou por unidade de produto;
- quantidade de resíduos perigosos, recicláveis ou reutilizáveis produzidos por ano;
- quantidade de resíduos armazenados no local;
- quantidade de resíduos controlados por licenças;
- quantidade de resíduos perigosos eliminados devido à substituição do material;
- quantidade de resíduos convertidos em material reutilizável por ano;
- e
- quantidade de resíduos para disposição.

2.2.2 Indicadores de desempenho ambiental

Indicadores de desempenho ambiental, ou simplesmente indicadores ambientais, propiciam a melhoria no sistema da gestão e refletem o estado atual do

meio ambiente, a fim de fundamentar a tomada de decisão nos níveis local, regional e nacional, podendo ser, portanto, indutores de políticas públicas mais eficazes.

Os indicadores de desempenho ambiental exprimem, conforme os autores Bitar e Braga (2012), a situação dos recursos ambientais (meios físico, biótico e antrópico). Já os indicadores de desenvolvimento sustentável, ou indicadores de sustentabilidade ambiental, são bem mais amplos, pois extrapolam os indicadores ambientais, importando-se também com os aspectos sociais e econômicos.

A utilização de indicadores de desempenho ambiental confiáveis e a disseminação de indicadores de ecoeficiência são medidas necessárias para conferir transparência.

Entretanto, a formulação e a escolha a seleção de indicadores, entretanto, são relativamente complexas e de aplicação normalmente restrita, em razão de vários fatores, como: os conceitos de desenvolvimento sustentável e sustentabilidade, grau de objetividade, grau de complexidade destes indicadores, interdependência das condições ambientais, sociais, econômicas dentre outras.

Os indicadores de meio ambiente estão estreitamente associados aos métodos de produção e consumo; refletem, frequentemente, intensidades de emissões ou de utilização dos recursos e suas tendências e evoluções dentro de um determinado período. Servem, também, para evidenciar os progressos realizados, visando a dissociar as atividades econômicas das pressões ambientais correspondentes.

Estes indicadores devem ser utilizados por todos aqueles que necessitem de informações para orientação de políticas públicas, projetos, gerenciamento ambiental, especialmente no plano local, assim como para alimentar as bases de dados globais e conceder informações ao público em geral e a comunidades.

O uso adequado de indicadores de desenvolvimento ambiental facilita a compreensão entre os fatores indutores e causadores dos problemas ambientais,

com vistas a encaminhar soluções prioritárias (PHILIPPI JR; MALHEIROS; AGUIAR, 2005).

2.2.3 Modelos de sistemas de avaliação ambiental integrada

Em virtude da grande variedade de dados e da complexidade observada nas múltiplas relações ou abordagem integrada que ocorrem, essas informações nem sempre podem ser aplicadas. Por exemplo, a obtenção do índice de qualidade da água para fins de abastecimento público, a depender do grau detectado, geralmente não é suficiente para obter melhorias no tratamento. Necessita-se também dos fatores que determinam essa condição, como a quantidade de pontos de lançamento de efluentes de esgotos sanitários e industriais a montante da captação. Também é importante saber as implicações do estado alterado do corpo hídrico, o número de casos de doenças de veiculação hídrica, bem como os pontos de disposições irregulares de resíduos sólidos urbanos e industriais. Acrescentamos a necessidade do montante de custeio, como, por exemplo, os gastos associados à rede ambulatorial e hospitalar (BITAR; BRAGA, 2012).

2.2.3.1 Modelos com base na estrutura de análise P.E.R.

Em 1991, a recomendação do Conselho da OECD sobre a criação de indicadores e informações ambientais foi aprovada pelos Ministérios de Meio Ambiente e Governos de seus Países-Membros, constituindo, desde então, mediante suas publicações regulares, uma grande fonte de indicadores ambientais para os países que fazem parte dessa instituição.

A utilização desta ferramenta teve início no final da década de 1980, no Canadá e em alguns países da Europa. A Agência Europeia do Ambiente (AEA) foi a pioneira na implantação, desenvolvendo um conjunto de trabalhos e estimulando a sistematização e comparabilidade da informação nos diversos países abrangidos por sua ação, procurando ainda criar sinergias com outros organismos, como a EUROSTAT¹⁵ e a OECD.

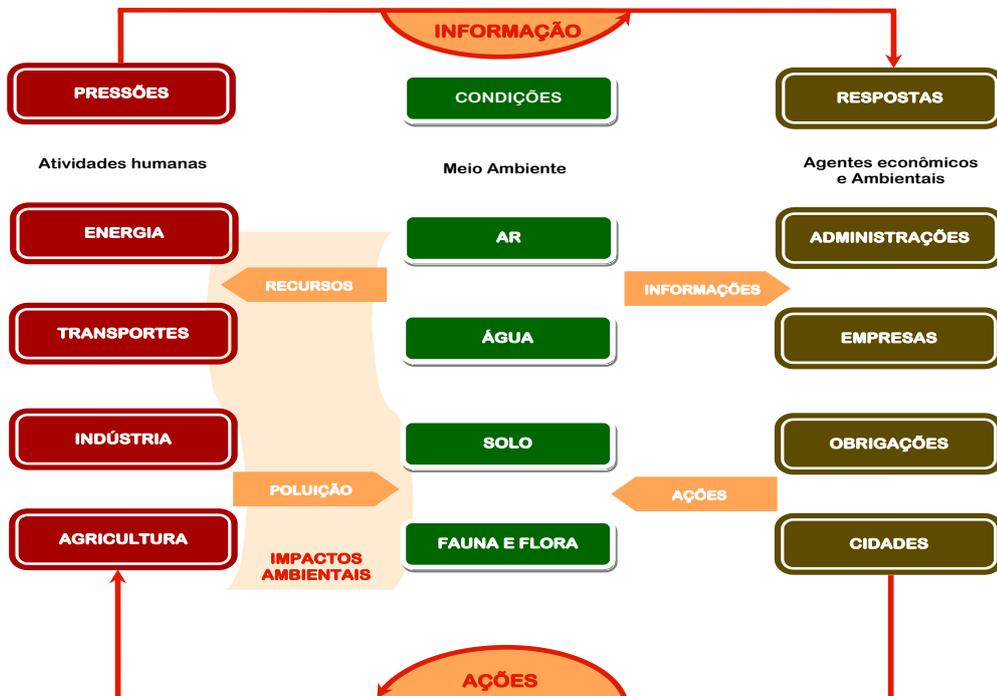
¹⁵ **EUROSTAT** é um organismo da Comissão Europeia, localizada em Luxemburgo. Tem como principal atribuição fornecer informações estatísticas para as instituições da União Europeia (EU) e promover a harmonização dos métodos estatísticos entre os seus Estados – Membros.

Primeiramente, a OECD desenvolveu um modelo para indicadores ambientais, conhecido como modelo PER (Pressão – Estado - Resposta). Essa estrutura decorre da necessidade e de encontrar respostas pela sociedade e governos em relação às situações ambientais (BITAR; BRAGA; 2012).

- O que está acontecendo com o meio ambiente? (Estado).
- Porque está acontecendo? (Pressão).
- O que se está fazendo ou quais as ações? (Resposta).

Nesse modelo, as pressões sobre o meio ambiente são aquelas causadas pelas ações antrópicas. O Estado é medido por indicadores que captem as condições observadas no meio ambiente. A Resposta busca as medidas que estão sendo tomadas para melhoria, manutenção e reversão do quadro encontrado, mensurado por indicadores que representam Respostas para solucionar o problema (MALHEIROS; COUTINHO; PHILIPPI JR., 2012). A Figura 34 ilustra bem esse modelo PER, adotado também pelo IBGE.

Figura 34 – Modelo PER com as três dimensões da informação.



Fonte: Fonte: Rodrigues, F.A.; São Thiago, L.E., 2008.

Em razão de necessidade de uma melhor caracterização de avaliação dos impactos gerados pela urbanização sobre o meio, em 1993, a OECD introduziu mais um componente 'I' - impacto no modelo de desenvolvimento, criando o modelo PEIR. O PEIR age nas 5 dimensões: social; ambiental; territorial; econômica e política. Foram propostos, ainda, modelos decorrentes do PER e estes modelos estão no Anexo B.

É importante ressaltar que os indicadores ambientais estão associados à sua utilização como instrumento de planejamento e gestão dos espaços urbanos e rurais, servindo para o melhor aproveitamento dos recursos naturais e também como medida preventiva de degradação ambiental e de consequentes prejuízos econômicos para sua reparação.

Segundo Claude e Pizarro (1996), os critérios de escolha dos indicadores devem levar prioritariamente em consideração os seguintes elementos:

- a realidade ecológica, assim como o uso dos recursos naturais de cada região, deverá ser o prerequisite para a escolha dos indicadores a serem empregados na área em análise, pois devem ser representativos da situação do ambiente avaliado e das pressões exercidas sobre ele; e
- os indicadores devem estar baseados em parâmetros fáceis de coletar e ser sensíveis a mudanças espaciais e temporais.

Os indicadores são elementos utilizados para avaliar o desempenho de políticas ou processos com o maior grau de objetividade possível. Realçam a idéia de conjunto dos indicadores ambientais pode fornecer uma síntese das condições ambientais, das pressões sobre o meio ambiente e das respostas encontradas pela sociedade para mitigá-las.

É importante ressaltar o incentivo do aparecimento de indicadores de desenvolvimento sustentável, pela Agenda 21, como busca de uma decisão em todos os níveis - sociais, econômicos e ambientais. Estes podem ser utilizados para o monitoramento e adoção de políticas públicas e ações diretamente ao

desenvolvimento sustentável, já que o PIB, os fluxos de poluição e o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), direcionados exemplos, não conseguem sozinhos elucidar a realidade e a tendência futura (PHILIPPI JR; MALHEIROS; AGUIAR, 2005).

2.2.4 Indicadores socioeconômicos

Os indicadores socioeconômicos expressam relação estreita entre saneamento e saúde. Verificam-se, por exemplo, diversas interfaces da gestão de recursos hídricos com setores dependentes de água de boa qualidade, indispensável à promoção da saúde pública; também a correlação entre o IDH e os serviços de saneamento, demonstrada pela análise conjunta de indicadores sociais e os serviços de saneamento no Brasil (LIMA, 2012).

Veiga (2010) chama a atenção para o Relatório da *Commission on the Measurement of Economic performance and Social Progress*, ao exprimir que existem três problemas bem distintos quanto às análises sobre indicadores dos últimos 40 anos. Uma coisa é medir o desempenho econômico, a outra é mensurar a qualidade de vida ou bem-estar e a terceira é medir a sustentabilidade do desenvolvimento. O relatório ainda observou a primordialidade de que:

1. o PIB ou Produto Nacional Bruto (PNB) deve ser inteiramente substituído por uma medida bem precisa de renda domiciliar disponível, e não de produto;
2. a qualidade de vida só pode ser medida por um índice composto bem sofisticado, que incorpore até mesmo as recentes descobertas desse novo ramo que é a economia da felicidade; e
3. a sustentabilidade exige um pequeno grupo de indicadores físicos, e não de malabarismos que artificialmente tentam precificar coisas que não são mercadorias.

Em outras palavras, o Relatório propõe a superação da contabilidade produtivista, a abertura do leque da qualidade de vida e todo o pragmatismo possível com a sustentabilidade (VEIGA, 2010).

2.2.5 Indicadores de resíduos sólidos

A constituição dos indicadores de resíduos sólidos deve dar respostas sobre mudanças nos padrões de consumo e de produção, e de que forma estão alinhados aos princípios do desenvolvimento em bases sustentáveis.

O desenvolvimento de sistemas de indicadores que agreguem o binômio *resíduos-sustentabilidade* é uma ferramenta estratégica e desconhecida na gestão pública. Na prática, os programas governamentais são concebidos para um horizonte de curto prazo e sem sustentabilidade (POLAZ; TEIXEIRA, 2008).

Campos (2012) considera que os resíduos sólidos podem ser importante indicador socioeconômico, tanto pela sua quantidade como por sua tipologia. Baseia-se pelos dados dos indicadores de geração *per capita* de resíduos sólidos urbanos que são superiores quando vêm de origem das famílias abastadas, em cidades maiores e nos países mais ricos.

2.2.5.1 Indicadores oficiais de resíduos sólidos nacionais

Diversas são as propostas de apresentação de indicadores de resíduos sólidos. No Brasil, destacam-se do ponto de vista oficial os indicadores propostos pelo IBGE e pelo Ministério das Cidades, dentro do Programa de Modernização do Setor de Saneamento - PMSS, que traz uma série de indicadores utilizados para o diagnóstico situacional dos sistemas de serviços básicos no País (POLAZ, 2008). Reforça-se a importância de os organismos públicos de terem de informações qualitativas e quantitativas de indicadores de sustentabilidade ambiental.

2.2.5.1.1 Indicadores publicados pelo IBGE

A lista dos indicadores de desenvolvimento sustentável publicada pelo IBGE (2012i) segue o marco ordenador proposto pelo o CDS¹⁶, organizada em quatro dimensões - ambiental, social, econômica e institucional. A dimensão ambiental se refere ao uso dos recursos naturais e à degradação ambiental, e está organizada nos temas: atmosfera; água doce; oceanos, mares e áreas costeiras; biodiversidade e saneamento. No tema saneamento reúne os indicadores de abastecimento de água, esgotamento sanitário, coleta e destino final de lixo. Estes indicadores são organizados em fichas, contendo a definição do indicador, a descrição de sua construção, as fontes de dados utilizadas, eventuais comentários metodológicos, uma lista de indicadores relacionados e os comentários sobre indicadores.

2.2.5.1.2 Indicadores publicados pelo Ministério das Cidades

O Ministério das Cidades disponibiliza um banco de dados denominado de Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), constituído de dados anuais para todo o setor de saneamento do Brasil.

Para o setor de resíduos sólidos, foi constituída e sistematizada uma metodologia de trabalho, com uma série histórica desde 2002, que cobre as diversas fases do processo de coleta, tratamento, organização e armazenamento. O SNIS tem boa representatividade da amostra em termos do porte populacional dos municípios. Assim, embora se reconheça o fato de que um País imenso com diversidades culturais, econômicas e sociais, como o Brasil, exija estudos regionais mais detalhados relacionados ao manejo, é possível estimar algumas projeções baseadas nos indicadores da amostra do SNIS. A metodologia de pesquisa do SNIS tem como amostra os dados coletados anualmente, em órgãos municipais encarregados da gestão do manejo de resíduos sólidos nos municípios. Os municípios tem participação voluntária.

¹⁶ CDS – Comissão de Desenvolvimento Sustentável da ONU.

2.2.5.2 Outros indicadores publicados

Entre diversas aplicações e desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade para a gestão de resíduos sólidos urbanos, destacam-se a da ABRELPE e a de Milanez, que foi aplicada no Município de São Carlos-SP, e indicadores de gerenciamento de resíduos sólidos para a América Latina.

2.2.5.2.1 Publicação da ABRELPE

A ABRELPE, anualmente, publica, desde 2003, O Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. Essa é uma das mais completas publicações sobre indicadores no Brasil e é disponível a todos os pesquisadores.

A metodologia utilizada é feita com levantamento de dados sobre os RSU, junto aos municípios e empresas, mediante a aplicação de um questionário. Os resultados são divididos conforme as regiões e estados e subdivididos por categorias e tipos de resíduos.

2.2.5.2.2 Proposição de Milanez

Milanez (2002) propôs 12 indicadores de sustentabilidade para a gestão de resíduos sólidos urbanos no Município de São Carlos – SP. Na seleção dos indicadores, o Pesquisador escolheu aqueles que teriam princípios norteadores específicos para os RSU. Entre estes se encontram: coerência com a realidade, clareza, relevância, facilidade para definir metas, consistência científica e confiabilidade da fonte, sensibilidade temporal, participativo e capacidade de síntese. No Anexo C, apresenta-se a proposta à gestão de RSU para São Carlos-SP.

2.2.5.2.3 Indicadores a serem utilizados na América Latina

Outro trabalho relevante sobre indicadores para gerenciamento de serviço de limpeza pública a serem utilizados na América Latina foi proposto pelos

pesquisadores Paraguassu de Sá e Rojas Rodríguez (2002). Eles dividiram os indicadores de resíduos sólidos em

- Indicadores Gerais.
- Indicadores Operacionais.
- Indicadores Financeiros.
- Indicadores Comerciais.
- Indicadores de Qualidade.
- Indicadores de Custo.
- Indicadores de Segurança.

Nesta pesquisa, destacam-se os principais indicadores de resíduos sólidos que deveriam ser utilizados no Brasil, como mostrado no Anexo D.

2.3 Métodos estatísticos

A Estatística está interessada nos métodos científicos para a coleta, organização, resumo, apresentação e análise de dados, utilizando-se das teorias probabilísticas, tendo como objetivo a compreensão de uma realidade específica para a tomada de decisão (SPIEGEL,1972). A estatística pode ser dividida em Estatística descritiva e Estatística inferencial ou indutiva.

A Estatística descritiva ou exploratória tem como objetivo tornar mais compreensível a interpretação dos dados observados (SILVA, 2001). É a parte que procura os melhores métodos para coletar, ordenar e sumariar um conjunto de dados. Divide-se em medidas de tendência central e medidas de dispersão.

Na Estatística inferencial, é possível tirar conclusões acerca da população usando informação de uma amostra, sem que seja necessário proceder a um recenseamento de toda a população.

2.3.1 Medidas de estatísticas descritivas

Segundo Morais (2005), as medidas da tendência central são indicadores que permitem se ter a primeira ideia do modo como se distribuem os dados de uma experiência, informando sobre o valor (ou valores) da variável aleatória.

As medidas de Estatística descritiva, designadas por parâmetros quando se referem à população e por estatísticas quando se referem às amostras, permitem sintetizar os dados da população ou da amostra por meio de um só valor (MORAIS, 2005).

Na Estatística descritiva, estudam-se as medidas de localização ou de tendência central utilizada para a amostra, que são a média aritmética, a moda e a mediana. Já as medidas de dispersão ou de variabilidade indicam como os valores estão agrupados e para isso se utilizam a variância, o desvio-padrão e os limites, também conhecidos como amplitudes (SPIEGEL,1972).

2.3.1.1 O *boxplot*

Por intermédio do *boxplot*, também conhecido como diagrama de caixa, pode-se observar como as variáveis estão distribuídas em relação à homogeneidade dos dados, valores de tendência central, valores máximos e mínimos e valores atípicos, se existirem. O diagrama é utilizado para mostrar mediana, espalhamento e intervalo interquartil dos dados. Quando a caixinha (*box*) é muito 'pequena', significa que os dados são muito concentrados em torno da mediana, e, se a caixinha for 'grande', quer dizer que os dados são mais heterogêneos.

Segundo Motta e Oliveira Filho (2009), o *boxplot* tem como objetivo expressar informações sobre o conjunto de dados ou os indicadores selecionados, de forma compactada. Nela, verifica-se a mediana por meio da linha central, os quartis inferior e superior com percentis 25 e 75, determinando a altura da caixa, com valores máximo e mínimo da distribuição. Estas são as linhas que se projetam para fora da caixa, e qualquer valor que esteja fora dos limites internos é denominado de valor extremo ou *outlier* (atípico).

Os *outliers* são valores extremamente elevados ou baixos e indicam que os dados podem estar incorretos, sendo identificados por um círculo fora do gráfico.

O diagrama de *boxplot* pode informar se a distribuição dos dados tem simetria; isso decorre da percepção das distâncias entre o quartil inferior (1^o quartil) e o quartil superior (2^o quartil). Caso haja discrepância nos valores de distância, os dados serão considerados assimétricos e, se o contrário, serão simétricos.

A avaliação de dados discrepantes é fundamental em qualquer análise exploratória de dados, pois tais valores podem fornecer informações importantes ou afetar intensamente algumas estatísticas, como a média e o desvio-padrão, como também pode distorcer a distribuição dos dados amostrais, comprometendo, assim, testes estatísticos que dependam destas características (TRIOLA, 2008).

2.3.2 Medidas de inferências estatísticas

As medidas para a resolução dos problemas de acordo com Reis *et al.*, (2006), estão na sequência.

- a) Identificação do problema ou situação.
- b) Recolha de dados ou revisão bibliográfica.
- c) Crítica dos dados ou definição das hipóteses.
- d) Apresentação dos dados com definição das variáveis.
- e) Análise e interpretação dos resultados.

Na análise crítica dos dados pode-se utilizar o Teste de Aderência para averiguar se a distribuição dos dados podia ser assumida igual à distribuição normal por via do Teste de Shapiro-Wilk (S-W).

Os testes de aderência comparam os valores dos escores (variável) de uma amostra a uma distribuição normal de mesma média e variância dos valores amostrais. Assim, se o teste é não significativo ($p \geq 0,05$), ele informa que os dados da amostra não diferem significativamente de uma distribuição normal, isto é,

provavelmente, apresenta a forma desta distribuição. Caso contrário, a distribuição é significativamente distinta da distribuição normal (FIELD, 2009; TRIOLA, 2008).

O Teste de Shapiro-Wilk baseia-se na máxima diferença entre a distribuição acumulada da amostra e a distribuição acumulada esperada. Se o valor calculado de W é estatisticamente significativo (para $p = 0,05$), rejeita-se a hipótese de que a distribuição estudada é normal; ou seja, para a distribuição ser considerada normal, o valor de p deve ser maior do que 0,05.

De acordo com Pestana e Gageiro (2008), o Teste de Shapiro-Wilk é o mais preciso para identificar se os dados são ou não originários de uma distribuição normal.

2.3.2.1 Análise multivariada

Na visão de Pereira (2004),

A análise multivariada é um vasto campo do conhecimento que envolve uma grande multiplicidade de conceitos estatísticos e matemáticos, que dificilmente pode ser perfeitamente dominada por pesquisadores de outros campos de conhecimento, já que isso os afastaria de seu mister principal.

Seus principais objetivos são

- 1 Encontrar a relação casual entre as variáveis (dependentes e independentes).
- 2 Estimar os valores da variável dependente a partir dos valores conhecidos ou fixados das variáveis independentes.

Somente as técnicas de Estatística multivariada permitem que se explore o desempenho conjunto das variáveis e se determine a influência ou importância de cada uma, estando as demais presentes.

2.3.2.2 Medidas por meio da Correlação de Pearson

O estudo de Correlação de Pearson é uma forma de medir quanto de que maneira se relacionam duas variáveis, com ajuda de um gráfico de dispersão e de um coeficiente de correlação linear. Esse estudo mede a intensidade da associação linear entre duas variáveis, de caráter quantitativo, e que mostrem uma relação de causa e efeito. É utilizado quando envolve valores numéricos (variáveis quantitativas).

O diagrama de dispersão é um gráfico bidimensional, por meio do qual se pode analisar a relação das variáveis em estudo, ou seja, qual alteração se deve esperar em uma das variáveis, como consequência de alterações experimentadas pela outra variável. Ao se fazer o gráfico, deve-se definir a variável que será representada no eixo x (causa) e y (efeito). Como as conclusões tiradas dos gráficos de dispersão tendem a ser subjetivas, são necessários métodos mais precisos e objetivos. Então se utiliza o coeficiente de correlação linear para detectar padrões lineares.

A correlação mede a força do relacionamento entre duas variáveis em termos relativos. O conceito de correlação não implica causa e efeito de uma variável sobre a outra, mas somente o relacionamento matemático entre elas.

Somente existe associação positiva entre as variáveis quando valores baixos ou altos da variável x correspondem também a valores baixos ou altos da variável y, respectivamente. No caso de uma associação negativa, valores baixos de uma variável correspondem a valores altos da outra; e a valores altos de uma, valores baixos da outra. Quanto mais próximo de 1, menor dispersão e mais forte a dependência ou grau de relacionamento entre duas variáveis.

2.3.2.3 A Técnica da Regressão Múltipla

A equação de regressão é o exemplo mais amplamente conhecido de uma variável estatística entre as técnicas multivariadas. É em geral usada para

analisar a relação entre uma só variável dependente e diversas variáveis independentes.

A regressão é um procedimento bastante confiável e, mesmo diante de pequenas violações dos pressupostos, o teste pode ser utilizado. Quando, entretanto, os pressupostos forem seriamente violados, deverão ser usados procedimentos especiais. Os modelos de regressão trazem como pressupostos básicos os que vêm em sequência.

- ✓ Linearidade.
- ✓ Independência dos resíduos.
- ✓ Homocedasticidade.
- ✓ Normalidade dos resíduos.

Para obter a certeza de que existe validade no modelo proposto com os indicadores escolhidos (variáveis independentes), utiliza-se o Teste de Variância (ANOVA).

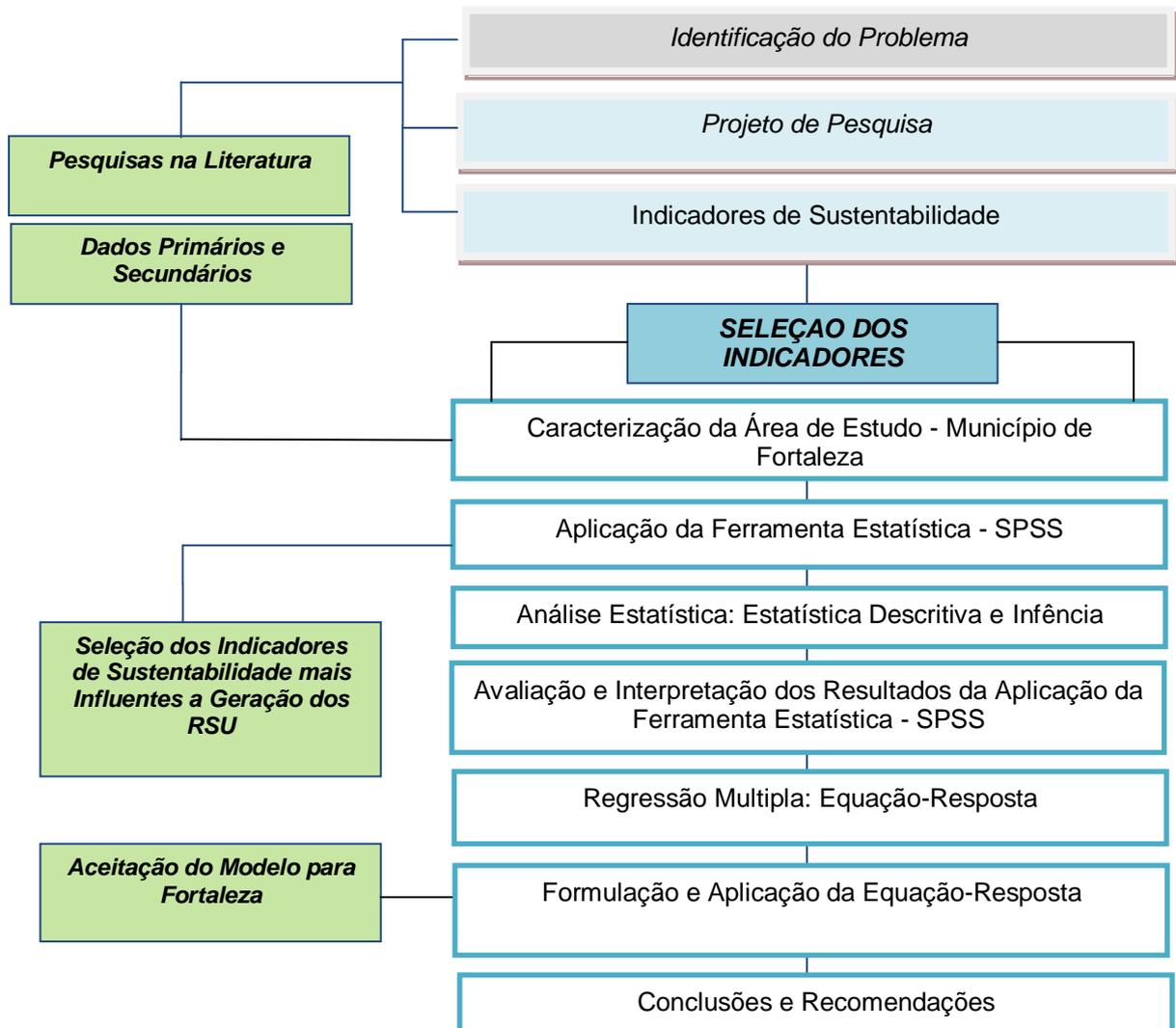
A análise de variância é um teste paramétrico e serve para comparar médias de três ou mais conjuntos de dados amostrais. No seu desenvolvimento, a hipótese de que as médias de tais conjuntos não apresentam diferença significativa é avaliada. Conseqüentemente, caso a probabilidade (significância) de haver diferenças casuais nas médias seja relativamente pequena, diz-se que o teste é significativo, ou seja, há diferenças significativas nas médias comparadas (ROSS, 2004; FIELD, 2009; HELSEL; HIRSCH, 2002).

3 METODOLOGIA

Este capítulo tem como objetivo exprimir a metodologia de pesquisa, incluindo a caracterização da área em estudo, as etapas metodológicas, o tratamento estatístico utilizado e a sua validação.

O fluxograma constante da Figura 35 mostra todos os passos envolvidos durante a etapa metodológica, fundamental para o desenvolvimento da pesquisa.

Figura 35 – Fluxograma de desenvolvimento da pesquisa.



Fonte: Elaboração própria, 2013.

Nesta etapa, buscamos avaliar a possível correlação entre o consumismo e a geração dos resíduos sólidos urbanos, tendo como área de estudo a Cidade de Fortaleza/Ceará- Brasil.

Inicialmente, examinamos, por meio de gráficos de linhas, os dados de geração de RSU no Brasil, juntamente com os indicativos de população urbana e PIB, no período de 2001 a 2011, a fim de averiguar se a curva de crescimento dos dados nacionais externava um comportamento similar com os mesmos dados obtidos para a cidade de Fortaleza. Esse foi o elemento que estimulou e desafiou esta pesquisa para o referido Município.

Após a análise comparativa, ou seja, uma análise geral dos dados, estudamos, de maneira mais detalhada os dados do Município de Fortaleza no mesmo período (2001-2011). Incorporamos novos indicadores de sustentabilidade e aplicamos um tratamento estatístico para gerar um modelo específico para o Município de Fortaleza. Também formulamos algumas perguntas, tais como: quais são os indicadores sociais, econômicos e ambientais que influenciam a geração dos RSU? Quais os indicadores mais influentes selecionados segundo uma ordem hierárquica? Qual a equação para a geração dos RSU, utilizando-se os indicadores de sustentabilidade selecionados?

Para responder às questões formuladas, buscamos realizar uma pesquisa bibliográfica sobre o assunto. Esta revisão teve o intuito de compreender o que está havendo com a geração dos RSU em diversas cidades brasileiras, como Fortaleza, São Paulo, Porto Alegre, João Pessoa e Curitiba, e também em alguns países da EU, EUA e ALC. Analisamos o crescimento econômico, os aspectos sociais e ambientais e a influência em relação à geração dos RSU e ao consumismo.

Para o estudo, foi selecionado um conjunto de indicadores sociais, econômicos e ambientais que poderiam influenciar a geração dos RSU para o Município de Fortaleza. Os dados pesquisados compreenderam um horizonte temporal para os anos 2001 a 2011. Os dados primários foram coletados em vários órgãos públicos, tais como a ACFOR, COELCE, CAGECE e IBGE. Também foram

complementados com dados secundários encontrados em publicações de revistas científicas, teses, dissertações e sites da internet (Quadro 5).

Os indicadores sociais escolhidos foram o IDH, o Índice de Gini e a população urbana de Fortaleza. Os indicadores econômicos foram o PIB total, o PIB *per capita*, o IPCA e o INPC. Os indicadores ambientais sugeridos para esta pesquisa foram o consumo de água tratada, o consumo de energia, a geração dos RSU e sua *per capita*. Todos os indicadores escolhidos têm influência no consumismo e, conseqüentemente, na geração dos RSU.

Com efeito, a seleção dos indicadores foi pautada na identificação dos principais aspectos da temática, no caso, o consumismo e a geração dos RSU. Foi utilizada ferramenta estatística que permitiu constituir de um ordenamento, onde seria a partir daqueles que têm maior correlação até aqueles que não os têm, ou seja, buscamos verificar quais eram os indicadores mais apropriados e disponíveis para efetuar essa mensuração.

Preliminarmente ao tratamento estatístico, procedemos às análises para cada um dos indicadores, comparando-os com a geração dos RSU de Fortaleza.

Após a aplicação do tratamento estatístico aos dados, foi feita a escolha dos indicadores que definiram a equação com o fim de mensurar a geração de RSU para Fortaleza. A hierarquização dos indicadores mais influentes consistiu em responder a uma das questões formuladas no início da pesquisa.

Finalmente, encontramos, por intermédio da correlação múltipla, a formulação da equação para o cálculo da quantidade de RSU. Foi, pois, aplicada essa equação para validar o modelo.

Esta análise preliminar do trabalho foi importante, pois mostrou, através dos gráficos, que, para determinados anos, houve mudanças bruscas no crescimento de um determinado indicador, que muitas vezes coincide com situações econômicas vividas no País e em Fortaleza.

Para responder quais seriam os indicadores influentes, segundo uma ordem hierárquica, para a curva de crescimento da geração dos RSU, optamos na pesquisa por fazer uma análise do conjunto de todos os indicadores de forma agregada.

O outro ponto a ser levantado refere-se à interpenetração das dimensões da sustentabilidade, o que torna, por vezes, difícil definir qual seria a área temática mais adequada para a inserção de determinado indicador. Desta forma, quando necessário, utilizamos um grupo de indicadores em mais de uma dimensão, como no caso do indicador de consumo de energia elétrica, o qual poderia ser inserido tanto na área ambiental como na econômica.

Os indicadores selecionados não foram trabalhados com a atribuição de pesos, visto que esta seria arbitrária, o que fugiria do escopo do trabalho.

Algumas limitações aconteceram. A primeira foi a busca de dados confiáveis. Muitas vezes, se divulga um dado, mas depois há uma correção. Essa situação foi solucionada, procurando sempre verificarmos as fontes e trabalharmos com os índices mais atualizados possíveis no período da elaboração do trabalho. A escolha do período entre 2001 a 2011 ocorreu pelos dados obtidos com maior confiabilidade. Ao todo, foram pesquisados nove indicadores - sociais, econômicos e ambientais.

A segunda limitação refere-se à dificuldade de agregarmos vários indicadores sem distorcer o resultado da quantidade de RSU. Talvez tenha sido uma das causas, quando, no início, usamos uma ferramenta de multicritério para escolha dos indicadores.

A terceira limitação foi aplicar os dados como são encontrados em suas escalas. Essa decisão decorreu da necessidade de fazermos um modelo para o Município de Fortaleza, utilizando de forma prática a equação proposta.

Em síntese, a metodologia do trabalho consistiu em selecionar um conjunto de indicadores de sustentabilidade ambiental que pudessem traçar um

quadro socioeconômico e ambiental do Município de Fortaleza em relação à geração dos RSU. Dessa forma, foi possível construirmos cenários futuros para a geração dos RSU de Fortaleza, utilizando-nos dos indicadores selecionados e aplicando a equação.

A aplicação da nova equação tem como objetivo encontrar a quantidade de RSU para Fortaleza, prevendo com menor erro o dimensionamento dos serviços de coleta de resíduos públicos, os tratamentos e equipamentos, sobretudo ao se aproximar da projeção da quantidade de RSU. Servirá também para acompanhar a produção *per capita* dos RSU e as suas correlações, com os indicadores de sustentabilidade.

3.1 Caracterização da área de estudo

O Município de Fortaleza foi estudado com início deste capítulo, enfatizando os indicadores de sustentabilidade ambiental.

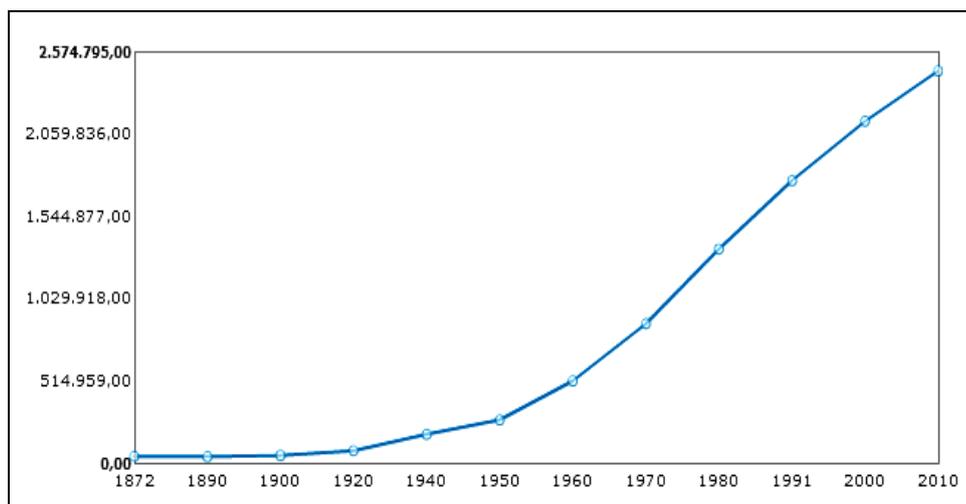
3.1.1 A Região Metropolitana de Fortaleza - RMF

A RMF – Região Metropolitana de Fortaleza tem uma população total de 3.559.398 habitantes e uma área de 5.785,882 km², com grande concentração populacional na Capital. Foi instituída pela Lei Complementar nº 14, de 6 de junho de 1973, que criou as primeiras regiões metropolitanas no Brasil, atualmente com 15 municípios, quais sejam: Fortaleza, Caucaia, Maranguape, Pacatuba, Aquiraz, Maracanaú, Eusébio, Guaiúba, Itaitinga, Chorozinho, Pacajus, Horizonte, São Gonçalo do Amarante, Pindoretama e Cascavel (IPCE, 2012; IBGE, 2012e; MUNIZ; SILVA; COSTA, 2011).

3.1.2 O crescimento populacional do Município de Fortaleza

Segundo o último Censo do IBGE (2012e), o Município de Fortaleza tinha a população urbana de 2.452.185 habitantes. O crescimento populacional em Fortaleza, de forma ascendente, pode-se ser comprovado na Figura 36.

Figura 36 - Crescimento Populacional em Fortaleza - 1872 a 2010.



Fonte: IBGE – 1872 a 2010.

Na Tabela 6 são mostrados os indicadores demográficos para Fortaleza, onde a densidade demográfica tem aumentado bastante, chegando, em 2010, a 7.786,52 hab./km². A taxa de crescimento geométrico anual da população vem caindo de 2,77%, em 1991, a 1,36%, em 2010. A população urbana é formada praticamente por jovens (IPECE, 2012).

Tabela 6 – Indicadores demográficos de Fortaleza – 1991/2000/2010.

Discriminação	Indicadores Demográficos		
	1991	2000	2010
Densidade demográfica (hab./km ²)	5.263,80	6.854,68	7.786,52
População Urbana (hab.)	1.768.637	2.141.402	2.452.185
Taxa de crescimento geométrico anual da população total ou urbana ¹ (%)	2,77	2,15	1,36
Homens (%)	46,35	46,80	46,81
Mulheres (%)	53,65	53,20	53,19
Participação nos grandes grupos populacionais (%)	100	100	100
0 a 14 anos	34,02	29,40	22,58
15 a 64 anos	61,78	65,52	70,84
65 anos e mais	4,20	5,08	6,58
Razão de dependência ² (%)	61,86	52,62	41,16

(1) Taxas nos períodos 1980/1991 e 1991/2000 para os anos de 1991, 2000 e 2010, respectivamente.

(2) Quociente entre “população dependente”, isto é, pessoas menores de 15 anos e com 65 anos ou mais de idade e a população potencialmente ativa, isto é, pessoas com idade entre 15 e 64 anos.

Fonte: Adaptado do IBGE – Censos Demográficos 1991/2000/2010; IPECE, 2012.

Na Tabela 6, compreendemos que na última década ocorreu um aumento populacional significativo, em torno de 300 mil pessoas. É evidente que o crescimento nesta magnitude impacta os principais setores de infraestrutura urbana de Fortaleza, como no saneamento básico, na geração de resíduos sólidos urbanos, na energia, no consumo de água e na geração de esgoto doméstico, na habitação, no transporte, nos hospitais, nas escolas, na segurança, entre outros. Ademais, dentre as dez maiores cidades, Fortaleza apresentou a terceira maior taxa de crescimento na década, ficando atrás apenas do Distrito Federal e Manaus. Com esse avanço a Cidade ocupa o 5º lugar no *ranking* das capitais brasileiras mais populosas e a primeira mais densamente povoada, e é de fundamental importância que a infraestrutura domiciliar básica se expanda e consiga atender às demandas crescentes da Cidade, contudo buscando soluções na redução do consumo. Fortaleza, em 2010, representava 29,01% da população cearense (IPECE, 2012).

3.1.3 Os indicadores sociais e econômicos do Município de Fortaleza

De acordo com Dias (2012), Fortaleza tem carências de infraestrutura urbana e boa parte da população é empobrecida, resultando numa metrópole marcada pela segregação e a injustiça social, com altos índices de violência urbana. Essa segregação teve início no século XX, quando os governantes promoveram investimentos urbanos de forma seletiva, inicialmente nos bairros centrais, tornando cada vez menos acessíveis à classe trabalhadora que procurava morar próximo aos locais de trabalho, os núcleos industriais, lado Oeste da Cidade. Enquanto isso a classe rica iniciava um movimento de autosegregação para bairros do litoral Leste. Não obstante, surgem paulatinamente as primeiras favelas em toda a Cidade, inclusive nas zonas mais abastadas.

Notadamente, os investimentos no setor de saneamento tenderam para a região mais nobre da Cidade, inclusive com a melhor iluminação pública. O setor turístico e os grandes *shoppings* estão localizados no lado Leste de Fortaleza, e de maior PIB.

A cidade desigual e segregada também é vista lá fora, conforme o Perfil Socioeconômico de Fortaleza, publicado pelo IPECE (2012),

Segundo o relatório das Nações Unidas “*State of the World Cities 2010/2011: Bridging the Urban Divide*”, Fortaleza figura-se como a quinta cidade mais desigual no mundo. Parte desta má distribuição de renda tende a se refletir espacialmente nos bairros da capital cearense, visto que a decisão dos indivíduos de onde residir está fortemente condicionada à sua capacidade de renda, disponibilização de serviços públicos (e.g. educação, saúde, transporte, segurança, comércio e etc.), oportunidades de emprego, e etc. Há uma forte concentração espacial da renda média pessoal em Fortaleza. Essa elevada desigualdade espacial de renda está diretamente associada com tensões sociais inter-bairros, bem como entre bairros em virtude da necessidade de uma maior mobilidade urbana.

A situação é ainda mais grave em virtude de Fortaleza ser a capital mais densamente povoada do Brasil, e a quarta capital em número de aglomerados subnormais (ou seja, ocupações irregulares e/ou ilegais vivendo com serviços públicos precários) com uma população de 369.370 habitantes (16% da população total) vivendo em condições mínimas de vida de acordo com dados do Censo Demográfico 2010 do IBGE. Isto significa uma elevada demanda pelo aparato público no fornecimento de bens públicos e infra-estrutura. Vale ressaltar que apesar dos avanços dos programas sociais de transferência de renda direta para as famílias, a desigualdade de renda no estado do Ceará vem diminuindo lentamente nos últimos anos, o que significa um potencial esgotamento dos efeitos dos mesmos sobre a distribuição de renda no Estado. Sem retirar o mérito dos programas sociais de transferência direta de renda na última década, o maior desafio no momento atual para os formadores de políticas públicas em todo país, é tornar eficientes e eficazes as ações públicas que tenham como foco a capacidade de geração de renda das famílias em situação de extrema vulnerabilidade.

3.1.3.1 A desigualdade e a distribuição espacial da renda per capita em Fortaleza

A desigualdade social e econômica da Cidade, que enseja uma série de consequências, é fruto de uma perversa política aplicada em décadas anteriores de pouquíssimo investimento nas camadas sociais mais desfavoráveis. Há uma forte concentração espacial de bairros ricos, como a Secretaria Regional II - SER II, enquanto nas demais secretarias executivas regionais predominam os bairros pobres com renda média pessoal de até dois salários mínimos, de acordo com a Tabela 7.

Tabela 7– Distribuição da renda *per capita* média e da população – Fortaleza - 2010.

SER	População	%	Número de Bairros	Renda Média
I	363.912	14,80	15	587,70
II	363.406	14,80	21	1.850,10
III	360.551	14,70	16	658,00
IV	281.645	11,50	20	845,20
V	541.511	22,10	18	471,20
VI	541.160	22,10	29	715,40
Total	2.452.185	100,00		

Fonte: Adaptado do IBGE, 2012e; IPECE, 2012.

3.1.3.2 Os Indicadores sociais do Município de Fortaleza

O PNUD determina o IDH, que mede a qualidade de vida dos países por via de indicadores de educação (escolarização e taxa de matrículas), saúde (esperança de vida ao nascer) e renda (PIB *per capita*). Esse índice é adaptado para estados e municípios como Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M). Das 13 metrópoles de mais de um milhão de habitantes, Fortaleza teve o melhor desempenho ao longo da década de 1990, em função do aumento da frequência à escola. De cada dez habitantes do Estado, três residem na Capital. Assim, a política, a economia e a vida cultural do Ceará gravitam em torno de Fortaleza.

A educação básica de Fortaleza é marcada pela intensiva presença de escolas públicas, mas também dispõe de várias instituições privadas de ensino. A taxa de alfabetização está em 89,4% de sua população, com um percentual de escolarização de 87,34%.

No setor da saúde da população, a cobertura do Programa Saúde da Família (PSF) atende a 23% da população em 2006. Com base em alguns indicadores do último censo do (IBGE, 2012e), tais como renda, densidade demográfica e infraestrutura de saneamento básico, é possível acentuar que os bairros situados na área de abrangência da SER II são os mais favorecidos social e economicamente e os das SER I e V, são os menos favorecidos, mostrando situações socioeconômicas intensamente diversificadas.

Fortaleza convive com novos e velhos desafios ambientais, agravados pela disposição incorreta do resíduo urbano, esgotamento sanitário deficiente, poluição dos corpos hídricos, desmatamento das áreas verdes remanescentes e ocupações irregulares em áreas de preservação permanente (APPs). A Tabela 8 revela os principais índices de desenvolvimento social para o Município de Fortaleza.

Tabela 8 – Índices de desenvolvimento - Fortaleza, Ceará e Brasil.

Índices de Desenvolvimento	Fortaleza	Ceará	Brasil
Índice de Desenvolvimento Humano - IDH	0,786	0,700	0,786
Índice de Desenvolvimento Infantil -IDI	0,713	0,582	0,667
Índice de Desenvolvimento Familiar - IDF	0,59	0,54	0,55

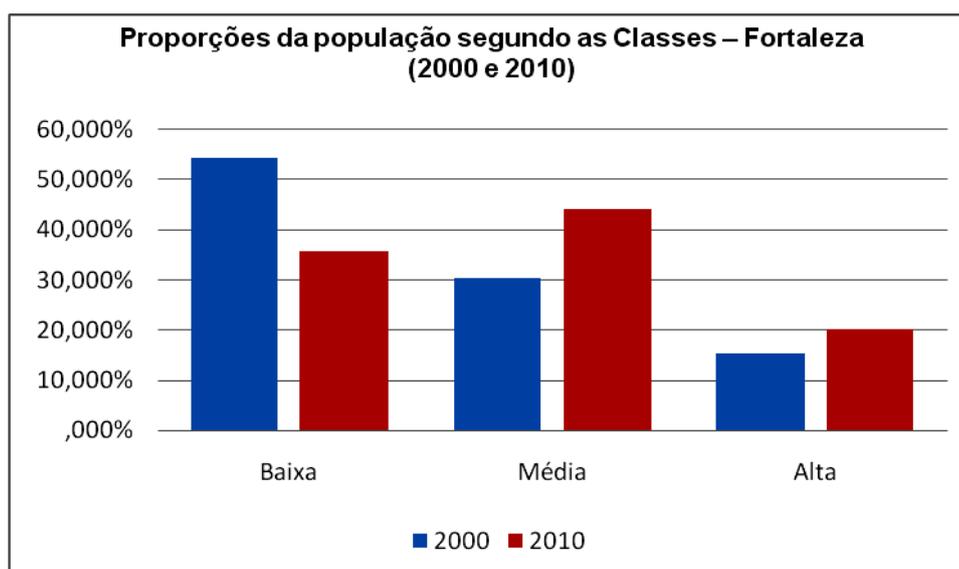
Fonte: IDH – PNUD – Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil (2000); IDI: UNICEF Brasil (2004); IDF: Ministério do Desenvolvimento Social (2009).

3.1.3.3 Os Indicadores econômicos do Município de Fortaleza

Fortaleza, em 2000, era a 5ª capital brasileira em termos da proporção de pessoas na classe baixa, passando para 9ª em 2010, reduzindo essa medida de 54,4% para 35,7% da sua população. Esse fenômeno vem ocorrendo principalmente na Região Nordeste. De acordo com estudos do IPECE (2012), é possível conjecturar que o aumento da participação da classe média decorre diretamente da ascensão de pessoas e famílias que antes pertenciam à classe baixa. O crescimento da classe média na Capital cearense definiu um novo perfil para a população em termos de renda e padrão de consumo, o que, dessa forma, precisa ser acompanhado de políticas públicas que se não possam antecipar esses movimentos pelo menos acompanhar as novas demandas.

Considerando as mudanças na participação relativa das classes na Capital cearense, a Figura 37 mostra, de forma clara, redução relativa do número de pessoas na classe baixa e o aumento da proporção nas classes média e alta. Os valores são da renda a preços de 2010, com base no INPC.

Figura 37 – Proporções da população de Fortaleza segundo as classes sociais - Fortaleza – 2000 a 2010.



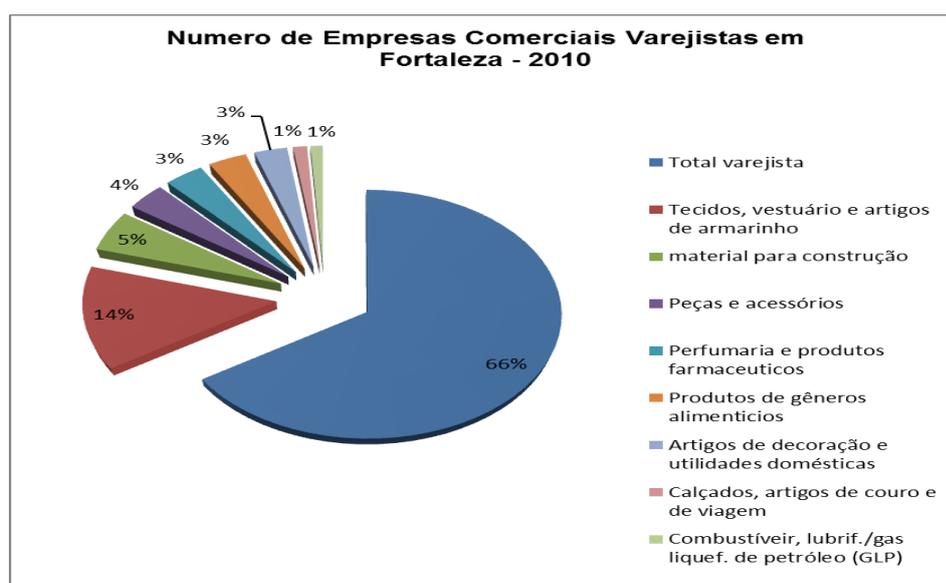
Fonte: Adaptado do IPECE, 2012.

Uma análise importante para estudo relacionado ao consumo e à geração dos RSU é verificar os rendimentos obtidos pela população residente no município de Fortaleza na última década. Sabe-se que o principal componente da renda domiciliar é o rendimento obtido com base em atividades de trabalho, ressaltando que esses dados também são influenciados pelo número de pessoas nos domicílios.

Classificando as capitais de acordo com o valor da renda domiciliar *per capita* média, em 2010, Fortaleza apresenta-se como a 19^a colocada. Este resultado qualifica a Capital cearense em um patamar semelhante às demais capitais das regiões Norte e Nordeste; mas, entre as capitais mais populosas, Fortaleza registrou a segunda menor renda *per capita*.

De acordo o IPECE (2012), os resultados do PIB de Fortaleza revelam que a base econômica do Município está concentrada basicamente no setor de serviços e na indústria, sendo o forte da economia o setor de serviços, e o comércio é uma das principais atividades com maior participação no valor ensejado por esse setor. Este fato pode ser comprovado pelo número de empresas comerciais, sobretudo as ligadas ao varejo, que representam a maioria no segmento, evidenciadas na Figura 38.

Figura 38 – Número de empresas varejistas em Fortaleza – 2010.



Fonte: Adaptado do IPECE, 2012.

3.1.4 Os Indicadores ambientais e sanitários do Município de Fortaleza

As análises dos indicadores ambientais e sanitários possuem relevância dentre os serviços públicos que compõem o quadro de bem-estar dos domicílios, já que sua debilidade pode culminar em graves dificuldades de saúde pública e poluição ambiental. Igualmente, servem como parâmetros comparativos para com o consumo de RSU e de indicadores socioeconômicos.

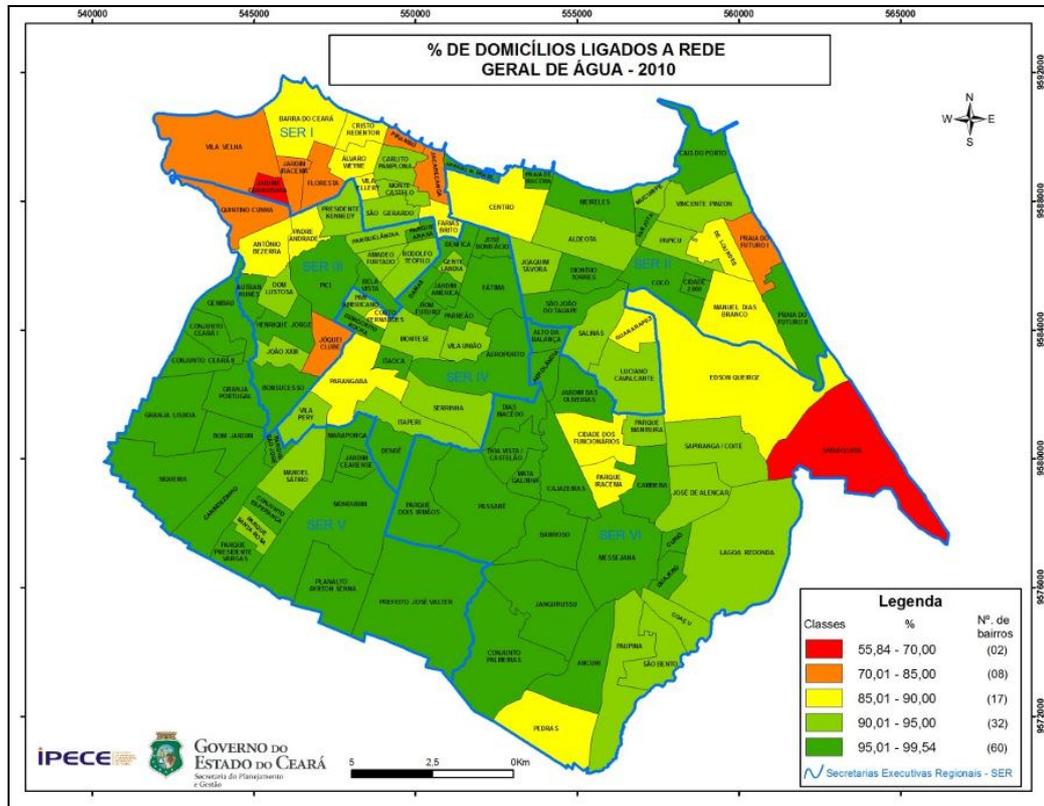
Fortaleza tem seus sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário gerenciados pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), e fiscalizadas e reguladas pela ACFOR, que também tem a responsabilidade quanto à gestão dos resíduos sólidos.

3.1.4.1 Abastecimento de água do Município de Fortaleza

O consumo da quantidade de água tratada depende do poder aquisitivo da população residente. As cidades com elevada renda *per capita* seguem dentre os maiores consumos do País, superiores a 180 litros diários *per capita*. Nos últimos anos, contudo, houve aumento da demanda de água tratada em Fortaleza, provavelmente pela mesma razão que o consumo de energia e a geração dos RSU cresceram.

Quanto ao percentual de domicílios com abastecimento de água adequado, constatou-se que, em 2010, o Município possuía 662,5 mil (93,3%) domicílios com fornecimento de água advindo da rede geral. Em 2000, esse número correspondia a 458,8 mil (87,2%), ou seja, houve um avanço de 44,4% em uma década. A seguir é mostrada, na Figura 39, a distribuição de número de domicílios ligados à rede geral de água tratada, segundo bairros, em Fortaleza (IPECE, 2012).

Figura 39 - Percentual de domicílios ligados à rede geral de água por bairros de Fortaleza - 2010.



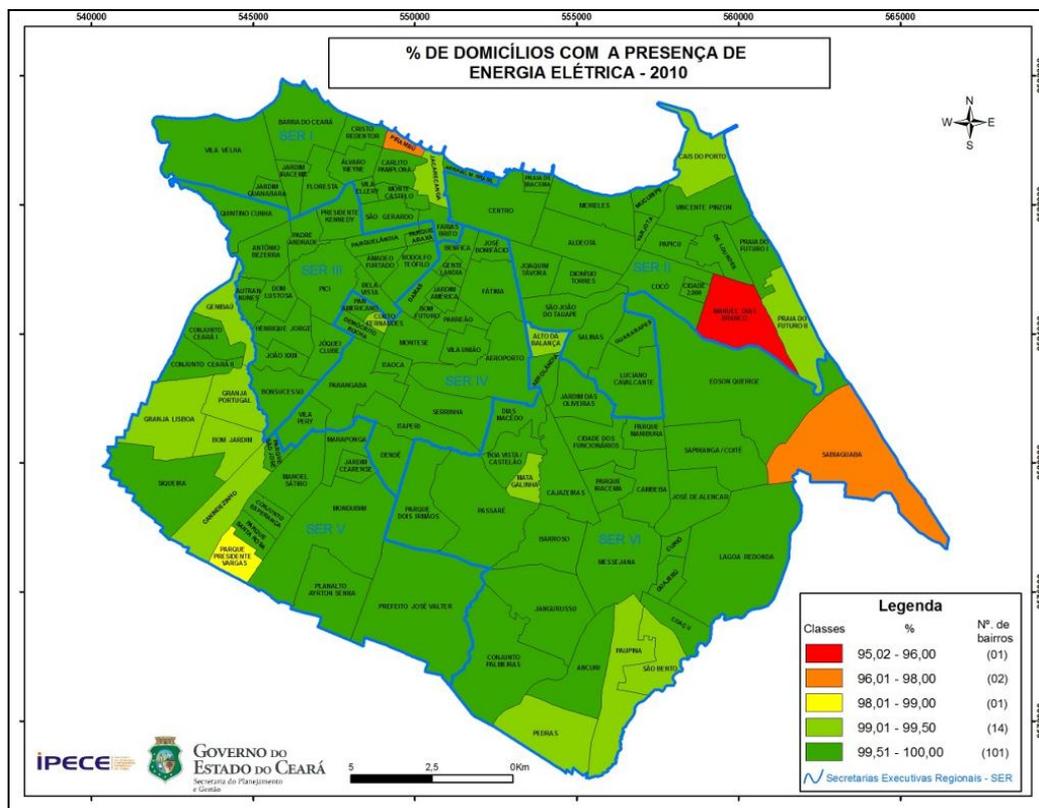
Fonte: IPECE, 2013.

3.1.4.2 Sistema de energia elétrica do Município de Fortaleza

Outro ponto a ser analisado é o sistema de energia pública. A distribuição cabe a Companhia Energética do Estado do Ceará (COELCE), empresa privada. A maior parcela de energia consumida vem da Companhia Hidrelétrica Vale do São Francisco (CHESF).

Conforme dados do IPECE (2012), Fortaleza está bem perto da universalização do serviço de energia elétrica, uma vez que 99,70% das residências possuem este serviço. A Figura 40 exibe a distribuição territorial do indicador em nível de bairros.

Figura 40 – Percentual de domicílios ligados à rede de energia elétrica, segundo bairros de Fortaleza - 2010.

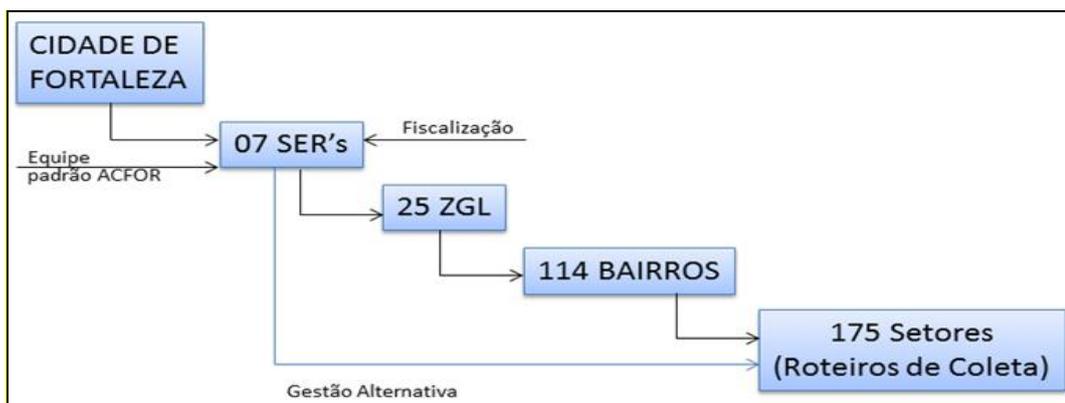


Fonte: IPECE, 2013.

3.1.4.3 Gestão dos RSU em Fortaleza

O modelo da gestão dos RSU em Fortaleza é bastante confuso e traz desafios, quanto à fiscalização, principalmente. Existem três órgãos que fazem a gestão: a EMLURB, a ACFOR e a atual Secretaria de Serviços Públicos, além do órgão municipal de meio ambiente. Isso também dificulta a obtenção de dados, todavia é na ACFOR que se encontram os números mais confiáveis da gestão municipal. A Figura 41, seguinte do Plano de Gestão de RSU de Fortaleza, mostra que a Cidade é dividida em 7 SER's, 25 zonas de geração de lixo, entre 114 bairros e 175 setores de coleta domiciliar.

Figura 41 – Modelo da gestão da coleta domiciliar de Fortaleza – 2012.



Fonte: ACFOR, 2012.

Quanto à taxa de cobertura da coleta dos resíduos sólidos domiciliares, segundo o SNIS (2009), esta atingiu 90%, e em 2010 alcançou 100%. Nota-se que, comparando com a média da Região Nordeste em 2010, encontra-se em 97,1%. Além da coleta domiciliar, existe a recolha pública para os resíduos públicos vegetais, os entulhos de construção, os volumosos e os dos pontos de lixo. A coleta dos resíduos sólidos é monitorada pela ACFOR por meio de um moderno sistema que informa a qualquer tempo a localização do veículo coletor compactador, além da pesagem de cada veículo na estação de transbordo e no aterro sanitário.

O destino final dos resíduos urbanos e domiciliares é atualmente o ASMOC e é operada pela concessionária ECOFOR Ambiental, a mesma responsável pela coleta dos resíduos públicos.

3.1.4.3.1 Caracterização física e peso específico aparente dos RSU em Fortaleza

Em Fortaleza, de acordo com o Plano de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos em 2012 (ACFOR, 2012) o percentual da matéria orgânica é bem diferente da média brasileira de 47,7% a 51,4%, respectivamente. Isso mostra que a fração inorgânica está cada vez maior por conta do consumo de produtos descartáveis. Os economistas chamam esse fenômeno de consumo retraído, em que notadamente acontece mais forte nas regiões mais empobrecidas do País, como o Nordeste e o Norte. Nessas regiões, houve maior ascensão das classes D para C e B.

Na geração dos RSU, os dados mostram uma *per capita* e o volume coletado de resíduos bem maiores nas regiões mais ricas. A caracterização física também demonstra que os percentuais mais elevados dos resíduos inorgânicos são bem maiores nas regionais do lado Leste da Cidade, consequência de maior poder de compra e de maior consumo de descartáveis. Observa-se, como na Tabela 9, que a composição conforme a S.E.R., tem diferenças por maior ou menor poder de consumo da população. A SER II, de maior poder aquisitivo, dos grandes *shoppings* e dos equipamentos turísticos, tem o menor percentual de fração orgânica e consequentemente de maior de inorgânico. Ao contrário da SER I, caracterizada por uma SER de menor poder aquisitivo e tem maior concentração populacional. A SERCEFOR é a área onde esta situada o Centro Comercial de Fortaleza, e nota-se um percentual elevado de descartáveis inorgânicos. Em geral a média para Fortaleza reduziu bastante o percentual dos resíduos orgânicos (restos de comidas e podas de arvores) para 42,7% (ACFOR, 2012).

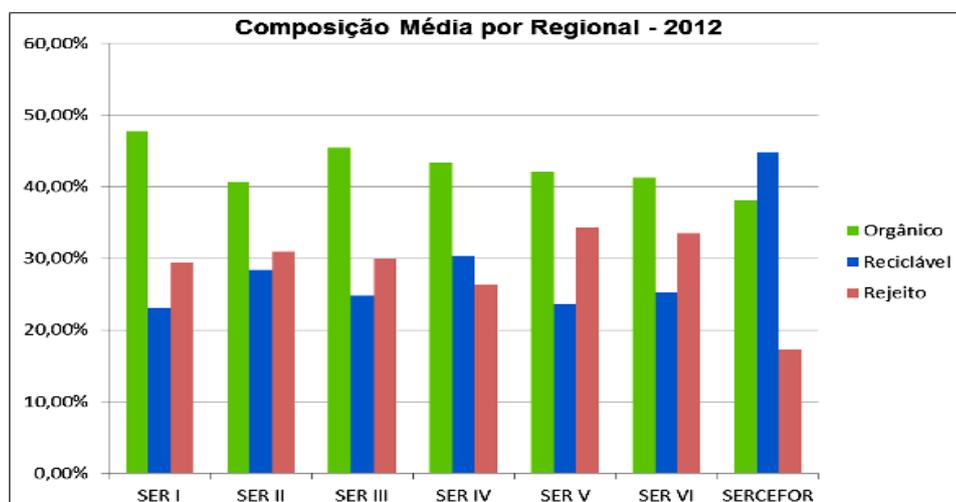
Tabela 9 – Composição média dos RSU por SER – Fortaleza - 2012.

Regional	Orgânico	Reciclável	Rejeito
SER I	47,70%	23,00%	29,40%
SER II	40,70%	28,40%	30,90%
SER III	45,40%	24,80%	29,90%
SER IV	43,30%	30,30%	26,30%
SER V	42,10%	23,60%	34,30%
SER VI	41,30%	25,20%	33,50%
SERCEFOR	38,10%	44,70%	17,20%
Média	42,66%	28,57%	28,79%

Fonte: Adaptado da ACFOR, 2012.

A Figura 42 expressa a composição gravimétrica dos RSU conforme as Secretarias Executivas Regionais.

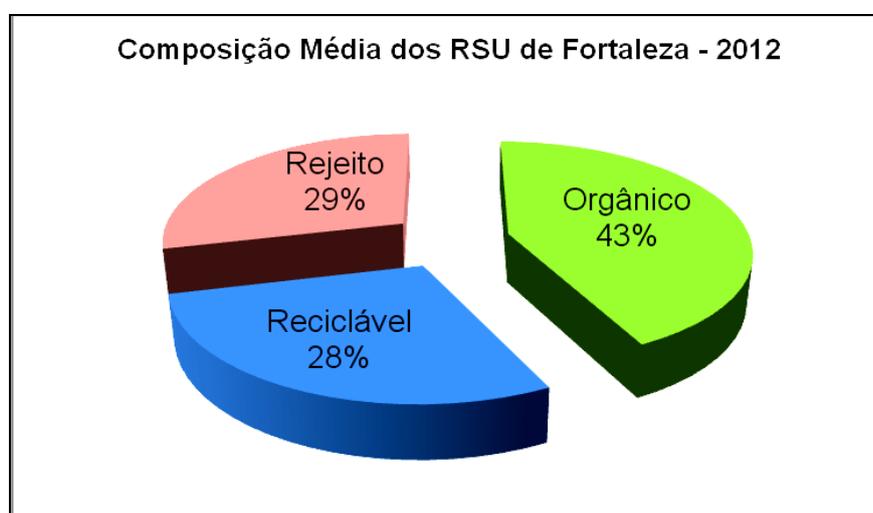
Figura 42 – Composição média dos RSU conforme Secretaria Executiva Regional de Fortaleza – 2012.



Fonte: Adaptado da ACFOR, 2012.

A composição gravimétrica dos RSU de Fortaleza, na Figura 43, aponta que a fração orgânica vem reduzindo. Comparando-se com a média nacional da ABRELPE (2011), os percentuais para a fração orgânica estão abaixo de 8,4% do índice nacional e de 12,3% acima para os rejeitos. Para os recicláveis há uma pequena diferença de 3,9% para menos. Observa-se que, no rejeito em Fortaleza, há grande quantidade de materiais inertes, como a areia, telhas quebradas, pedaços de tijolos, entre outros, que foram somados aos demais materiais considerados rejeitos (papel higiênico, guardanapo, isopor, entre outros).

Figura 43 – Composição média dos RSU de Fortaleza – 2012.



Fonte: Adaptado da ACFOR, 2012.

O peso específico aparente para o Município de Fortaleza, de acordo com o Plano de Gestão dos RSU e executada pela ACFOR (2012), varia também para cada Secretaria Executiva Regional. As SER`s II; IV e o Centro têm maiores índices e nas SER`s I e V, os menores pesos específicos aparentes. Isso ocorre pelo consumo, pois quanto maior o peso específico, maior o consumo. Observamos de forma interessante que, na caracterização física, realizada no mesmo período do estudo dos pesos específicos, as Secretarias Executivas Regionais que têm maiores pesos específicos são as mesmas com maiores percentuais de recicláveis, e vice-versa.

A Tabela 10 exibe os pesos específicos aparentes para o Município de Fortaleza.

Tabela 10 – Peso específico aparente dos RSU por regional – Fortaleza - 2012.

Regional	Peso Específico Aparente - kg/m³
SER I	181,80
SER II	195,30
SER III	181,80
SER IV	197,50
SER V	174,10
SER VI	183,60
SERCEFOR	222,20
Média	183,60

Fonte: Adaptado da ACFOR, 2012.

3.2 Seleção dos indicadores de sustentabilidade

Para o desenvolvimento desta pesquisa, selecionamos os indicadores de sustentabilidade nos campos econômico, social e ambiental. Todos eles têm importância para averiguar se há correlação entre o consumismo e a geração dos RSU.

Os indicadores inicialmente escolhidos foram no total de 11, distribuídos conforme o Quadro 4.

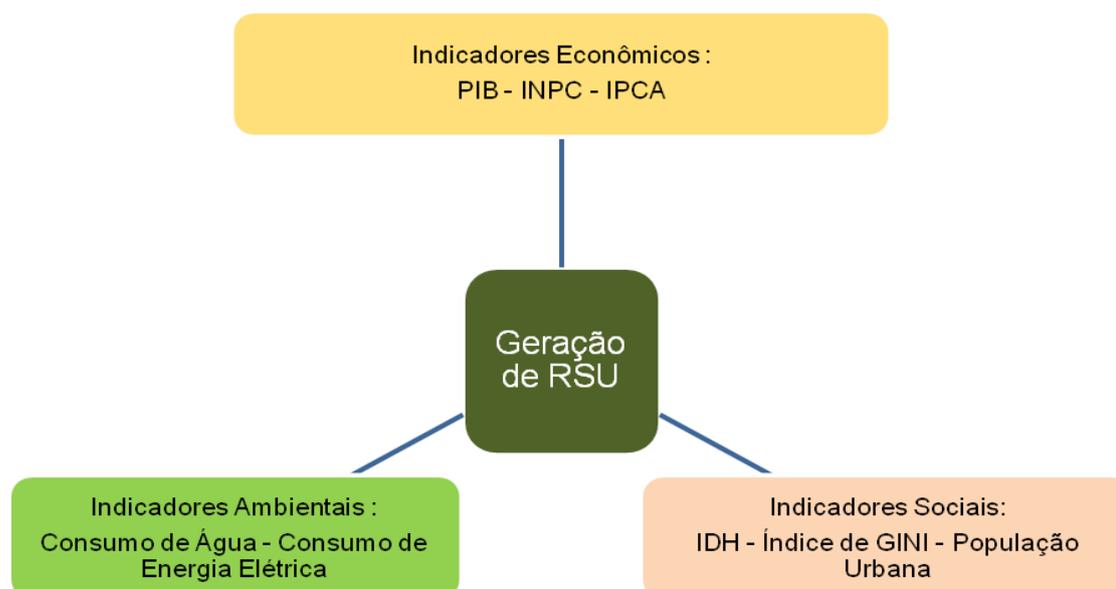
Quadro 4 – Indicadores de sustentabilidade.

INDICADORES	ECONOMICOS	SOCIAIS	AMBIENTAIS
	PIB	IDH	CONSUMO DE ÁGUA TRATADA
	PIB <i>per capita</i>	GINI	CONSUMO DE ENERGIA ELETRICA
	INPC	POPULACAO URBANA	RSU
	IPCA		RSU <i>per capita</i>

Fonte: Elaboração própria, 2013.

A Figura 44 mostra as variáveis independentes estudadas em função da variável dependente (geração dos RSU).

Figura 44 – Variáveis estudadas.



Fonte: Elaboração própria, 2013.

Esses indicadores selecionados podem ser encontrados em diversos estudos, pesquisas e publicações escritas de órgãos públicos (IBGE, FGV, Governo Federal, Governo Estadual e Prefeitura de Fortaleza), empresas prestadoras de serviços públicos (CAGECE, ACFOR e COELCE) e uma associação de entidade de classe (ABRELPE), conforme o Quadro 5.

Quadro 5 – Fontes para a coleta dos dados.

IBGE		PNUD	FGV	ACFOR	ABRELPE	CAGECE	COELCE
CENSO	PNAD						
POPULACAO URBANA	GINI	IDH	IPCA	RSU e RSU <i>per capita</i>		CONSUMO DE ÁGUA TRATADA	CONSUMO DE ENERGIA ELETRICA
PIB							
PIB <i>per capita</i>							
INPC							
IDH							

Fonte: Elaboração própria, 2013.

No Brasil, há ainda muita dificuldade de se obter dados confiáveis. A busca dos dados verdadeiros não é uma tarefa simples. Alguns dados têm informações diferentes, como os indicadores econômicos, dos quais alguns são projetados, como o PIB, o INPC e o IPCA, e depois são corrigidos. Muitos pesquisadores correm o risco de utilizar dados errôneos.

3.3 Tratamento estatístico

3.4.1 Utilização do Método de Multicritério

Inicialmente, utilizamos uma análise multicritério, por meio do programa Visual PROMETHEE Academic – versão 1.1, com o objetivo inicial de determinar quais seriam os indicadores estudados que teriam correlação estatística, além de saber quais são os mais influentes ou de maior correlação com a geração dos RSU para Fortaleza.

A análise multicritério surgiu na década de 1960, como instrumento de apoio à decisão. Mediante esta técnica, podem ser obtidos diversos critérios, em simultâneo, por via de comparações par a par dos indicadores utilizados na análise de uma situação complexa. O método destina-se a se obter uma tomada de decisão e se assemelha às técnicas adotadas no campo do desenvolvimento organizacional e da análise custo-benefício.

Existem vários programas de apoio à tomada de decisão, sendo bem usuais, o ELECTRE's, Analytic Hierarchy Process (AHP), Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique (MACBETH), e o PROMETHEE. As diferentes escolas de decisão multicritério se baseiam "nos princípios subjacentes aos processos de modelização das preferências." (SCHMIDT, 1995).

O programa AHP não foi escolhido, pela dificuldade encontrada na necessidade de um grande número de julgamentos. Se o problema é complexo, requer uma cuidadosa análise. Assim, seria necessário elucidar julgamentos, e essa decisão correria riscos na escolha de indicadores. Assim, optamos pelos métodos inspirados pela Escola Francesa, onde o decisor 'não pode', 'não sabe como' ou 'não quer decidir'. Os outros programas, que têm similaridades ao AHP, não foram estudados.

O programa PROMETHEE, da Escola Francesa, faz uma abordagem de multicritério mediante técnicas de análise para tomada de decisão e planejamento. Baseia-se no princípio de que, para a tomada de decisão, a experiência e o conhecimento das pessoas têm importância semelhante aos dados utilizados (SCHMIDT, 1995).

Inicialmente, o programa PROMETHEE foi escolhido, entre os demais de apoio à decisão, por ser mais completo e tendo uma ferramenta que permite obter uma abordagem descritiva, chamado GAIA, mediante a qual o tomador de decisão pode visualizar as principais características de um problema decisório. O programa retrocitado permite identificar facilmente os conflitos ou sinergias entre os critérios, para identificar grupos de ações e destacar um desempenho excepcional.

Após inserirmos as variáveis no programa Visual PROMETHEE Academic – versão 1.1, os resultados não foram o que se esperava, pois não logamos definir quais indicadores de sustentabilidade deveriam prosseguir para determinar a equação da geração dos RSU para Fortaleza. Também ficou temerário quando se introduziu pesos diferentes a cada indicador, possibilitando obter correlações mais

fortes e mais fracas de formas distintas. Então, eliminamos a opção de uso desse modelo de apoio à decisão.

Então, usamos um programa estatístico denominado SPSS¹⁷, por ser o mais citado em artigos científicos, dissertações e teses acadêmicas (BISQUERRA; JORGE CASTELLÁ; MARTINEZ FRANCESC, 2008). Outra vantagem deste programa é que ele pode definir quais os indicadores escolhidos e definir a equação de correlação múltipla.

3.4.2 O Programa estatístico SPSS

O SPSS¹⁸ é um “pacote” estatístico de apoio à tomada de decisão, sendo composto de módulos diferentes, desenvolvido para o uso em diversas áreas da Ciência.

O SPSS permite produzir análises estatísticas avançadas (de variância, testes da correlação, modelos de regressão multivariável e outros) e básicas (média, desvio-padrão e tabelas de frequências).

Ressaltamos que não existe um programa ou método ideal. Cabe, portanto, ao pesquisador escolher a metodologia que ele prefere, em função da clareza e da pertinência das informações que o programa ou o método põe à sua disposição e da coerência dos resultados com a realidade. O grande problema metodológico, no entanto, por sua vez, está na dificuldade de estabelecer a correlação entre indicadores formados de formas distintas, na precisão dos dados oficiais encontrados e na interpretação decorrente da aplicação de um programa estatístico.

¹⁷ SPSS - *Statistical Package for Social Science for Windows*. Originalmente o nome era *Statistical Package for the Social Sciences* - pacote estatístico para as ciências sociais.

¹⁸ A sua primeira versão ocorreu em 1968, e foi inventado por Norman H. Nie, C. Hadlai Hull e Dale H. Bent. Entre 1969 e 1975, a Universidade de Chicago esteve a cargo do desenvolvimento e distribuição.

3.4.2.1 Aplicação do Programa SPSS

Posteriormente à coleta de dados e tabulação, criamos um banco de dados, constituído mediante programa *Microsoft Excel* 2010. Para o tratamento estatístico dos dados, usamos o “pacote” computacional SPSS na versão 19.0, adotando para as análises estatísticas nível de significância de 5%.

A escolha do programa se decorre de sua acessibilidade e do emprego habitual no âmbito estatístico. Também é útil para fazer testes estatísticos, tais como os testes da correlação e de hipóteses; serve também para realizar contagens de frequência, ordenação de dados, reorganização da informação, e é aplicado também para entrada dos dados.

3.4.3 Análise estatística

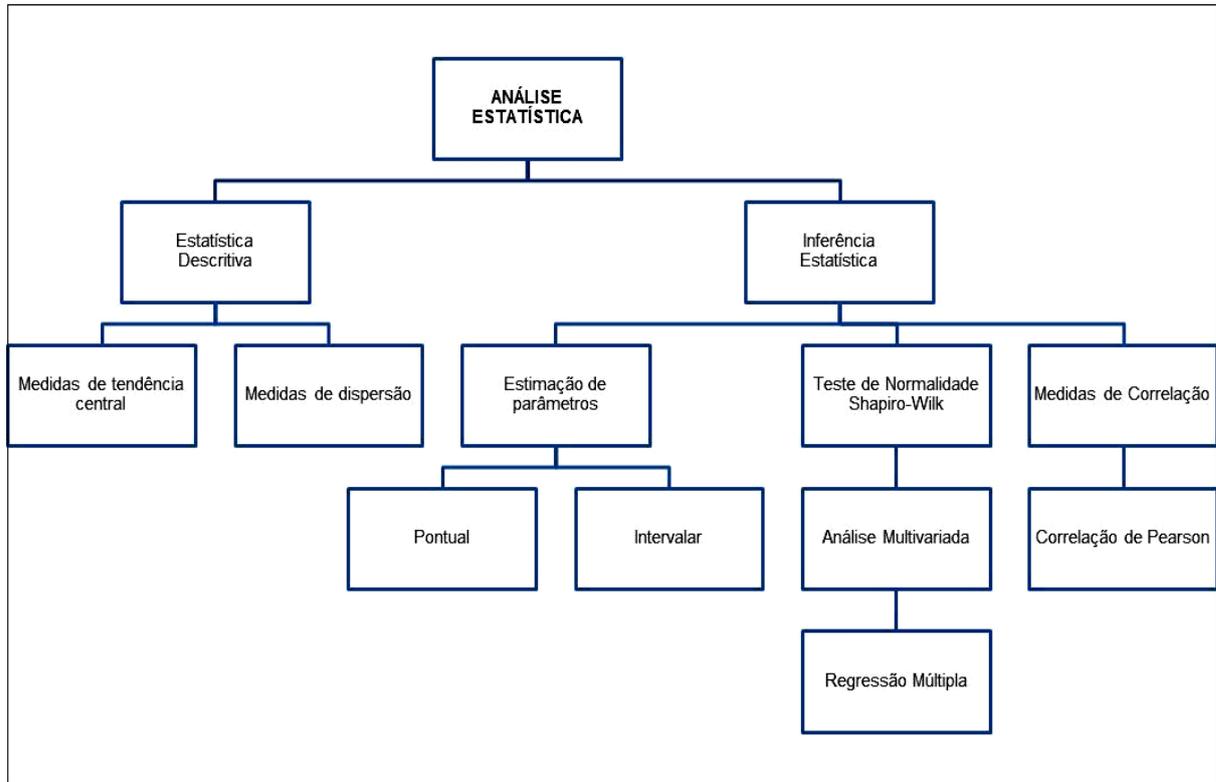
A análise estatística iniciou-se pela Estatística descritiva, que é uma descrição do conjunto de dados por meio de dois tipos de medidas: de tendência central, como médias e medianas, e as medidas de dispersão, como o desvio-padrão.

Em seguida, realizamos a inferência estatística ou estatística amostral, que almejou inferir características de uma população com esteio nos dados observados. Para analisar a normalidade dos dados, aplicamos o Teste de Shapiro-Wilk. Após, efetivamos a análise multivariada e a correlação.

Foi concretizada a análise estatística com a correlação dos dados, e em seguida, por meio do método de regressão múltipla, encontramos a equação de previsão desejada.

A Figura 45 mostra o resumo da análise estatística, a qual é mais bem delineada nos subitens subsequentes, com delineamento detalhado.

Figura 45 – Fluxograma da análise estatística utilizada.



Fonte: Elaboração própria, 2013.

3.4.3.1 Estatística descritiva

Na Estatística descritiva, estudamos as medidas de tendência central e as com dispersão. As medidas de tendência central utilizadas para a amostra foram a média aritmética, a moda e a mediana. Já para as medidas de variabilidade ou dispersão, utilizamos a variância, o desvio-padrão e os limites também conhecidos como amplitudes.

Por meio do Programa *SPSS*, encontramos uma ferramenta bastante útil: o *boxplot*. Esta serviu para analisar como as variáveis utilizadas se comportaram em relação à homogeneidade. Nesse âmbito, a avaliação dos valores atípicos se baseou na diferença dos valores em relação ao intervalo interquartilico para cada conjunto de dados.

3.4.3.2 Inferência estatística

A inferência estatística foi realizada por meio da análise multivariada, com testes de normalidade Shapiro-Wilk. Em seguida, empregamos a Correlação de Pearson para selecionar as variáveis. Estas variáveis foram dispostas em uma reta pelo Método de Regressão Múltipla, e assim encontramos a equação-resposta.

Para as análises dos pressupostos, utilizamos o Teste de Aderência, para averiguar se a distribuição dos dados podia ser assumida igual à distribuição normal pelo Teste de Shapiro-Wilk (S-W). Esta prova foi útil para verificar se uma determinada amostra pode provir de uma população ou distribuição de probabilidade especificada (distribuição normal), a fim de que seja significativo o $p \geq 0,05$.

A análise dos pressupostos do modelo de regressão iniciou-se com a avaliação da normalidade dos resíduos. O diagnóstico foi feito pelo Teste de Shapiro-Wilk, o qual verificou se o modelo expressa níveis de significância superiores a 5%, o que aponta para a aceitação da hipótese de normalidade dos resíduos.

Para elaborar a equação de previsão da variável dependente ou variável resultado (geração de resíduos), foi associado para um nível de confiança $(1-\alpha)$ e um nível de significância (α) . No caso deste estudo, os parâmetros estabelecidos foram de 95% e 5%, respectivamente.

Por último, verificamos os princípios de normalidade, linearidade, homoscedasticidade e independência dos residuais, por meio de gráficos. Feitas as análises e satisfeito os princípios de normalidade, aceitamos o modelo.

Para verificar a correlação entre as variáveis, utilizamos o estudo de Correlação de Pearson. Essa relação pode ser verificada com auxílio de um gráfico de dispersão e de um coeficiente de correlação linear, que mede a intensidade da associação linear entre duas variáveis, de caráter quantitativo, e que mostre uma relação de causa e efeito. A opção pelo cálculo da Correlação de Pearson se deu porque envolve valores numéricos ou variáveis quantitativas.

No diagrama da dispersão pode-se analisar a relação entre as variáveis representadas no eixo x, que representa a causa, e o eixo y, representando os efeitos.

Foram feitos os gráficos para verificar a correlação entre: PIB e consumo de água; consumo de energia elétrica x geração dos RSU; PIB e geração dos RSU; consumo de água e geração dos RSU; tempo e geração dos RSU e o IDH e geração dos RSU.

Para esta análise, também empregamos o Coeficiente Linear, que varia entre 0 e 1.

Na Equação (3), calcula-se o R_{xy} . O valor de R_{xy} deve pertencer ao intervalo $-1 \leq R_{xy} \leq 1$. A sua interpretação é a seguinte:

$0,00 \leq R_{xy} \leq 0,69$ = dependência fraca.

$0,70 \leq R_{xy} \leq 1,00$ = dependência forte.

$-0,69 \leq R_{xy} \leq 0,00$ = dependência fraca.

$-1,00 \leq R_{xy} \leq -0,70$ = dependência forte.

$$R_{xy} = \frac{\sum XY - \frac{(\sum X \sum Y)}{n}}{\sqrt{\left[\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n} \right] \left[\sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n} \right]}} \quad (3)$$

3.4.3.2.1 Regressão múltipla

Um dos objetivos deste estudo é a elaboração de um modelo de previsão da geração dos resíduos sólidos para a Cidade de Fortaleza, até 2011. Para isso, foi necessário fazer um estudo de regressão linear múltipla, visto que, para a previsão do resíduo sólido analisado, há a existência de outras variáveis consideradas independentes entre si.

Para início do estudo, utilizamos a medida média como referência na tomada de decisão, pois esta é considerada a melhor medida preditiva sem o uso de variáveis independentes.

A Correlação serviu para verificar e medir relacionamentos entre duas variáveis. Avançando mais um pouco, é possível prever uma das variáveis em função da outra. Para isso, usamos o método da regressão que, neste caso da pesquisa é o de regressão múltipla, pois há mais de duas variáveis.

A combinação linear de variáveis independentes usadas coletivamente para prever a variável dependente é também conhecida como equação ou modelo de regressão. Uma generalização é a regressão linear múltipla, cujo modelo estatístico utilizado é dado de acordo com a Equação 4:

$$Y = (\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n) + \epsilon_i \quad (4),$$

onde,

Y é a variável dependente¹⁹ – variável que está sendo prevista ou explicada pelo conjunto de variáveis independentes;

X_1, X_2, \dots, X_n são as variáveis independentes²⁰ – variáveis selecionadas como previsora e potencial variável de explicação da variável dependente;

β_0 , é o intercepto com o eixo y ;

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ correspondem aos coeficientes técnicos atrelados às variáveis independentes;

ϵ_i é o termo que representa o resíduo ou erro da regressão²¹.

¹⁹ Variável dependente ou também conhecida como variável resultado ou saída.

²⁰ Variável independente ou conhecida como previsora.

²¹ As diferenças entre o modelo ajustado e os valores superestimados ou subestimados, são denominadas de resíduos.

Utilizamos o Método dos Mínimos Quadrados²² para fazer o ajustamento linear. O modelo ajustado é a melhor reta que representa os dados ou as variáveis independentes.

O objetivo deste método foi usar as variáveis independentes cujos valores são conhecidos, para prever os valores da variável dependente selecionada na pesquisa.

A validação aconteceu pelo Teste de Variância (ANOVA), do modelo proposto para Fortaleza com os indicadores escolhidos (variáveis independentes). Para se afirmar foi necessário que o p-valor fosse menor do que 5% (valor adotado como nível de significância)

Com a certeza da validação do modelo proposto, examinamos as variáveis independentes para a formação do modelo de regressão.

Os coeficientes da equação-resposta para o modelo encontrado foram apresentados, respectivamente, com as variáveis independentes, por intermédio da Estatística do teste t e do nível de significância.

Para o ultimo teste, estudamos se haveria a existência de multicolinearidade dos dados, pois, caso houvesse, prejudicaria a habilidade de previsão do modelo de regressão. Se os índices de proporções de variância fossem maiores do que 0,9 (90%), restaria provada a existência de multicolinearidade dos dados.

Por ultimo, definiu-se a equação-resposta do modelo de regressão para gerar uma projeção da quantidade de RSU para Fortaleza.

Com origem da equação-resposta, aplicamos com os dados existentes para Fortaleza e verificamos que o modelo se comporta de forma aceitável, representando bem os dados.

²² O Método dos Mínimos Quadrados seleciona a linha que representa a menor soma das diferenças ao quadrado. A melhor linha é a regressão linear.

Resultados e Discussão

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, analisamos os seguintes indicadores de sustentabilidade: a geração dos RSU, a população urbana e o PIB do Brasil, durante o período 2000 a 2011.

Em seguida, comparamos estes indicadores, acrescentando outros como o IDH, GINI, INPC, IPCA, consumo de água tratada e consumo de energia elétrica, para a cidade de Fortaleza, no mesmo período.

4.1 Análises dos indicadores para o Brasil

A primeira análise estudou os indicadores, como a população urbana e o PIB, e, em seguida, foi feita a comparação dos dados dos indicadores citados anteriormente no contexto brasileiro, sempre relacionando com a variável geração de RSU.

4.1.1 Análise da geração dos RSU, da população urbana e o PIB do Brasil

De acordo com a tabulação dos dados do Brasil, obtidos da ABRELPE⁴⁵ (2003 a 2011) e IBGE (2005, 2008, 2010a, 2010c, 2011a), fizemos a Tabela 11. É perceptível o fato de que houve crescimento econômico do PIB brasileiro, principalmente nos últimos quatro anos e também da geração dos RSU.

A Figura 46 exprime o crescimento da população urbana brasileira e da geração dos RSU no período entre 2001 a 2011.

⁴⁵ ABRELPE, *loc. cit.*

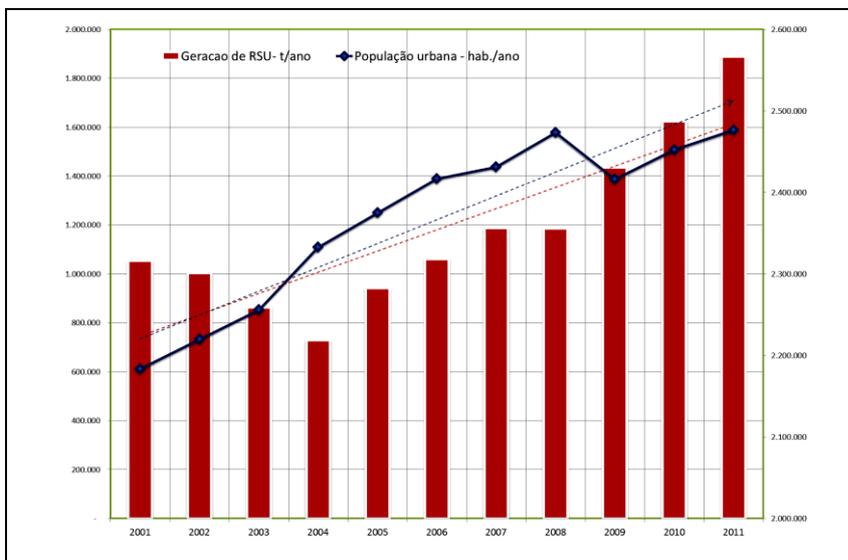
Tabela 11 – PIB, geração e *per capita* dos RSU, e população urbana do Brasil – 2001 a 2011.

Indicadores	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
PIB a preços correntes - R\$*	1.302.135	1.477.822	1.699.948	1.941.498	2.147.239	2.369.239	2.661.345	30.131.864	3.239.404
Geracao RSU - t/ano	50.119.992	50.880.960	51.835.680	53.300.520	54.139.488	54.331.992	52.619.736	52.933.296	57.011.136
PIB per capita -R\$/hab.ano	7.491	8.378	9.498	10.692	11.658	12.687	14.465	15.990	16.918
RSU <i>per capita</i> - kg/hab.ano	349,57	348,71	360,97	361,36	361,89	355,66	345,05	337,07	359,33
População Urbana - hab.ano	143.378.000	145.913.000	143.600.000	147.500.000	149.600.000	152.762.669	152.496.807	157.657.883	158.657.883

(*) O valor do PIB a preços correntes foi dividido por mil.

Fonte: Adaptado do IBGE (2001 a 2011); ABRELPE (2001 a 2011).

Figura 46 – População urbana e geração dos RSU do Brasil – 2001-2011.

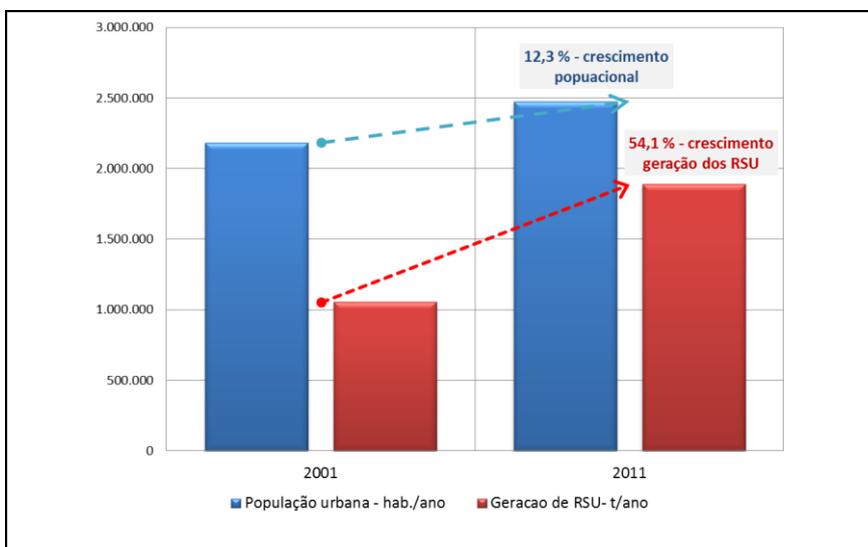


Fonte: Modificado do IBGE, 2000 a 2011; ABRELPE, 2003 a 2011.

Percebe-se na Figura x, que a geração dos RSU no Brasil vem crescendo desde 2004, com uma pequena queda em 2008, e partir daí mais acentuado este crescimento. Já a população urbana, caiu entre 2008 a 2011.

Analisando todo o período entre 2001 a 2011, a geração dos RSU no Brasil teve um crescimento mais acentuado do que a da população urbana, 54,1% e 12,3% respectivamente, e está indicada na Figura 47.

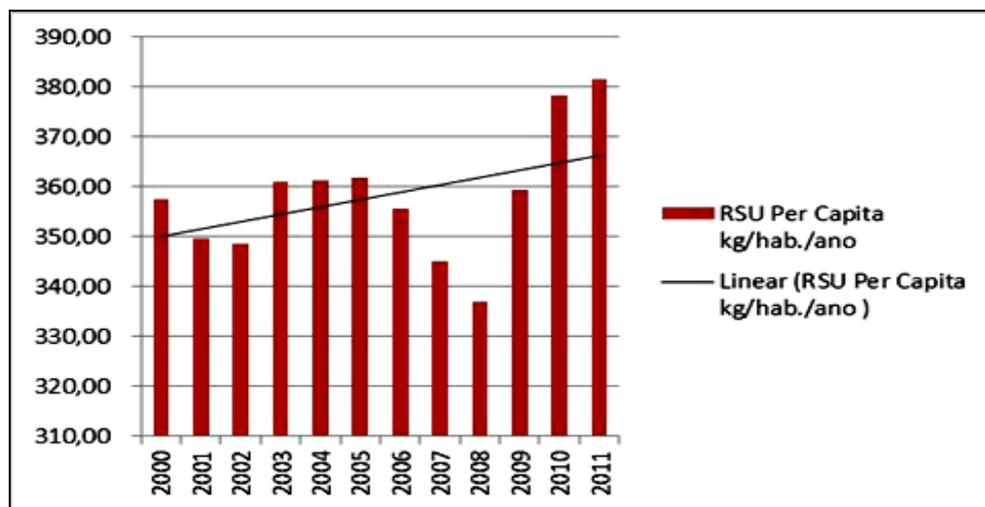
Figura 47 – Geração dos RSU no Brasil – 2000-2011.



Fonte: Modificado do IBGE, 2000 a 2011; ABRELPE, 2000 a 2011.

Já a geração *per capita* dos RSU no Brasil cresceu 9,15 % entre os anos de 2001 a 2011, sendo de 349,57 kg/hab.ano para 381,57 kg/hab.ano respectivamente. A Figura 48 mostra este crescimento.

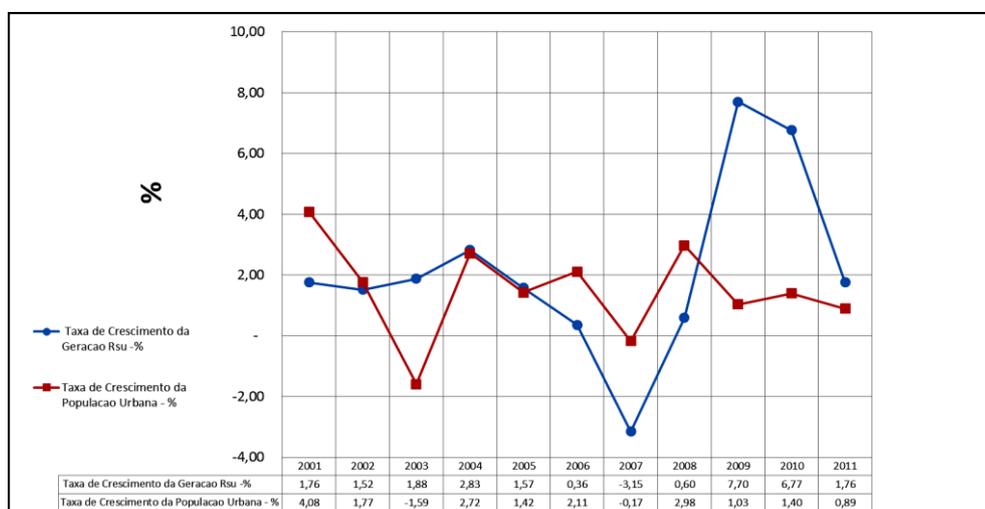
Figura 48 - *RSU per capita* – 2000 - 2011 – Brasil.



Fonte: Modificado ABRELPE, 2000 a 2011.

Na Figura 49, comparamos as taxas anuais de crescimento da geração dos RSU com a população urbana. O intervalo pesquisado coincidiu com os anos 2001 a 2011. Os dados foram obtidos do IBGE (2005, 2008, 2010a, 2011a, 2011b, 2012e) e da ABRELPE (2001 a 2011).

Figura 49 – Taxas anuais de crescimento da geração dos RSU e população urbana do Brasil – 2001 a 2011.



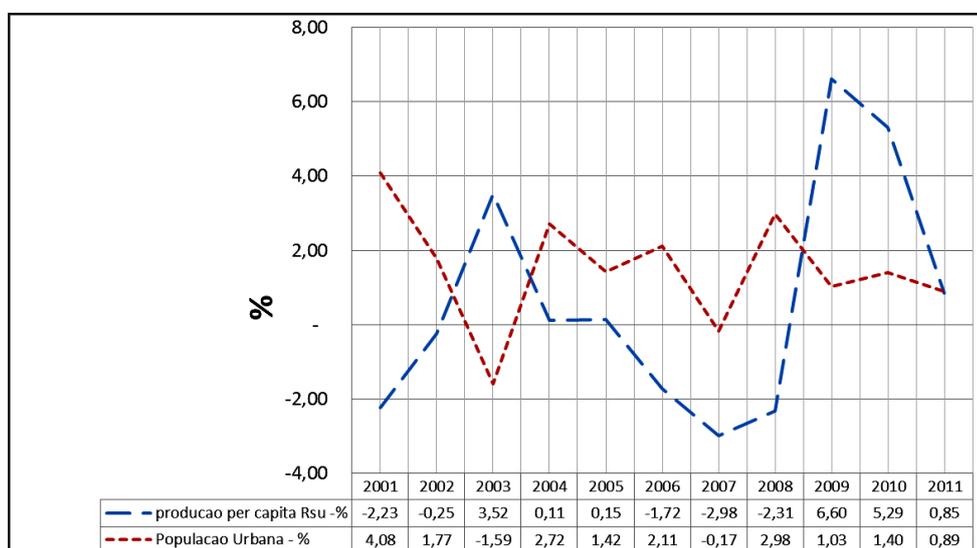
Fonte: Elaboração própria, 2013.

Ainda de acordo com a Figura 49, é notório o fato de que a geração dos RSU no Brasil, durante os anos de maior crescimento econômico (2008 a 2011), são maiores do que a população urbana. Em 2011, no entanto, houve uma queda da taxa da geração dos RSU, existindo duas possibilidades: início de menor crescimento econômico brasileiro e o consumo médio que atingiu seu patamar em 2010.

Com suporte nos dados obtidos do IBGE (2005, 2008, 2010a, 2011a, 2011b, 2012e) e da ABRELPE (2001 a 2011), na Figura 50, foi feita a paridade entre a produção *per capita* dos RSU com a população urbana do Brasil, no mesmo período.

Notamos, mais uma vez, que as taxas de crescimento anuais da *per capita* dos RSU aumentaram mais do que a população urbana, excetuando-se no ano 2011, com as mesmas possibilidades já citadas.

Figura 50 – Taxas anuais de crescimento da produção *per capita* dos RSU e da população urbana do Brasil, em % – 2001 a 2011.



Fonte: Elaboração própria, 2013.

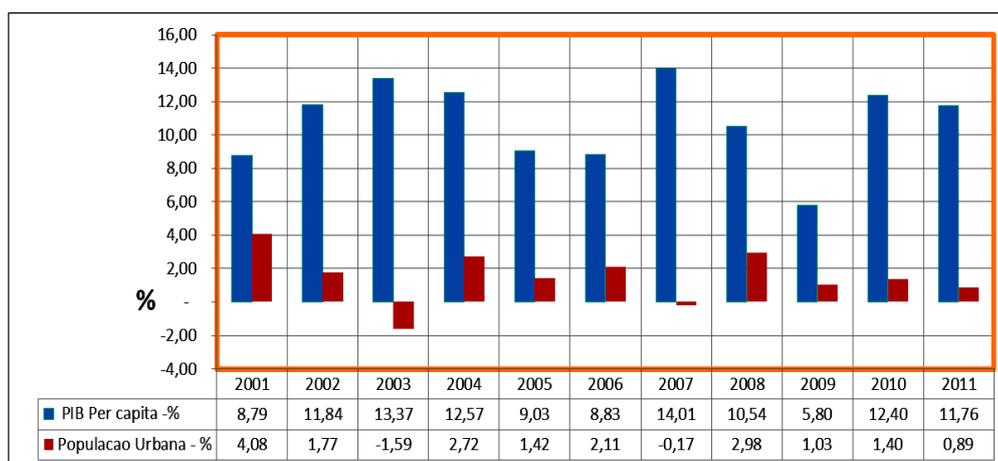
Foi evidenciado nas Figuras anteriores o fato de que o crescimento dos RSU acontece principalmente nos últimos anos no Brasil, devido provavelmente ao crescimento econômico e do consumismo.

É notório o fato de que a eclosão do crescimento da geração dos RSU, no Brasil, teve início em 2007, apesar de uma ligeira queda em início em 2011, provavelmente em decorrência de uma ligeira queda no consumo. A geração dos RSU, contudo, aumenta na maioria das grandes cidades brasileiras, com taxas de crescimento superiores ao percentual da população urbana.

Este crescimento pode ser comprovado, segundo o IBGE (2012e), ao indicar que a geração dos RSU no Brasil aumentou em 24%, enquanto a população urbana cresceu apenas 12%, nos últimos dez anos.

Na Figura 51, estão as curvas de crescimento anual dos valores do PIB total e da população urbana do Brasil, obtidas do IBGE (2005, 2008, 2010a, 2011a, 2011b, 2012e, 2012i).

Figura 51– Taxas anuais de crescimento do PIB *per capita* total e população urbana do Brasil, em % – 2001 a 2011.

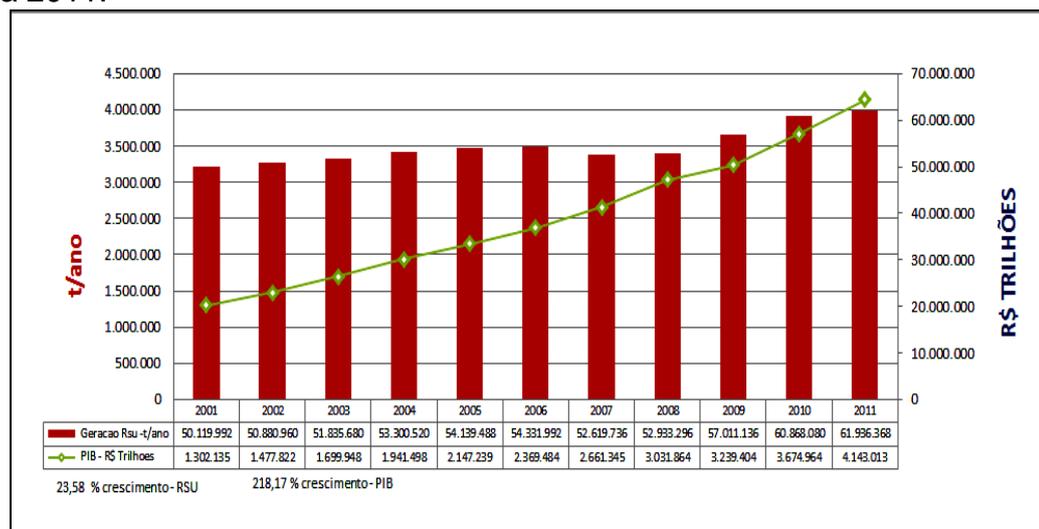


Fonte: Elaboração própria, 2013.

Constatamos (Figura 51) que, na comparação dos valores das taxas de crescimento anual do PIB *per capita* com a população urbana do Brasil, houve um crescimento acentuado do PIB entre os anos 2001 a 2011, resultado da do crescimento econômico brasileiro. Neste período o PIB *per capita* cresceu 183,70% e a população urbana 13,21%.

Com as informações obtidas do IBGE (2005, 2008, 2010a, 2011a, 2011b, 2012e, 2012i) e da ABRELPE (2003 a 2011), e segundo a Figura 52, é observável que o crescimento do PIB total brasileiro acompanha o crescimento na geração dos RSU, principalmente nos últimos quatro anos.

Figura 52 – Crescimento do PIB total e geração dos RSU do Brasil – 2001 a 2011.



Fonte: Elaboração própria, 2013.

Podemos constatar em todas as comparações do PIB, a preços correntes e da geração dos RSU, o crescimento de ambos os indicadores no Brasil.

Isto mostra que para o dimensionamento de veículos e equipe de coleta de resíduos urbanos nas grandes e médias cidades brasileiras, assim como as projeções para a vida útil de aterros sanitários, os valores devem ser corrigidos por um fator referente à economia. Esse fator é função do aumento da renda, da cultura de desperdício, da educação, da fiscalização, da coleta seletiva e do consumismo.

4.2 Análises dos indicadores de sustentabilidade para Fortaleza

Os indicadores de sustentabilidade escolhidos para serem analisados foram divididos em indicadores ambientais e sanitários, indicadores sociais e indicadores econômicos.

4.2.1 Análises dos indicadores ambientais e sanitários de Fortaleza

Os indicadores sanitários e ambientais considerados nesta pesquisa para a cidade de Fortaleza são: geração total e geração *per capita* de RSU, consumo de água tratada e consumo de energia elétrica.

4.2.1.1 Análise da Geração de RSU de Fortaleza

O Município se caracteriza como uma cidade de serviços, comércio e de turismo. Isso influencia na geração dos RSU e na sua tipologia. Na Tabela 12, estão os dados populacionais, a geração de RSU e a geração *per capita*, entre os anos pesquisados, 2001 a 2011, do IBGE e da ACFOR.

Tabela 12 – Dados populacionais, geração de RSU e *per capita* de Fortaleza – 2001 a 2011.

Indicadores	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
População urbana	2.183.612	2.219.837	2.256.233	2.332.657	2.374.944	2.416.920	2.431.415	2.473.614	2.416.209	2.452.185	2.476.589
Geração – t/ano	1.055.160	1.004.630	864.737	730.067	944.083	1.062.288	1.188.843	1.186.655	1.436.782	1.626.021	1.890.159
Per capita RSU Kg/hab.ano	483,22	452,57	383,27	312,98	397,52	439,52	488,95	479,73	594,64	663,09	763,21

Fonte: IBGE, 2001 a 2011; ACFOR, 2001 a 2011.

Pelos dados da Tabela 12, é possível avaliar que a quantidade de RSU cresceu entre os anos 2001 a 2011, cerca de 79,13%, enquanto a população urbana, para o mesmo período, teve um crescimento de 13,42%. A geração *per capita* dos RSU aumentou substancialmente, com 57,94%, entre os anos 2001 a 2011. Observa-se que, em 2004, a geração *per capita* dos RSU obteve uma queda, em virtude a sub-registros nas informações.

Na Tabela 13, com os dados obtidos da ACFOR⁴⁶ e do IBGE⁴⁷ (2012), ambos de (2001 a 2011), há um resumo das taxas de crescimento da população urbana, da geração total e geração *per capita* dos RSU de Fortaleza.

⁴⁶ Cf. ACFOR, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011.

⁴⁷ Cf. IBGE, 2012b, 2012c, 2012d, 2012e.

Tabela 13 – Crescimento da população urbana, geração dos RSU e geração *per capita* entre os anos 2001 a 2011 de Fortaleza.

	Crescimento -%
População urbana	13,42%
Geração dos RSU - t/ano	79,13%
<i>Per capita</i> dos RSU kg/hab.ano	57,94%

Fonte: Elaboração própria, 2013.

A geração *per capita* em Fortaleza entre nos anos de 2009 a 2011 varia provavelmente em razão do aumento de consumo nos últimos anos, chegando a 1,94 kg/hab.dia⁴⁸ para os RSU e, quando comparada com a média brasileira, com 1,05 kg/hab. dia⁴⁹, representa uma diferença a mais de 85,56% (ACFOR, 2009, 2010, 2011).

Estudamos os dados da ACFOR e IBGE, dos anos de 2009 a 2011, para todos os resíduos coletados (domiciliares, comerciais e os urbanos) pelo Poder Público Municipal. Percebemos que também há crescimento da geração de todos os tipos de resíduos coletados (Tabela 14), confirmando, assim, a tendência de outras regiões brasileiras.

Tabela 14 - Geração de resíduos e a geração *per capita* de resíduos sólidos domiciliares, comerciais e urbanos de Fortaleza - 2009 a 2011.

ANO	População Urbana	Geração de resíduos – t/dia		Geração <i>per capita</i> de resíduos – kg/hab.dia	
		Domiciliares e Comerciais	RSU	Domiciliares e Comerciais	RSU
2009	2.416.209	1.575,98	3.936,39	0,65	1,63
2010	2.452.185	1.516,19	4.454,85	0,62	1,82
2011	2.476.589	1.632,92	5.178,52	0,66	2,09

Fonte: Adaptado da ACFOR (2009 a 2012); IBGE (2009 a 2011).

Na Figura 53, estão expressas as taxas de crescimento anual da geração *per capita* dos RSU e da população urbana de Fortaleza, de 2001 a 2011. Os dados foram pesquisados na ACFOR⁵⁰ (2001 a 2011) e IBGE⁵¹ (2012).

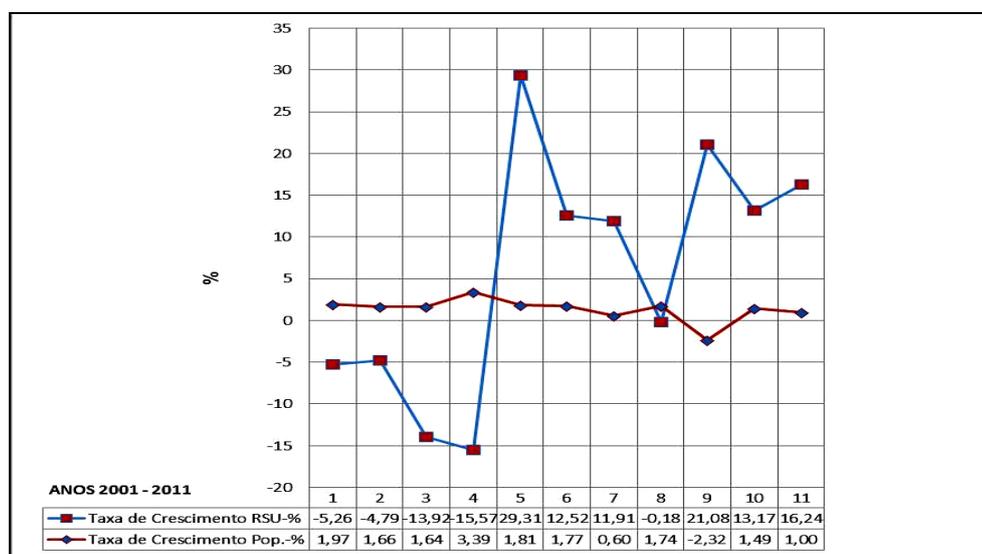
⁴⁸ Equivalente a 708,10 kg/hab./ano

⁴⁹ Equivalente a 381,60 kg/hab./ano

⁵⁰ ACFOR, *loc.cit.*

⁵¹ Cf. IBGE, 2012b, 2012c, 2012d, 2012e.

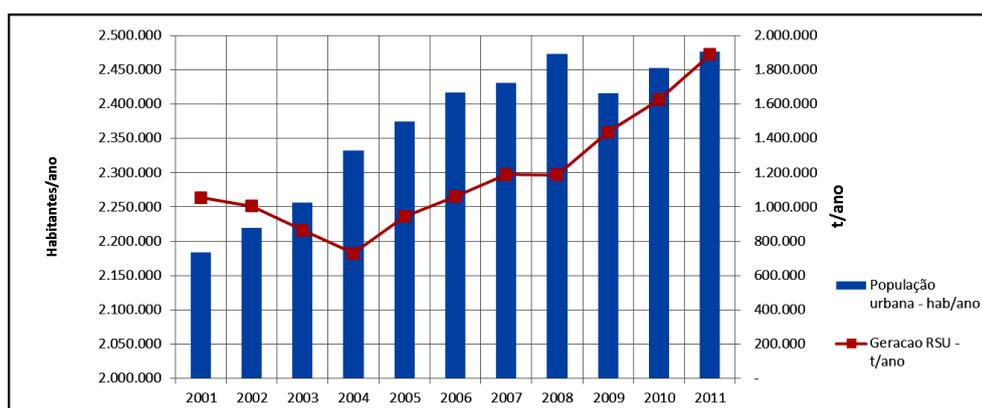
Figura 53 – Taxas anuais de crescimento da geração dos RSU e da população urbana de Fortaleza, em % – 2001 a 2011.



Fonte: Elaboração própria, 2013.

Na Figura 54, mostra as quantidades da geração de RSU em relação ao número de habitantes entre 2001 a 2011 de Fortaleza. Os dados foram pesquisados na ACFOR⁵² (2001 a 2011) e IBGE⁵³ (2012).

Figura 54 – Comparação do crescimento da geração dos RSU e a população urbana de Fortaleza – 2001 a 2011.



Fonte: Elaboração própria, 2013.

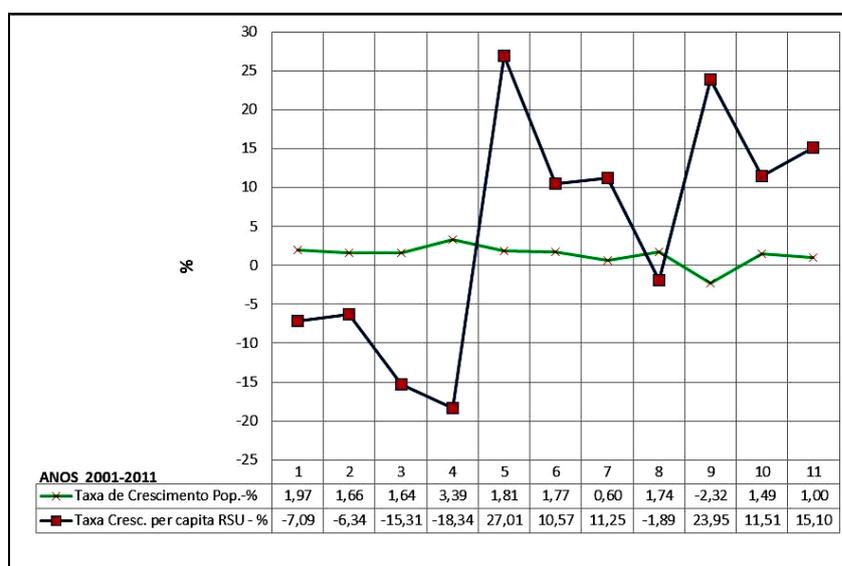
Verificando-se os dados da Figura 54, obtidos da ACFOR⁵⁴ (2001 a 2011) e IBGE⁵⁵ (2012), mostra que a geração dos RSU de Fortaleza, a partir de 2004, tem crescido de forma acelerada, atingindo em 2011 o ápice desse período analisado.

⁵² ACFOR, *loc.cit.*

⁵³ Cf. IBGE, 2012b, 2012c, 2012d, 2012e.

Observando-se os dados mostrados na Figura 55, originados da ACFOR⁵⁶ (2001 a 2011) e IBGE⁵⁷ (2012), notamos que o índice de crescimento anual da geração *per capita* dos RSU, em Fortaleza, teve início em 2004, apesar de uma ligeira queda a partir de 2011. Com início em 2004, o crescimento da geração de RSU superou o da população urbana, tanto para a geração total como para a geração *per capita*. Isso é preocupante, pois denota a urgência em reduzir a geração dos resíduos urbanos, como constante nas ações propostas no Plano de Gestão de Resíduos Sólidos de Fortaleza, de 2012 (ACFOR, 2012).

Figura 55 – Taxas anuais de crescimento da geração *per capita* dos RSU e população urbana de Fortaleza, em % – 2001 a 2011.



Fonte: Elaboração própria, 2013.

No Plano de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos de Fortaleza, executado pela ACFOR (2012), em consonância com a Política de Resíduos Sólidos do Brasil, existem ações previstas e que foram amplamente discutidas pela sociedade e organismos públicos, durante sua elaboração. As sugestões objetivam a necessidade da implantação de um amplo programa de coleta seletiva, com a participação dos trabalhadores recicladores, de novas tecnologias para o tratamento

⁵⁴ ACFOR, *loc.cit.*

⁵⁵ IBGE, *loc.cit.*

⁵⁶ ACFOR, *loc.cit.*

⁵⁷ Cf. IBGE, 2012b, 2012c, 2012d, 2012e.

dos RSU e de programas de Educação Ambiental, entre outras sugestões encontradas no Plano.

Uma justificativa seria de que o crescimento dos RSU vem acontecendo na última década em Fortaleza como consequência do crescimento econômico e de uma demanda que antes era reprimida para o consumo, e que nos últimos anos aumenta progressivamente.

4.2.1.2 A Geração de RSU e o consumo de água de Fortaleza

Com um maior aumento do consumismo, ocorreu também maior demanda de água tratada no Município de Fortaleza. O aumento *per capita* do consumo de água tratada, entre 2001 a 2011, foi de 25,04 %, e de 57,94% para os RSU (Tabela 15).

Tabela 15 – Consumo *per capita* de água e da geração *per capita* de RSU – Fortaleza - 2001 a 2011.

ANO	<i>Per Capita</i>	
	Consumo de Água	Geração <i>per capita</i> de RSU
	m ³ /hab.ano	kg/hab.ano
2001	36,07	483,22
2002	36,66	452,57
2003	37,26	383,27
2004	37,24	312,98
2005	38,37	397,52
2006	38,83	439,52
2007	40,41	488,95
2008	40,86	479,73
2009	43,09	594,64
2010	46,13	663,09
2011	45,10	763,21

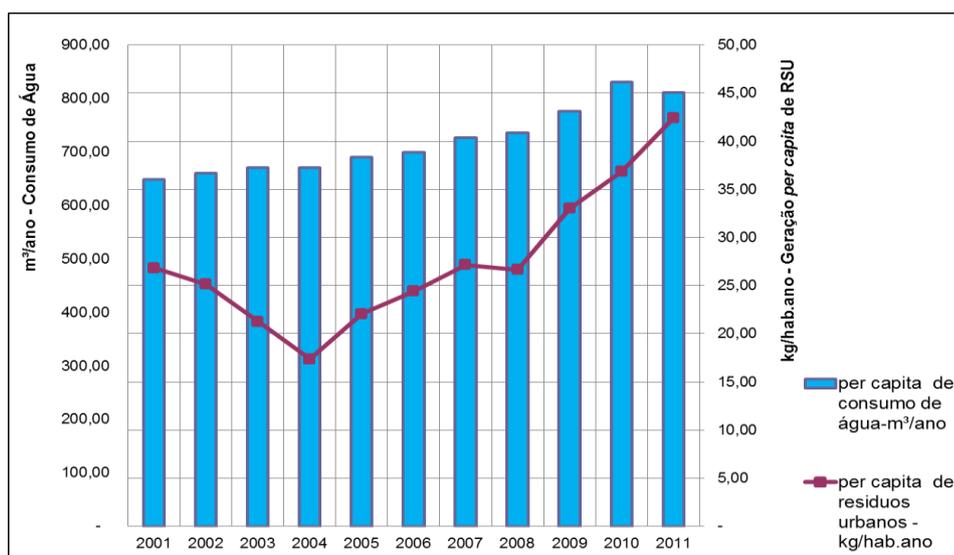
Fonte: Adaptado da CAGECE, 2001 a 2011; ACFOR, 2001 a 2011.

Com os dados da Tabela 15, elaboramos a Figura 56, onde os valores *per capita* do consumo de água tratada e a geração *per capita dos RSU*, obtidos da CAGECE (2001 a 2011) e da ACFOR⁵⁸ (2001 a 2011), revelaram que ambas as curvas têm crescimento ascendente, notoriamente dos anos 2004 a 2011,

⁵⁸ ACFOR, *loc.cit.*

excetuando-se para o consumo de água no ano 2011, por razões ainda desconhecidas. Para todo período estudado (2001 a 2011), a geração *per capita* dos RSU cresceu 2,3 vezes a mais em relação a *per capita* do consumo de água tratada.

Figura 56 - Consumo *per capita* de água e da geração *per capita* de RSU – Fortaleza - 2001 a 2011.



Fonte: Elaboração própria, 2013.

4.2.1.3 A Geração de RSU e o consumo de energia elétrica de Fortaleza

Analisando os valores entre os *per capita*s do consumo de energia elétrica e a geração dos RSU, observamos um aumento do valor *per capita* do consumo de energia elétrica, de 2001 a 2011 de 14,75%, enquanto o crescimento do valor da *per capita* da geração dos RSU foi de 57,94%. Para todo período estudado (2001 a 2011), a geração *per capita* dos RSU cresceu 3,9 vezes a mais em relação a *per capita* do consumo de energia elétrica. É importante ressaltar que tanto a energia elétrica como a geração dos RSU cresceram nos últimos 11 anos, mesmo com índices diferentes (Tabela 16).

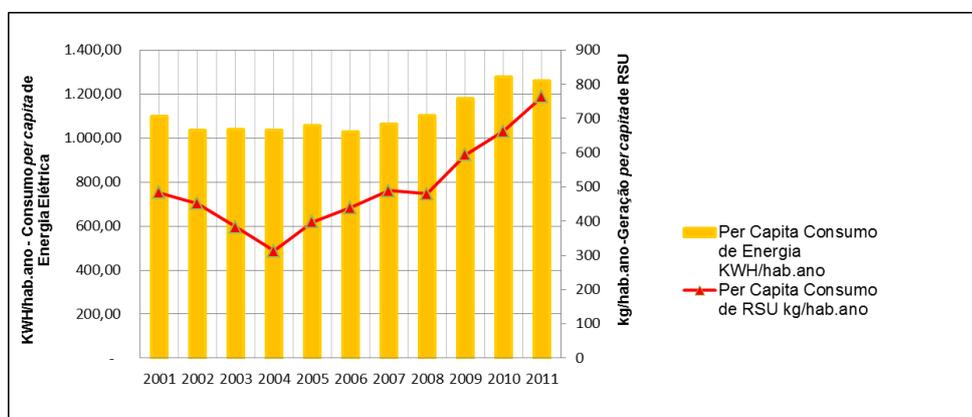
Tabela 16 – Consumo *per capita* de energia elétrica e da geração *per capita* dos RSU – Fortaleza - 2001 a 2011.

ANO	Per Capita	
	Consumo de Energia	Geração per capita dos RSU
	kWh/hab.ano	kg/hab.ano
2001	1.099,47	483,22
2002	1.035,39	452,57
2003	1.041,32	383,27
2004	1.035,48	312,98
2005	1.056,58	397,52
2006	1.030,82	439,52
2007	1.063,58	488,95
2008	1.104,50	479,73
2009	1.179,23	594,64
2010	1.279,10	663,09
2011	1.261,59	763,21

Fonte: Adaptado da COELCE, 2001 a 2011; ACFOR, 2001 a 2011.

Com os dados (Tabela 16) obtidos da COELCE (2001 a 2011) e da ACFOR⁵⁹ (2001 a 2011), temos na Figura 57 as curvas do consumo *per capita* de energia elétrica e da geração *per capita* da geração de RSU para a cidade de Fortaleza. Verificamos também o mesmo comportamento encontrado quanto ao consumo *per capita* de água tratada. Isso mostra uma correlação forte entre o consumo de energia elétrica, de água tratada e da geração dos RSU, provavelmente pela ascensão das classes sociais.

Figura 57– Consumo *per capita* de energia elétrica e geração *per capita* de RSU – Fortaleza - 2001 a 2011.



Fonte: Elaboração própria, 2013.

⁵⁹ACFOR, *loc.cit.*

4.2.2 Análises dos indicadores sociais de Fortaleza

Os indicadores sociais estudados foram o IDH e o Indicador de Gini. Ambos foram analisados por serem indicadores de qualidade de vida, que têm informações referentes à saúde, à educação e ao crescimento econômico.

4.2.2.1 A geração de RSU, Índice de GINI e o IDH de Fortaleza

Na Tabela 17, mostra para o período de 2001 a 2011, os valores dos indicadores IDH, índice de GINI e geração de RSU para a Cidade de Fortaleza.

Tabela 17 – IDH, Índice de GINI e geração de RSU – Fortaleza - 2001 a 2011.

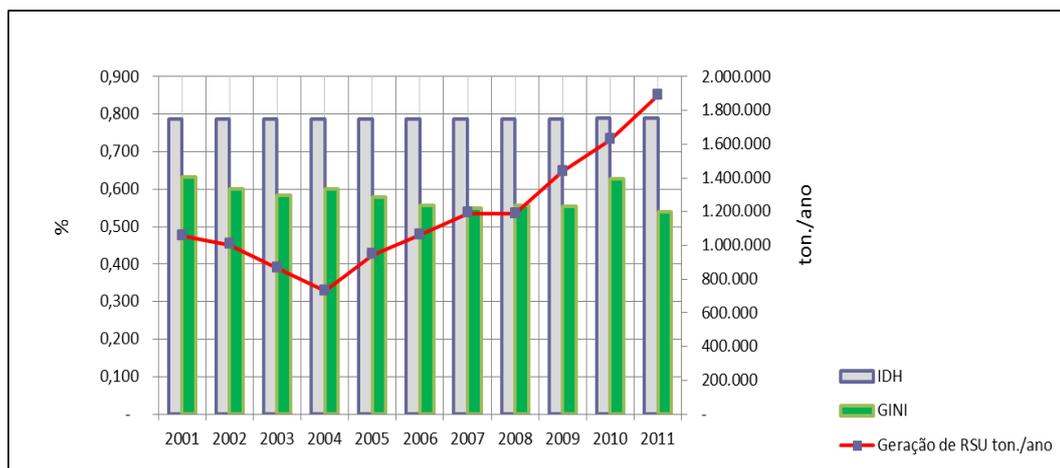
ANO	IDH %	GINI %	Geração de RSU t/ano
2001	0,786	0,6326	1.055.160
2002	0,786	0,6010	1.004.630
2003	0,786	0,5830	864.737
2004	0,786	0,5998	730.067
2005	0,786	0,5795	944.083
2006	0,786	0,5568	1.062.288
2007	0,786	0,5499	1.188.843
2008	0,786	0,5567	1.186.655
2009	0,786	0,5553	1.436.782
2010	0,790	0,6267	1.626.021
2011	0,790	0,5397	1.890.159

Fonte: Adaptado do IBGE, 2001 a 2011; PNUD, 2001 a 2011; ACFOR, 2001 a 2011.

De acordo com a Figura 58, a geração dos RSU em Fortaleza cresceu a partir de 2004, enquanto que o IDH se manteve praticamente sem alteração, ao passo que o Índice de GINI teve pequenas alterações. Esses indicadores sociais têm em suas composições dados relacionados à educação e saúde pública. Percebe-se que enquanto o poder aquisitivo cresceu, aumentando o consumo da geração de RSU em 79,13%, as políticas voltadas à educação e a saúde pública praticamente pouco melhoraram. As informações foram adaptadas do IBGE (2008,

2010a, 2012i), PNUD (2013b) e da ACFOR (2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011).

Figura 58 – Indicadores sociais e a geração de RSU – Fortaleza - 2001 a 2011.



Fonte: Elaboração própria, 2013.

4.2.3 Análises dos indicadores econômicos de Fortaleza

Os indicadores econômicos selecionados para este estudo, que podem ter influências no consumismo, são o PIB, o IPCA e o INPC, para o período entre 2001 a 2011 (Tabela 18).

Tabela 18 – PIB, INPC e IPCA e geração de RSU – Fortaleza - 2001 a 2011.

ANO	PIB (x 1000)	PIB <i>per capita</i>	INPC	IPCA	Geração de RSU
	R\$ Milhões a preços correntes	R\$	%	%	t/ano
2001	11.996.572,00	5.493,91	9,44	7,67	1.055.160
2002	14.348.427,00	6.463,73	14,74	12,53	1.004.630
2003	16.048.065,00	7.112,77	10,38	9,30	864.737
2004	17.623.128,00	7.554,96	6,13	7,60	730.067
2005	20.060.099,00	8.446,56	5,05	5,69	944.083
2006	22.331.722,00	9.239,74	2,81	3,14	1.062.288
2007	24.476.378,00	10.066,72	5,16	4,46	1.188.843
2008	28.350.622,00	11.461,22	6,48	5,90	1.186.655
2009	31.789.186,00	13.156,64	4,11	4,31	1.436.782
2010	35.876.700,00	14.630,50	6,48	5,92	1.626.021
2011	37.196.600,00	15.019,29	6,08	6,50	1.890.159

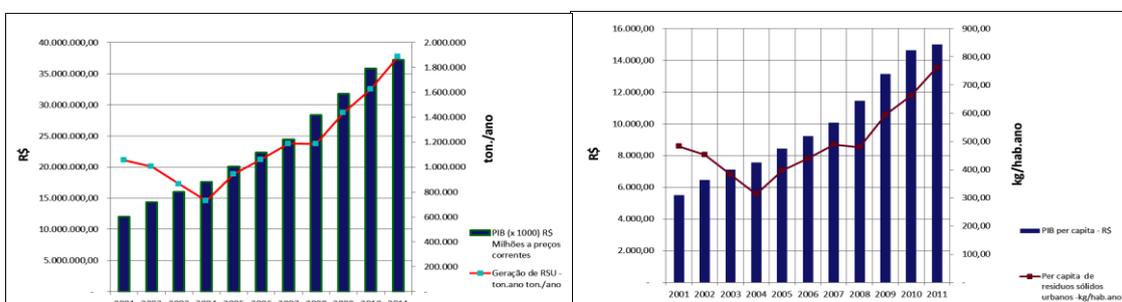
Fonte: Adaptado do PNUD, 2001 a 2011; FGV, 2001 a 2011; ACFOR, 2001 a 2011.

4.2.3.1 A Geração dos RSU e o PIB de Fortaleza

Com as informações do IBGE e da ACFOR, de 2001 a 2011, analisando os dados da Figura 59, constatamos que o PIB apresentou o mesmo comportamento da geração dos resíduos sólidos urbanos para Fortaleza. Deduzimos que o crescimento econômico do PIB de Fortaleza, principalmente nos últimos quatro anos, acompanha o incremento da geração dos RSU.

Na Figura 59, observamos que na comparação do valor *per capita* do PIB com a geração *per capita* dos RSU, há um crescimento acentuado da geração dos RSU, a partir de 2008, o mesmo aconteceu para a geração total de RSU e o PIB total. Isto ocorreu, provavelmente devido ao crescimento econômico brasileiro e ascensão das classes sociais principalmente no Nordeste, devido ao maior consumo.

Figura 59 - Geração RSU e PIB total e *per capita* da geração RSU e PIB - Fortaleza – 2001 a 2011.



Fonte: Elaboração própria, 2013.

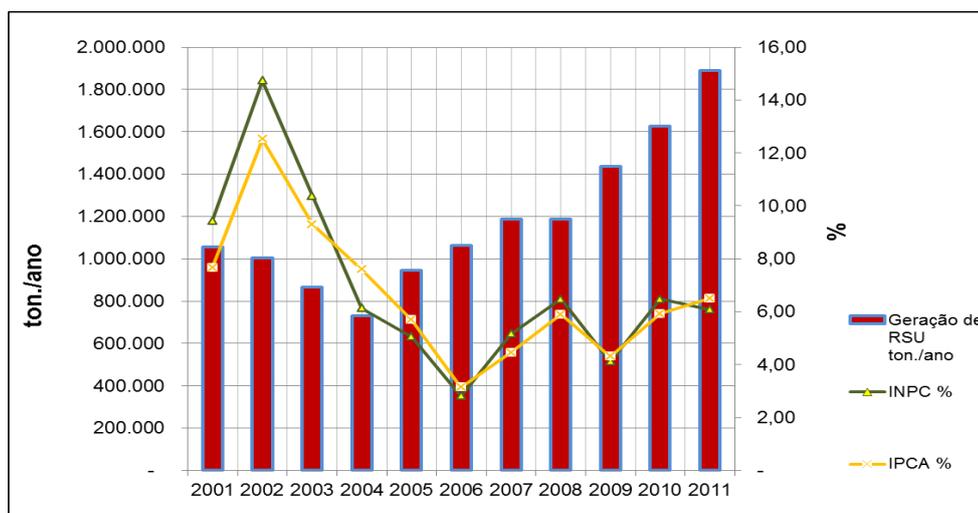
Ainda verificando as referidas curvas (Figura 59), mostramos que a geração dos RSU de Fortaleza alcançou o crescimento do PIB, a preços correntes, em 2011.

Verificamos também que, ao comparar as curvas do PIB com a da geração dos RSU, as duas crescem juntas, a partir de 2004, ocorrendo o fato do início do crescimento econômico brasileiro com maior poder aquisitivo, controle da inflação e incentivo ao consumo interno.

4.2.3.2 A Geração dos RSU, o INPC e o IPCA de Fortaleza

De acordo com a Figura 60 e com os dados no período (2001 a 2011), extraídos do PNUD; FGV e da ACFOR, examinamos os indicadores IPCA e INPC com a geração dos RSU para Fortaleza. Pode-se garantir que, praticamente, as curvas do INPC e IPCA são iguais; no entanto, a curva da geração dos RSU cresce de forma contínua em 2004. Isso mostra que existiu pouca correlação entre os indicadores INPC e IPCA e a geração dos RSU, neste período estudado. Os indicadores INPC e IPCA são estudados principalmente para verificar o aumento de preços e a inflação. Neste período entre 2003 a 2011 a inflação foi controlada pelo Governo Federal e a população beneficiada com maior poder de compras, gerando maior consumo e ascensão das classes mais pobres.

Figura 60 – INPC, IPCA e a geração de RSU – Fortaleza - 2001 a 2011.

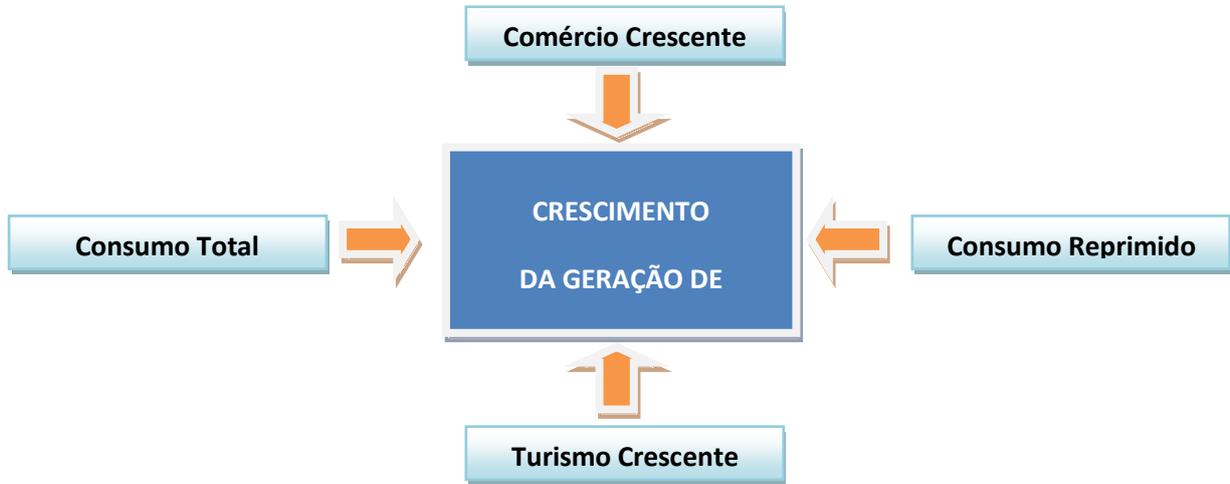


Fonte: Elaboração própria, 2013.

4.3 Aplicação do Modelo PEIR dos RSU em Fortaleza

Aplicando o Modelo PEIR (Estado - Pressão – Impacto – Resposta), conceituado no subcapítulo 2.2, tem-se a configuração, indicada na Figura 61, para as diversas ‘pressões’ que contribuem para geração dos RSU em Fortaleza.

Figura 61 – Aplicação do Modelo PEIR para Fortaleza.



Fonte: Elaboração própria, 2013.

4.4 O uso da análise estatística

Como descrito no capítulo 3, para a análise estatística, usamos o “pacote” computacional SPSS, na versão 19.0, e adotamos nível de significância de 5%, para as análises estatísticas. A Figura 62 mostra as entradas de dados e a sua aplicação.

Figura 62 - Base de dados desenvolvida no *software* SPSS versão 19.0.

	Ano	PIB	IDH	PopUrb	GeraRes	INPC	IPCA	Gini	EnergAcum	ConsAgua
1	2001	11996572.00	,786	2183612	1055160	9.44	7.67	,6326	2400820283	78757197
2	2002	14348427.00	,786	2219837	1004630	14.74	12.53	,6010	2298396616	81372321
3	2003	16048065.00	,786	2256233	864737	10.38	9.30	,5830	2349450425	84074280
4	2004	17623128.00	,786	2332657	730067	6.13	7.60	,5998	2415424851	86865957
5	2005	20060099.00	,786	2374944	944083	5.05	5.69	,5795	2509322840	91122672
6	2006	22331722.00	,786	2416920	1062288	2.81	3.14	,5568	2491414080	93847467
7	2007	24476378.00	,786	2431415	1188843	5.16	4.46	,5499	2586012719	98241338
8	2008	28350622.00	,786	2473614	1186655	6.48	5.90	,5567	2732118334	101074767
9	2009	31789186.00	,786	2416209	1436782	4.11	4.31	,5553	2849264625	104113961
10	2010	35876700.00	,790	2452185	1626021	6.48	5.92	,6267	3136589255	113114993
11	2011	37196600.00	,790	2476589	1890159	6.08	6.50	,5397	3124443024	111690590

Fonte: Elaboração própria, 2013.

Na Figura 63, mostramos as características das variáveis da base de dados do *software*.

Figura 63 – Características das variáveis da base de dados desenvolvida no *software* SPSS versão 19.0.

	Name	Type	Width	Decimals	Label	Values	Missing	Columns	Align	Measure	Role
1	Ano	Numeric	4	0	Ano	None	None	8	Right	Scale	Input
2	PIB	Numeric	8	2	PIB R\$ Milhões a preços correntes (x 1000)	None	None	8	Right	Scale	Input
3	IDH	Numeric	4	3	Índice de Desenvolvimento Humano - IDH	None	None	8	Right	Scale	Input
4	PopUrb	Numeric	9	0	População urbana	None	None	8	Right	Scale	Input
5	GeraRes	Numeric	9	0	Geração de Resíduo - ton/ano	None	None	8	Right	Scale	Input
6	INPC	Numeric	4	2	Índice Nacional de Preços ao Consumidor - INPC	None	None	8	Right	Scale	Input
7	IPCA	Numeric	4	2	Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo - IPCA	None	None	8	Right	Scale	Input
8	Gini	Numeric	5	4	Coefficiente de Gini	None	None	8	Right	Scale	Input
9	EnergAcum	Numeric	11	0	Energia Acumulada - kWh/ano	None	None	8	Right	Scale	Input
10	ConsAgua	Numeric	9	0	Consumo de Água - m³/ano	None	None	8	Right	Scale	Input
11											

Fonte: Elaboração própria, 2013.

4.4.1 Dados referentes aos indicadores sociais, econômicos e ambientais

Com base nos dados obtidos do IBGE⁶⁰ (2001 a 2011); PNUD (2013 a, 2013b); FGV (2001 a 2011); COELCE⁶¹ (2001 a 2011); CAGECE⁶² (2001 a 2011); ACFOR⁶³ (2001 a 2011), encontram-se, na Tabela 19, os indicadores de sustentabilidade dos anos de 2001 a 2011 para o Município de Fortaleza e que foram utilizados para a análise estatística.

⁶⁰ IBGE (2001 a 2011), *op.cit.*

⁶¹ Cf. COELCE, 2013.

⁶² Cf. CAGECE, 2013.

⁶³ ACFOR, *op.cit.*

Tabela 19 – Indicadores de sustentabilidade de Fortaleza – 2001 a 2011.

Indicadores de Fortaleza	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
PIB R\$ Milhoes a preços correntes (x 1000)	11.996.572,00	14.348.427,00	16.048.065,00	17.623.128,00	20.060.099,00	22.331.722,00	24.476.378,00	28.350.622,00	31.789.186,00	35.876.700,00	37.196.600,00
PIB <i>per capita</i> - R\$	5.493,91	6.463,73	7.112,77	7.554,96	8.446,56	9.239,74	10.066,72	11.461,22	13.156,64	14.630,50	15.019,29
IDH - %	0,786	0,786	0,786	0,786	0,786	0,786	0,786	0,786	0,786	0,790	0,790
População urbana - hab.ano	2.183.612	2.219.837	2.256.233	2.332.657	2.374.944	2.416.920	2.431.415	2.473.614	2.416.209	2.452.185	2.476.589
Geração de RSU - t/ano	1.055.160	1.004.630	864.737	730.067	944.083	1.062.288	1.188.843	1.186.655	1.436.782	1.626.021	1.890.159
Per capita de Resíduos-kg/hab.ano	483,22	452,57	383,27	312,98	397,52	439,52	488,95	479,73	594,64	663,09	763,21
INPC	9,44	14,74	10,38	6,13	5,05	2,81	5,16	6,48	4,11	6,48	6,08
IPCA	7,67	12,53	9,30	7,60	5,69	3,14	4,46	5,90	4,31	5,92	6,50
Índice de Gini*	0,6326	0,6010	0,5830	0,5998	0,5795	0,5568	0,5499	0,5567	0,5553	0,6267	0,5397
Consumo de Energia Elétrica-kWh/ano	2.400.820.283	2.298.396.616	2.349.450.425	2.415.424.851	2.509.322.840	2.491.414.080	2.586.012.719	2.732.118.334	2.849.264.625	3.136.589.255	3.124.443.024
Consumo de Água - m³/ano	78.757.197	81.372.321	84.074.280	86.865.957	91.122.672	93.847.467	98.241.338	101.074.767	104.113.961	113.114.993	111.690.590

Nota: (*) Gini - As diferenças observadas entre a série de PNAD`s e os censos demográficos refletem as diferentes estruturas nas duas fontes de informação. A PNAD decorre de um levantamento amostral, com coeficientes de variação cujos valores são inversamente proporcionais. Portanto, nem sempre coincidem com a estrutura observada nos censos, que representa o universo populacional. Neste sentido, é necessário cuidado nas comparações entre essas duas distintas fontes de informação.

Fonte: Adaptado do IBGE (2001 a 2011); PNUD (2001 a 2011); FGV (2001 a 2011); COELCE (2001 a 2011); CAGECE (2001 a 2011); ACFOR (2001 a 2011).

4.4.2 Aplicação da análise estatística

Conforme a metodologia explicada no capítulo anterior, a análise estatística tem duas divisões: Estatística descritiva e inferência estatística.

4.4.2.1 Aplicação da Estatística descritiva

Para a aplicação da Estatística descritiva, foram examinadas todas as variáveis, para averiguar a confiabilidade, bem como a fim de torná-las mais manejáveis. A Tabela 20 mostra a média, a moda, a mediana e o desvio-padrão de cada variável.

Observando-se a Tabela 20, pode-se verificar que a população média de Fortaleza no período estudado é de 2.366.746,82 habitantes, que apresentou um PIB médio a preços correntes (x1000) de R\$23.645.227,18. Com relação ao consumo de água e energia, tem-se, 94.934.140,27 m³/ano e 2.626.659.732 kwh/ano, respectivamente. A produção de RSU média foi de 1.180.856,82 t/ano, indicando uma geração *per capita* média de 1,37 kg/hab.dia (500 kg/hab.ano). Este valor é bem maior do que a média brasileira em 2011, segundo a ABRELPE (2011), com 1,22 kg/hab.dia, e a média da Região Nordeste, em 2011 de 1,30 kg/hab.dia.

Tabela 20 - Estatística descritiva para as variáveis PIB, IDH e a População Urbana de Fortaleza - 2001 a 2011.

Estatística Descritiva (n = 11)	VARIÁVEIS								
	PIB	IDH	POPULAÇÃO URBANA	INPC	IPCA	GINI	CONSUMO DE ENERGIA	CONSUMO DE ÁGUA	GERAÇÃO DE RSU
Média	23.645.227,18	0,79	2.366.746,82	6,99	6,64	0,58	2.626.659.732,00	94.934.140,27	1.180.856,82
Moda	Amodal	0,79	Amodal	6,48	Amodal	Amodal	Amodal	Amodal	Amodal
Mediana	22.331.722,00	0,79	2.416.209,00	6,13	5,92	0,58	2.509.322.840,00	93.847.467,00	1.062.288,00
Desvio-Padrão	8.678.057,98	0,0016	104.160,88	3,35	2,61	0,03	297.056.828,99	11.783.856,36	344.527,94
Intervalo de Confiança (5% de Significância)	23.645.227,18 ± 2.616.532,92	0,79 ± 0,0005	2.366.746,82 ± 31.405,68	6,99 ± 1,01	6,64 ± 0,79	0,58 ± 0,01	2.626.659.732 ± 89.566.003,92	94.934.140,27 ± 3.552.966,37	1.180.856,82 ± 103.879,08

Fonte: Elaboração própria, 2013.

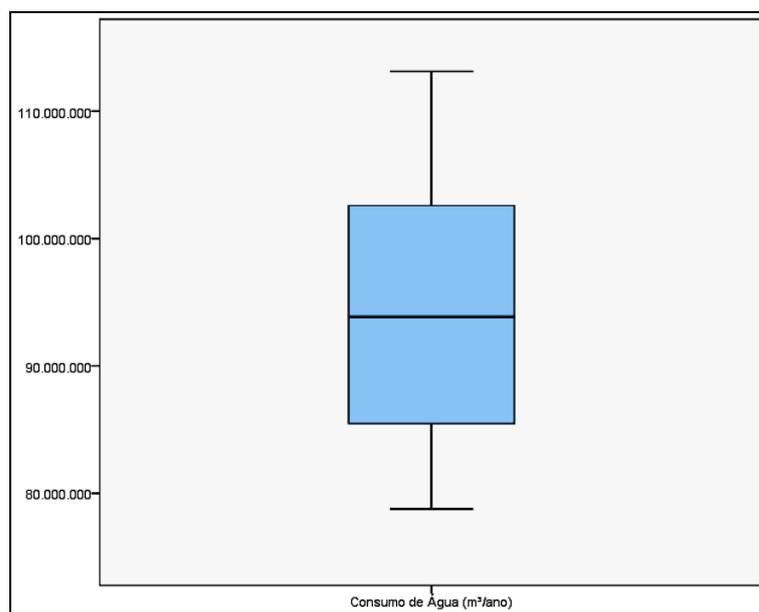
4.4.2.1.1 Análise de normalidade por meio de gráficos *boxplot*

Outra maneira de apresentar a Estatística descritiva como alternativa por intermédio dos gráficos de *boxplot*.

As Figuras 64 a 69 mostram os gráficos de caixas (*boxplot*), dos indicadores selecionados para compor a equação-teste específica para avaliar a normalidade (Shapiro-Wilk).

Observando-se a Figura 64, percebe-se que o *boxplot* do consumo de água tem a melhor homogeneidade dos dados, pois tem uma simetria entre o quartil inferior e o quartil superior.

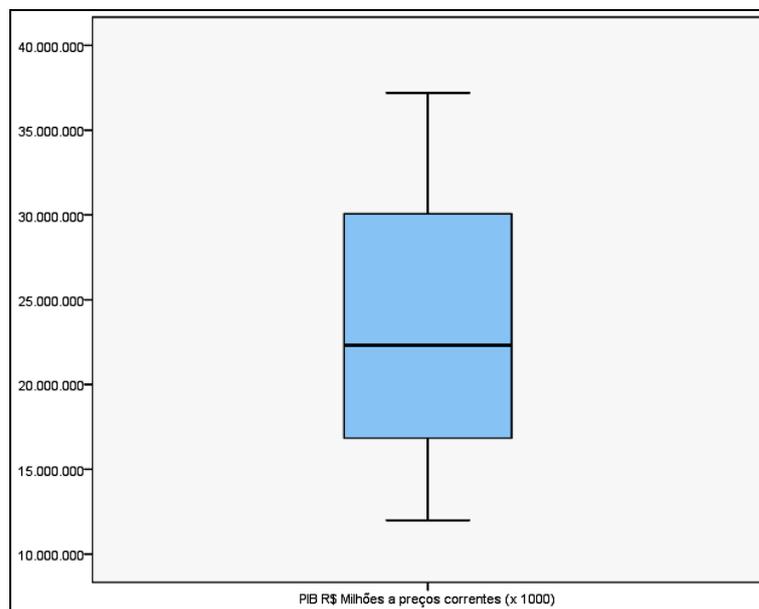
Figura 64 – *Boxplot* do consumo de água (m³/ano) de Fortaleza - 2001 a 2011.



Fonte: Elaboração própria, 2013.

De acordo com a Figura 65, o *boxplot* do PIB total, a preços correntes, tem a segunda melhor homogeneidade dos dados. A maior quantidade dos dados está no 3º quartil (quartil superior).

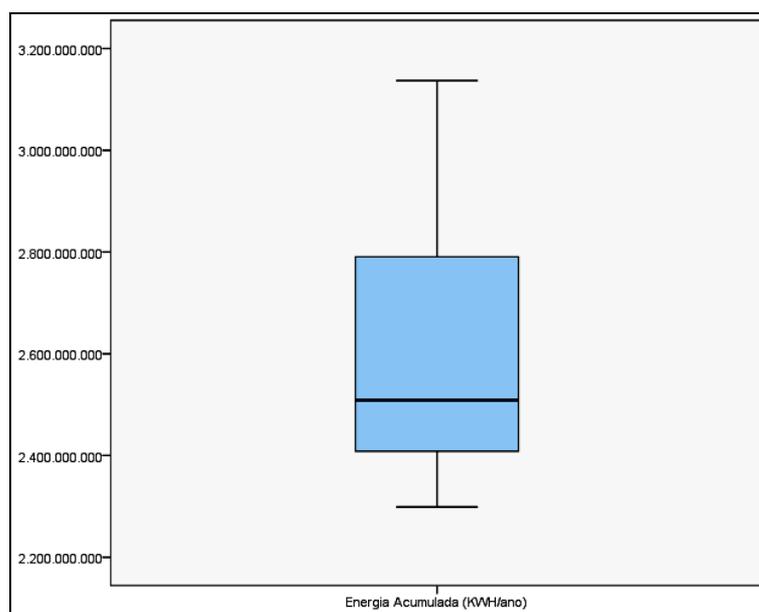
Figura 65 – *Boxplot* do PIB em R\$ Milhões, a preços correntes (x 1000) de Fortaleza - 2001 a 2011.



Fonte: Elaboração própria, 2013.

Na Figura 66 temos o *boxplot* do consumo de energia elétrica acumulada de Fortaleza. Notamos que os dados têm uma assimetria e que há maiores valores no quartil superior.

Figura 66 - *Boxplot* do consumo de energia elétrica (kWh/ano) de Fortaleza -2001 a 2011

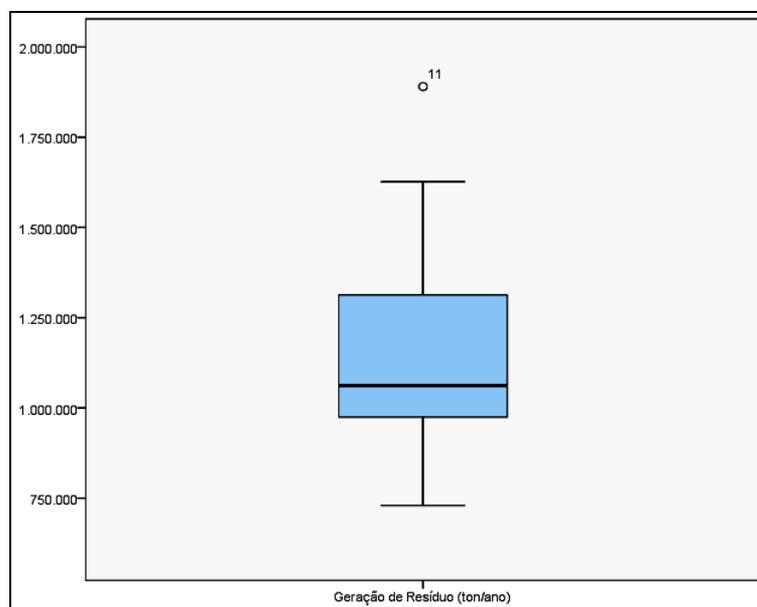


Fonte: Elaboração própria, 2013.

Já no diagrama do *boxplot* da geração dos RSU (Figura 67), houve uma assimetria, pois a linha mediana não é equidistante dos extremos. Os dados são mais heterogêneos, o que significa o crescimento da geração dos RSU nos últimos anos.

O valor fora do intervalo interquartilístico mostra que, para o ultimo ano analisado (2011), foi considerado como atípico ou *outlier* (valor deveras alto).

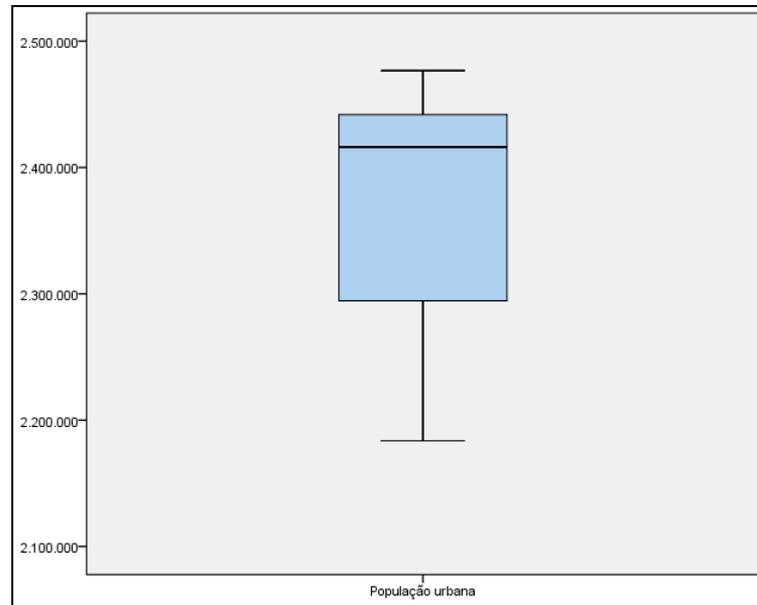
Figura 67 – *Boxplot* da geração de RSU (t/ano) de Fortaleza - 2001 a 2011.



Fonte: Elaboração própria, 2013.

No diagrama (Figura 68) do *boxplot* da população urbana, tem-se a maior parte dos dados localizada no quartil inferior, sendo bastante assimétrica e pouco homogêneos seus dados.

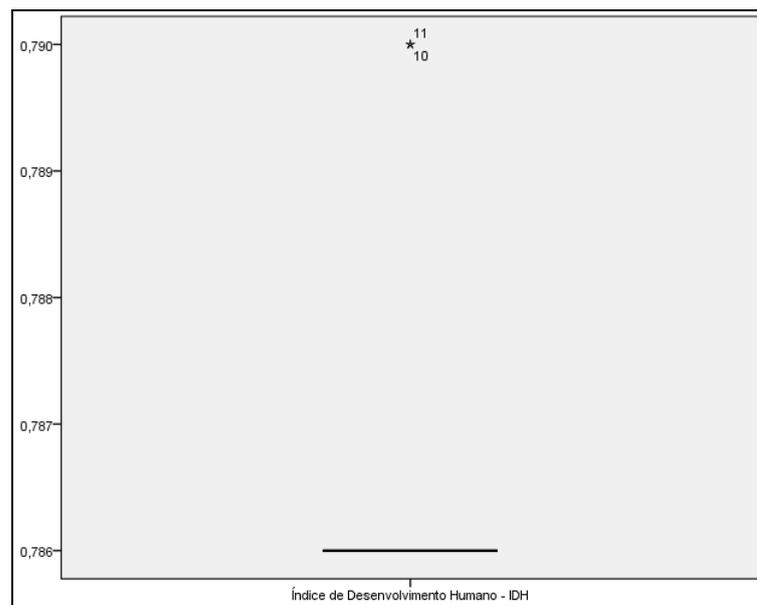
Figura 68 – *Boxplot* da população urbana de Fortaleza -2001 a 2011.



Fonte: Elaboração própria, 2013.

Na Figura 69, o gráfico do *boxplot* do IDH de Fortaleza expressa dois valores considerados extremos (anos 2010 e 2011). Os outros nove valores (anos 2001 a 2009), como são iguais e não há variação entre eles, podem ser considerados como totalmente homogêneos.

Figura 69 - *Boxplot* do IDH de Fortaleza - 2001 a 2011.



Fonte: Elaboração própria, 2013.

4.4.2.2 Aplicação da inferência estatística

4.4.2.2.1 Medidas de correlação

Após escolhido o método de correlação de Pearson, obtivemos, na Tabela 21, o grau de relacionamento entre as variáveis. As correlações foram feitas dois a dois. As variáveis estudadas para correlação foram: a geração dos RSU, o consumo de energia elétrica, o consumo de água, a população urbana, o IDH, o IPCA, o INPC, o GINI e o tempo.

O tempo é uma variável importante, pois é estudado no sentido de averiguar, ao longo dos anos (2001 – 2011), as alterações que aconteceram em cada indicador. Notamos que a geração dos RSU em Fortaleza, entre os anos 2001 a 2011, teve uma correlação intensa, ou seja, acima dos 70% (83,44%). Isso comprova que não foi apenas um crescimento ligado à população urbana, mas, sobretudo, com um crescimento nos padrões econômicos, por causa do consumo, principalmente das classes sociais que ascenderam nos últimos anos.

Neste estudo de correlação estatística não foram utilizados os valores *per capita* dos RSU e do PIB, já que eles estão já privilegiados nos indicadores dos RSU total e do PIB total.

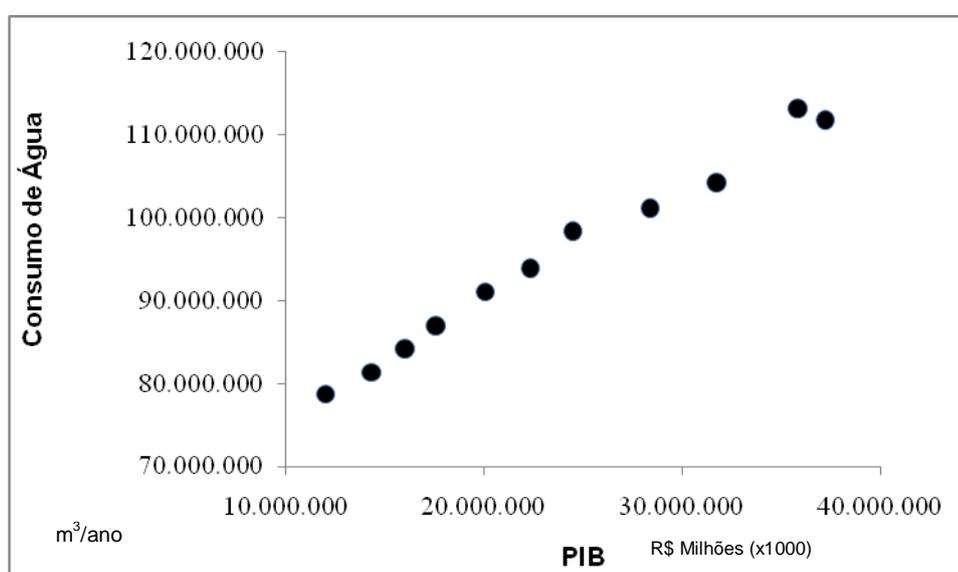
Tabela 21 - Grau de relacionamento entre as variáveis selecionadas para Fortaleza – 2001 a 2011.

	Ano	PIB R\$ Milhões a preços correntes (x 1000)	IDH	População urbana	INPC	IPCA	Gini	Energia Acumulada (kWh/ano)	Consumo de Água (m³/ano)	Geração de RSU (t/ano)
Ano	100,0%									
PIB R\$ Milhões a preços correntes (x 1000)	99,1%	100,0%								
IDH	67,1%	73,5%	100,0%							
População urbana	93,0%	87,9%	46,4%	100,0%						
INPC	-61,0%	-53,1%	-10,4%	-74,9%	100,0%					
IPCA	-59,9%	-52,8%	-8,1%	-72,7%	96,4%	100,0%				
Gini	-53,4%	-44,7%	4,9%	-63,7%	50,3%	48,3%	100,0%			
Energia Acumulada (kWh/ano)	93,2%	96,7%	83,9%	76,8%	-44,1%	-44,7%	-25,1%	100,0%		
Consumo de Água (m³/ano)	99,1%	99,4%	73,3%	90,1%	-56,4%	-56,7%	-42,8%	95,9%	100,0%	
Geração de RSU (t/ano)	83,4%	88,3%	82,8%	61,6%	-26,2%	-31,6%	-29,2%	92,9%	86,0%	100,0%

Fonte: Elaboração própria, 2013.

Analisando a Tabela 21, foi possível verificar que as variáveis de maior correlação foram o consumo de água (m^3/ano) *versus* o PIB R\$ milhões a preços correntes, pois o seu coeficiente de correlação foi de 99,41% ($R = 99,41\%$). Observando-se a Figura 70, é válido garantir que existe correlação intensa, do ponto de vista percentual, e positiva, ou seja, a medida que o PIB aumenta, o consumo de água também cresce de forma diretamente proporcional.

Figura 70 - PIB acumulado *versus* consumo de água - Fortaleza - 2001 a 2011.



Fonte: Elaboração própria, 2013.

É importante ressaltar que as variáveis que tiveram uma correlação mais forte e positiva com a geração de resíduos sólidos foram: Consumo de Energia ($R = 92,85\%$), PIB ($R = 88,29\%$), Consumo de Água ($R = 86\%$), Tempo ($R = 83,44\%$), e IDH ($R = 82,84\%$), ou seja, essas variáveis exprimem uma relação de causa e efeito com a geração de resíduos sólidos urbanos. Significa dizer que, à medida que essas variáveis aumentam, a geração de resíduos é objeto de um aumento por consequência.

Dentre todas as variáveis, a que mais impacta intensa e positivamente com a geração de resíduos é o consumo de energia elétrica acumulada. A variável que menos se relaciona com a geração de RSU é o IPCA ($R = -31,6\%$).

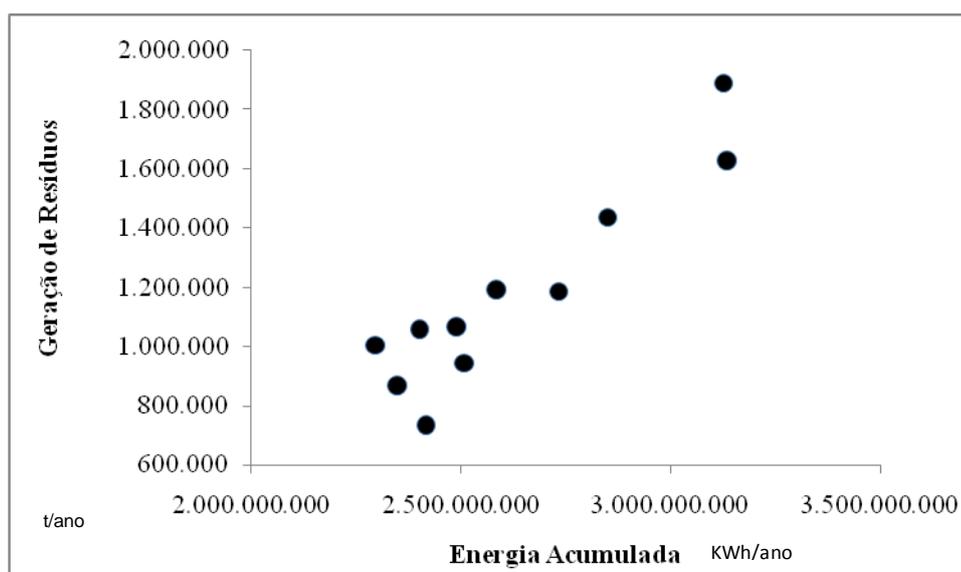
A variável população urbana exprime uma correlação fraca e positiva, ou seja, não é correto dizer que há uma relação significativa de causa e efeito da geração de resíduos com ela.

Com relação às variáveis INPC (R= -26,2%), Índice de GINI (R= -29,2%) e o IPCA (R = -31,6%), estes são as que têm as piores correlações com os RSU. Essas variáveis demonstram uma correlação fraca percentualmente com a geração de resíduos pelo nível percentual. Sendo assim, é factível dizer que não há uma relação significativa de causa e efeito entre elas. Por isso, não serão selecionadas para formular a equação-resposta.

As Figuras 71, 72, 73, 74 e 75 mostram os gráficos para as variáveis com melhor atração ou correlação com os RSU de Fortaleza.

O consumo de energia elétrica acumulada e a geração dos RSU tem uma correlação bastante intensa e positiva (Figura 71), influenciado pelo maior crescimento econômico da população.

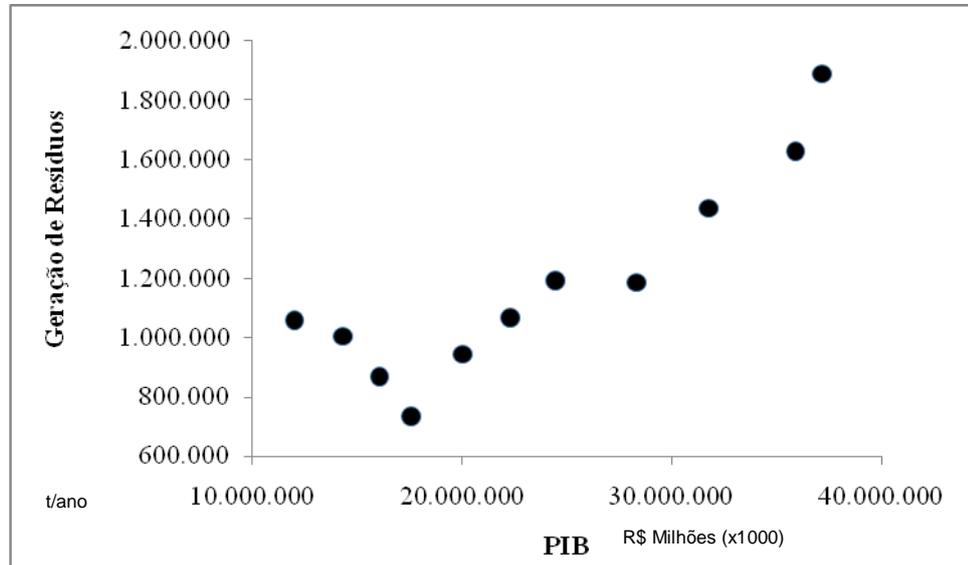
Figura 71 – Consumo de energia *versus* geração de RSU - Fortaleza – 2001 a 2011.



Fonte: Elaboração própria, 2013.

A Figura 72 mostra a correlação entre o PIB e a geração dos RSU.

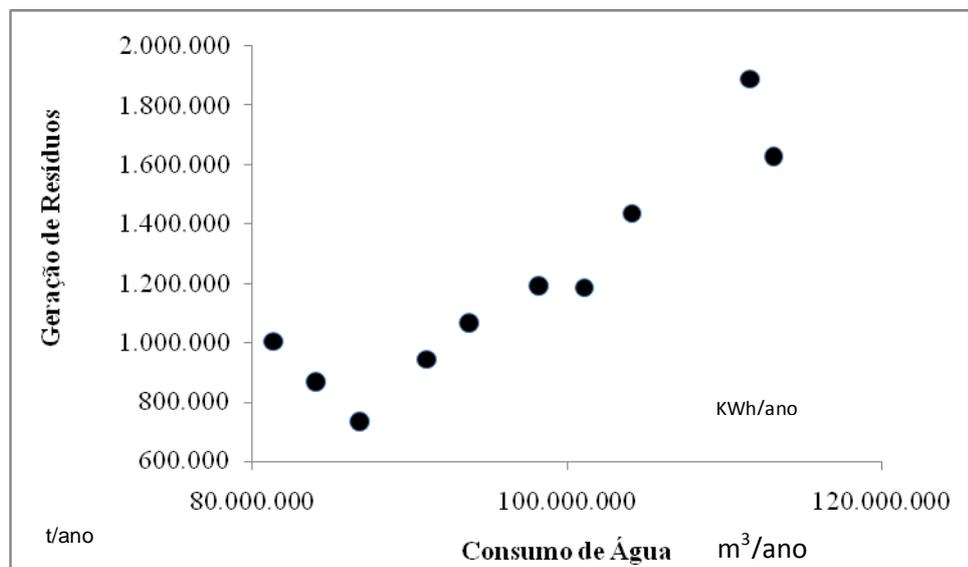
Figura 72– PIB *versus* geração de RSU de Fortaleza - 2001 a 2011.



Fonte: Elaboração própria, 2013.

O consumo de água tratada também é correlato com a geração dos RSU (Figura 73), isso se deve também pelo crescimento econômico, levando um maior consumo.

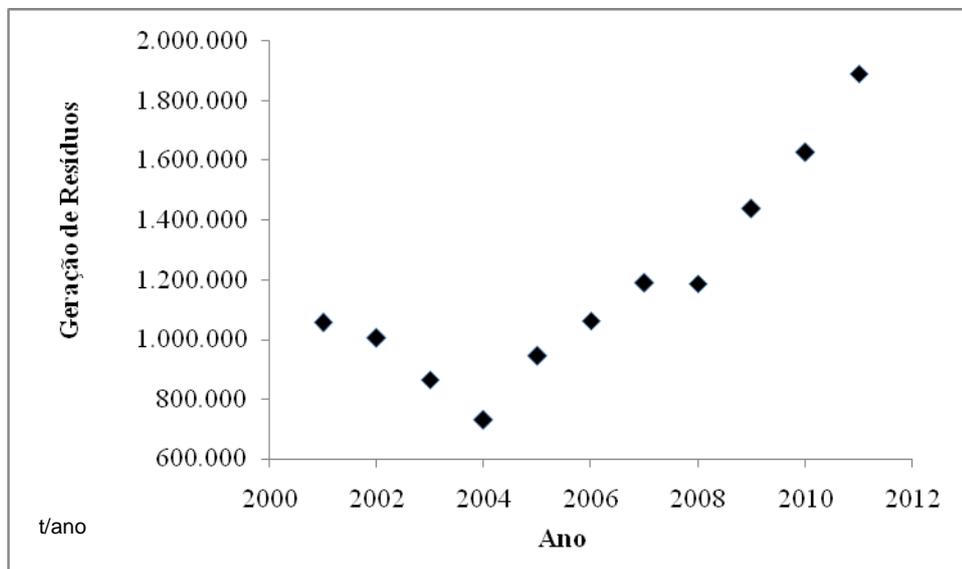
Figura 73 – Consumo de água *versus* geração de RSU de Fortaleza, 2001 a 2011.



Fonte: Elaboração própria, 2013.

O tempo foi estudado com a geração dos RSU (Figura 74).

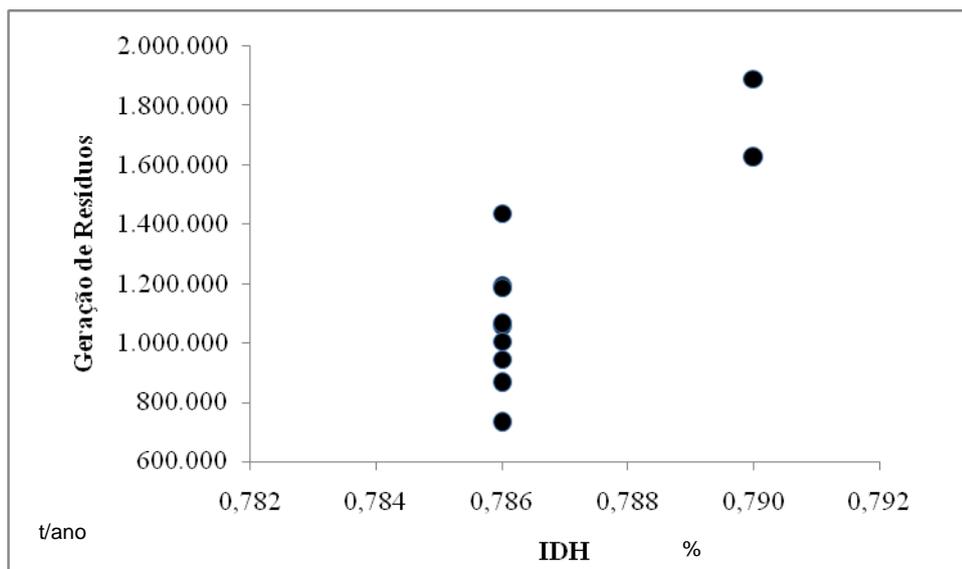
Figura 74 - Tempo *versus* geração de RSU – Fortaleza - 2001 a 2011.



Fonte: Elaboração própria, 2013.

O IDH teve uma variação apenas de 0,784 a 0,790, por isso aparece de maneira diferente das demais correlações; todavia há também correlação com os RSU (Figura 75).

Figura 75 - IDH *versus* geração de RSU em Fortaleza - 2001 a 2011.



Fonte: Elaboração própria, 2013.

As variáveis que exibiram correlação intensa e positiva com o PIB são: Tempo ($R = 99,09\%$), Consumo de água ($R = 99,41\%$), Consumo de Energia ($R = 96,66\%$), Geração de Resíduos ($R = 88,29\%$), População Urbana ($R = 87,86\%$) e IDH ($R = 73,45\%$). Essas variáveis apresentam uma relação de causa e efeito com o PIB. Significa dizer que, a medida que o PIB aumenta, estas variáveis também crescem. As variáveis que mais receberam o impacto decorrente do PIB são o Tempo e o Consumo de Energia. As demais variáveis (INPC, IPCA, e Gini) mostram uma correlação fraca percentualmente e positiva, ou seja, não é possível dizer que há relação significativa de causa e efeito delas com o PIB (Tabela 21).

Para o IDH, as variáveis que apontaram uma correlação forte percentualmente e positiva foram: Consumo de Energia ($R = 83,86\%$), Geração de Resíduos ($R = 82,84\%$), PIB ($R = 73,45\%$) e Consumo de Água ($R = 73,29\%$). Estas variáveis possuem, pois, uma relação de causa e efeito com o IDH. Isto quer dizer: à medida que estas variáveis aumentam, o IDH cresce conseqüentemente. A energia acumulada é a que mais impacta com o IDH. As demais variáveis (Tempo, População Urbana, INPC, IPCA, e Gini) demonstram uma correlação fraca e positiva, ou seja, não é lícito falar sobre a existência de uma relação significativa de causa e efeito delas com o IDH (Tabela 21).

As variáveis que indicaram uma correlação forte percentualmente e positiva com a População Urbana são: Tempo ($R = 92,99\%$), Consumo de Água ($R = 90,13\%$), PIB ($R = 87,86\%$) e o Consumo de Energia ($R = 76,78\%$), ou seja, essas variáveis são impactadas numa relação de causa e efeito com a População Urbana. Isso quer dizer: à medida que a População Urbana aumenta, estas variáveis também aumentam por consequência. Dentre estas variáveis, as que receberam mais impacto foram o Consumo de Água e a Variável Tempo. As demais variáveis (Gini, IDH e Geração de Resíduos) apresentaram uma correlação fraca e positiva, ou seja, não é válido dizer que há relação significativa de causa e efeito delas com a População Urbana (Tabela 21).

Para a População Urbana, as variáveis que indicaram uma correlação forte do ponto de vista percentual e negativa são: INPC ($R = -72,9\%$) e IPCA ($R = -72,67\%$), ou seja, essas variáveis são impactadas numa relação de causa e efeito

com a População Urbana. Isso mostra que, à medida que a População Urbana aumenta, estas variáveis diminuem por consequência ou vice versa. Dentre todas as variáveis, a que foi alvo de mais impacto foi o INPC. Já a variável GINI, exibiu uma correlação fraca percentualmente e negativa, ou seja, não é possível dizer que há uma relação significativa de causa e efeito delas com a População Urbana (Tabela 21).

A única variável que apresentou uma correlação forte e positiva com o INPC foi o IPCA (R = 96,37%); essa variável foi impactada diretamente numa relação de causa e efeito com o INPC. Isso implica, que, à medida que o IPCA aumenta, esta variável aumenta por consequência. A variável Gini é a única que apontou uma correlação fraca e positiva, ou seja, não é lícito dizer que há uma relação significativa de causa e efeito delas com o INPC (Tabela 21).

As variáveis que exprimiram uma correlação forte do ponto de vista percentual com o Consumo de Energia foram: PIB (96,66%), Consumo de Água (R = 95,94%), Tempo (R = 93,18%), Geração de Resíduos (R = 92,85%), IDH (R = 83,86%), População Urbana (R = 76,78%). De acordo com estes percentuais, estas variáveis impactaram numa relação de causa e efeito com a energia acumulada. Portanto, à medida que estas variáveis aumentam, têm por consequência um aumento da energia acumulada. A que mais recebeu o impacto foi o PIB. As demais variáveis (INPC, IPCA e Gini) apontaram uma correlação fraca, ou seja, não é possível exprimir que há uma relação significativa de causa e efeito delas com o Consumo de Energia (Tabela 21).

Para o Consumo de Água, as variáveis que têm uma correlação forte percentualmente e positiva foram: Tempo (R = 99,1%), PIB (R = 99,41%), Consumo de Energia (R = 95,94%), População urbana (R = 90,13%), Geração de Resíduos (R = 86%) e IDH (R = 73,29%). Estas variáveis impactam numa relação de causa e efeito com a energia acumulada. Em outras palavras, a medida que essas variáveis aumentam, acontece um aumento da energia acumulada por consequência. As variáveis que mais receberam impacto foram o PIB e o Tempo. As outras variáveis (INPC, IPCA e Gini) possuem uma correlação fraca, ou seja, não é válido dizer que

há uma relação significativa de causa e efeito delas com o Consumo de Água (Tabela 21).

4.4.2.2.2 Análise de regressão múltipla e validação do modelo

Antes de estimarmos qualquer modelo, deve ser estabelecido um ponto de referência para que possamos comparar a capacidade de previsão do modelo de regressão adotado.

De acordo com a Tabela 22, é possível mostrar a precisão da previsão realizada com a média. Como a média não prevê perfeitamente cada valor da variável dependente, usamos a análise dos resíduos (diferença entre o valor previsto e o valor real da informação) para obter a precisão da previsão. Assim, obtivemos por meio da soma de quadrados dos resíduos, que representa a Variação Total (VT) entre os valores estimados (média) e os valores observados.

Com efeito, a soma de quadrados dos erros (SQR) forneceu uma medida de previsão que varia de acordo com a quantidade de erros de previsão. O objetivo foi conseguir a menor soma possível de quadrados dos erros como a medida de precisão de previsão. De tal modo, o modelo mais adequado foi o de menor soma de quadrados, de resíduos comparativamente com o calculado pela média.

A média foi calculada pelo somatório da previsão da média, dividindo-se por $n = 11$ (tamanho amostral), encontrando o valor de 1.180.857. Os resíduos foram calculados pela diferença entre a geração dos RSU menos a previsão pela média.

Tabela 22 - Soma de quadrados dos resíduos (SQR) utilizando a média para Fortaleza - 2001 a 2011.

Ano	Geração de Resíduo (t/ano)	Previsão pela média	Resíduos	Resíduos ² (SQR)
2001	1.055.160	1.180.857	- 125.697	15.799.690.101
2002	1.004.630	1.180.857	- 176.227	31.055.891.446
2003	864.737	1.180.857	- 316.120	99.931.739.447
2004	730.067	1.180.857	- 450.790	203.211.460.176
2005	944.083	1.180.857	- 236.774	56.061.840.976
2006	1.062.288	1.180.857	- 118.569	14.058.564.645
2007	1.188.843	1.180.857	7.986	63.779.100
2008	1.186.655	1.180.857	5.798	33.618.912
2009	1.436.782	1.180.857	255.925	65.497.698.689
2010	1.626.021	1.180.857	445.164	198.171.148.774
2011	1.890.159	1.180.857	709.302	503.109.585.132
Soma	12.989.425	12.989.425	0	1.186.995.017.400

Fonte: Elaboração própria, 2013.

Verificamos, ainda na Tabela 22, que o valor do erro de previsão retirado a partir do \bar{y} , é muito menor do que o erro de previsão do modelo (Tabela 25), no valor de 113.363.484.326. Isto mostra que o modelo é preciso nas suas previsões.

Já a Tabela 23, mostra os resultados da regressão múltipla, estimada com o Método dos Mínimos Quadrados, tendo como variável dependente a geração de RSU (t/ano).

Os resultados encontrados (Tabela 23) tiveram como o coeficiente de correlação ajustado R^2 (R quadrado ajustado) o valor de 0,809, significando que 80,9% da variação se explicam pelo conjunto de variáveis na regressão analisada. De acordo com Corrar (2007), é recomendado que, na regressão múltipla, se utilize o coeficiente de determinação ajustado, pois neste a variável dependente (RSU) se relaciona com o conjunto das variáveis independentes, ou seja, se deve testar a regressão como um todo.

Tabela 23 - Resumo do modelo de regressão.

R	R ²	R ² ajustado	Erro padrão da estimativa	Estatísticas de mudanças					Durbin-Watson
				Mudança no R ²	Mudança no F	gl1	gl2	Mudança no sig. do F	
0,951 ^a	0,904	0,809	150.575	0,904	9,471	5	5	0,014	1,402

a. Previsores: (Constante), Consumo de Água - m³/ano, Índice de Desenvolvimento Humano - IDH, População urbana, Energia Acumulada - kWh/ano, PIB R\$ Milhões a preços correntes (x 1000).

b. Variável dependente: Geração de RSU - t/ano

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2013.

Depois de encontrado o coeficiente de determinação ajustado, partimos para a análise de validação do modelo de regressão, pois, para este ser válido, devem ser confirmadas quatro pressuposições básicas, que, de acordo com Corrar (2007), são delineados na sequencia.

A primeira pressuposição foi a verificação da independência de erros ou autocorrelação residual, em que os resíduos devem ser distribuídos aleatoriamente em torno na reta de regressão, ou seja, eles não devem ser correlacionados uns com os outros. Para verificação desse pressuposto, utilizou-se o Teste de Durbin-Watson.

Assim, para este estudo, foi utilizado o nível de significância de 5% e o coeficiente encontrado foi 1,402. De acordo com Corrar (2007), quando o valor é próximo de 2, indica a ausência de autocorrelação dos resíduos, ou seja, os resíduos são independentes com a confiança de 95%, validando assim o primeiro pressuposto do modelo de regressão (Tabela 23).

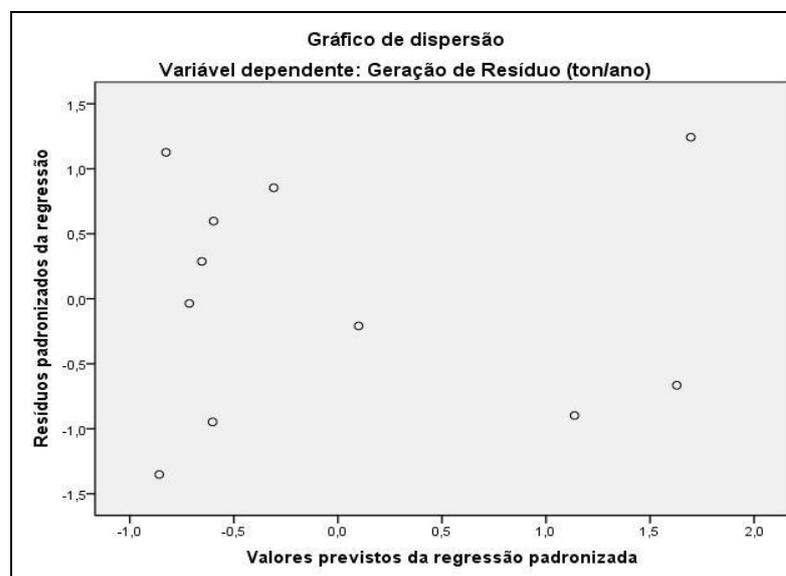
A segunda pressuposição foi analisar a homocedasticidade, e verificar se a variância dos resíduos é constante para todos os valores de x . Para verificação desse pressuposto, procedemos à análise utilizando o gráfico de dispersão (Figura 76).

De acordo Corrar (2007), a homocedasticidade é um pressuposto da regressão, segundo o qual a variância dos resíduos deve ser constante para os valores de x . Assim, quando os resíduos se distribuem aleatoriamente em torno da reta de regressão e de forma constante, o pressuposto de homocedasticidade foi satisfeito.

Efetivamente, por meio da Figura 76, observamos um padrão indicativo da situação em que suposições de linearidade e homocedasticidade foram satisfeitas, corroborando a aceitação do modelo proposto.

Pode-se verificar, do ponto de vista gráfico (Figura 74), que os resíduos estão distribuídos aleatoriamente (dispersos) em volta da reta horizontal ($y=0$), com dispersão constante, sugerindo que não há violações sérias dos pressupostos de linearidade e homocedasticidade.

Figura 76 – Gráfico da dispersão para o teste de linearidade e homocedasticidade para Fortaleza - 2001 a 2011.



Fonte: Elaboração própria, 2013.

A terceira pressuposição foi analisar a normalidade dos resíduos, para verificar se o comportamento dos resíduos segue uma distribuição normal de probabilidade. Para verificação desse pressuposto usamos o Teste de Shapiro-Wilk.

De acordo com a Tabela 24, notamos que, no modelo encontrado, a significância foi 0,504 (50,4%)⁴² > 5%, ou seja, não houve nenhum desvio de normalidade no modelo. Significa também que a hipótese H_0 foi aceita, pois o modelo apresentou níveis de aceitação da hipótese de normalidade dos resíduos, tendo a significância superior a 5% (5,04%).

Tabela 24 - Teste de normalidade dos resíduos – Fortaleza (2001 a 2011).

	Shapiro-Wilk		
	Estatística	Gl ⁽¹⁾	Sig. ⁽²⁾
Unstandardized Residual	0,939	11	0,504

NOTAS: (1) gl. - graus de liberdade.

(2) Sig. - grau de significância.

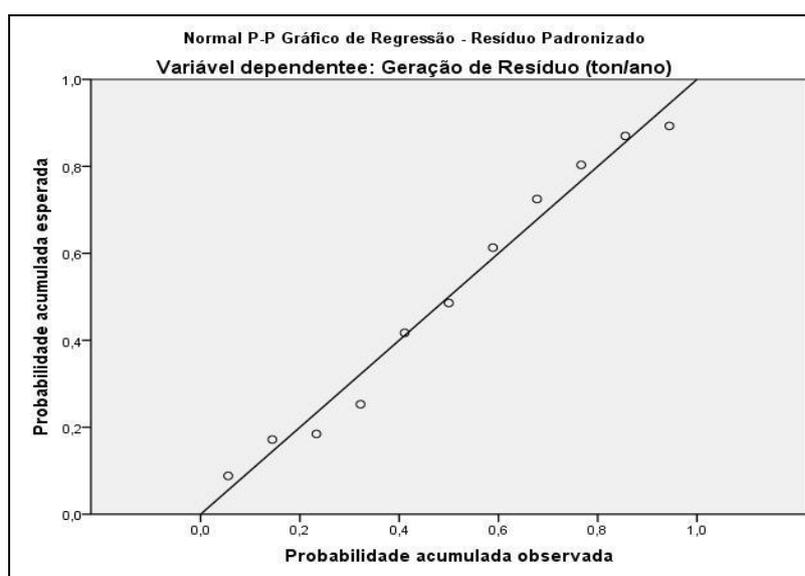
Fonte: Elaboração própria, 2013.

⁴²Chama-se de p-valor.

A validade da suposição de normalidade pode ser verificada por meio de um gráfico de probabilidade normal para os resíduos, de acordo com a Figura 75. Neste gráfico, cada resíduo é representado em função de seu valor esperado, o qual é calculado supondo que os resíduos seguem uma distribuição normal. Podemos observar no gráfico que os pontos estão próximos da reta, sugerindo que a amostra segue aproximadamente uma distribuição normal.

Analisando a Figura 77, observamos um padrão indicativo da situação em que suposições de linearidade e homocedasticidade foram satisfeitas, corroborando a aceitação do modelo proposto.

Figura 77 - Gráfico dos resíduos normalmente distribuídos para o teste de normalidade para Fortaleza - 2001 a 2011.



Fonte: Elaboração própria, 2013.

Na última pressuposição, foi analisada a linearidade. Notamos haver sido satisfeitas esta pressuposição, e que pode ser verificada no diagrama de dispersão (Figura 75).

Assim, o modelo foi validado pelos pressupostos necessários e básicos para isso. Com isso, partimos para a análise dos resultados dos parâmetros de regressão obtidos (Tabela 25).

Tabela 25 - Análise da Variância – ANOVA para Fortaleza - 2001 a 2011.

Modelo	Soma dos Quadrados	gl	Média dos Quadrados	F	Sig.
Regressão	1.073.631.533.074	5	214.726.306.615	9,471	0,014
Resíduo	113.363.484.326	5	22.672.696.865		
Total	1.186.995.017.400	10			

a. Previsores: (Constante), Consumo de Água - m³/ano, Índice de Desenvolvimento Humano - IDH, População urbana, Energia Acumulada - kWh/ano, PIB R\$ Milhões a preços correntes (x 1000).

b. Variável dependente: Geração de Resíduo - t/ano.

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2013.

Portanto, mediante aplicação da ANOVA, é possível verificar se o modelo, em geral, resulta em um grau de previsão significativamente bom dos valores da variável dependente.

Pela Tabela 25, é possível verificar que o P-valor foi de 0,014 (1,4%), menor que 5%, valor adotado como nível de significância. Sendo assim, afirmamos que a regressão como um todo é significativa, ou seja, que o modelo é válido para ser um modelo de previsão para os dados propostos.

Após verificada a validade do modelo de previsão, examinamos as cinco variáveis consideradas independentes para a formulação do modelo de regressão.

As cinco variáveis consideradas para a elaborar o modelo de regressão se encontram na Tabela 26, juntamente com seus coeficientes, estatística do teste t e nível de significância. A análise dos coeficientes de regressão (betas) tem como objetivo mostrar que dimensões possuem maior influência na geração de resíduos.

Tabela 26 - Coeficientes da equação-resposta para Fortaleza - 2011 a 2011.

Modelo	Coeficientes não-padronizados		Coeficientes padronizados	t	Sig.	Intervalo de Confiança de 95% para B	
	B	Erro Padrão	Beta			Limite inferior	Limite superior
(Constante)	-18.863.381,14	52.550.549,49	-	-0,359	0,734	-153.948.869,11	116.222.106,82
PIB	0,052243	0,06	1,316	0,871	0,423	-0,10	0,21
IDH	28.231.315,30	67.840.323,84	0,133	0,416	0,695	-146.157.788,89	202.620.419,48
População urbana	-1,266315	1,81	-0,383	-0,698	0,516	-5,93	3,40
Energia Acumulada	0,000458	0,00	0,395	0,423	0,690	0,00	0,00
Consumo de água	-0,016931	0,05	-0,579	-0,322	0,760	-0,15	0,12

Variável dependente: Geração de Resíduo - t/ano.

Fonte: Elaboração própria, 2013.

Após verificados os coeficientes de resposta do modelo encontrado na Tabela 26, foi feito o estudo de multicolinearidade dos dados.

A Tabela 27 mostra a utilização dos índices de condição e a matriz de decomposição da variância de coeficientes.

Tabela 27 - Utilização dos índices de condição e a matriz de decomposição da variância de coeficientes para Fortaleza – 2001 a 2011.

Dimensão	Autovalor	Índice de condição	Proporções de Variância					
			(Constante)	PIB R\$ Milhões a preços Correntes (x 1000)	IDH	População urbana	Energia Acumulada (kWh/ano)	Consumo de Água (m ³ /ano)
1	5,920	1,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,079	8,663	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,001	77,938	0,00	0,02	0,00	0,04	0,17	0,00
4	0,000	212,020	0,00	0,76	0,00	0,08	0,17	0,21
5	0,000	331,832	0,00	0,10	0,00	0,78	0,46	0,71
6	0,000	4.013,405	1,00	0,12	1,00	0,10	0,20	0,08

Fonte: Elaboração própria, 2013.

De acordo com Corrar (2007), duas variáveis explicativas altamente correlacionadas são denominadas variáveis colineares; sendo que, no caso de mais de duas variáveis, elas são consideradas multicolineares. Assim, ocorrendo a multicolinearidade, as variáveis fornecerão informações similares para explicar e prever o comportamento da variável dependente. Esta ocorrência dificulta a separação do efeito que cada uma das variáveis exerce sobre a variável dependente, prejudicando a habilidade de previsão do modelo de regressão.

Conforme a Tabela 27, notamos que apenas para um destes índices foi encontrada uma variável (IDH) com proporção de variância de coeficientes acima de 90% (0,90), justificando a não existência de multicolineariedade dos dados, pois se, para algum dos índices identificados, houvesse dois ou mais coeficientes com proporção de variância acima de 90%, haveria multicolineariedade nos dados.

4.4.3 A equação-resposta

Feitas as análises estatísticas para verificar a adequação das premissas do Modelo de Regressão, parte-se, agora, para a equação-resposta propriamente dita.

O Modelo de Regressão encontrado pode, assim, ser definido pela equação-resposta (5):

$$Y = (-18.863.381,145) + 0,052243X_1 + 28.231.315,298X_2 - 1,266315X_3 + 0,000458X_4 - 0,016931X_5 \quad (5),$$

Arredondando os coeficientes da equação-resposta (6), tem-se:

$$Y = (-18.863.381,14) + 0,052X_1 + 28.231.315,30X_2 - 1,27X_3 + 0,00046X_4 - 0,017X_5 \quad (6),$$

Onde:

Y = A Geração dos RSU para Fortaleza

X₁ = PIB

X₂ = IDH

X₃ = População Urbana

X₄ = Energia Acumulada

X₅ = Consumo de Água

4.4.3.1 Aplicação da equação-resposta

Para testar este modelo, aplicamos a equação-resposta para os anos 2001 a 2011, e daí comparamos a geração real dos RSU para Fortaleza com a da equação-resposta.

Observa-se que os valores observados de X e Y (real) nem sempre serão iguais aos valores de X' e Y' estimados pela reta de regressão. Haverá sempre alguma diferença. Esta diferença significa que:

- as variações de Y não são perfeitamente explicadas pelas variações de X ou;
- existem outras variáveis das quais Y depende ou;
- os valores de X e Y são obtidos de uma amostra específica que apresenta distorções em relação à realidade.

A diferença entre o valor real e a previsão do valor dá origem ao erro de previsão. Segundo Dilworth (1992), o valor da previsão raramente é igual ao valor real em decorrências das variações aleatórias que caracterizam a variável.

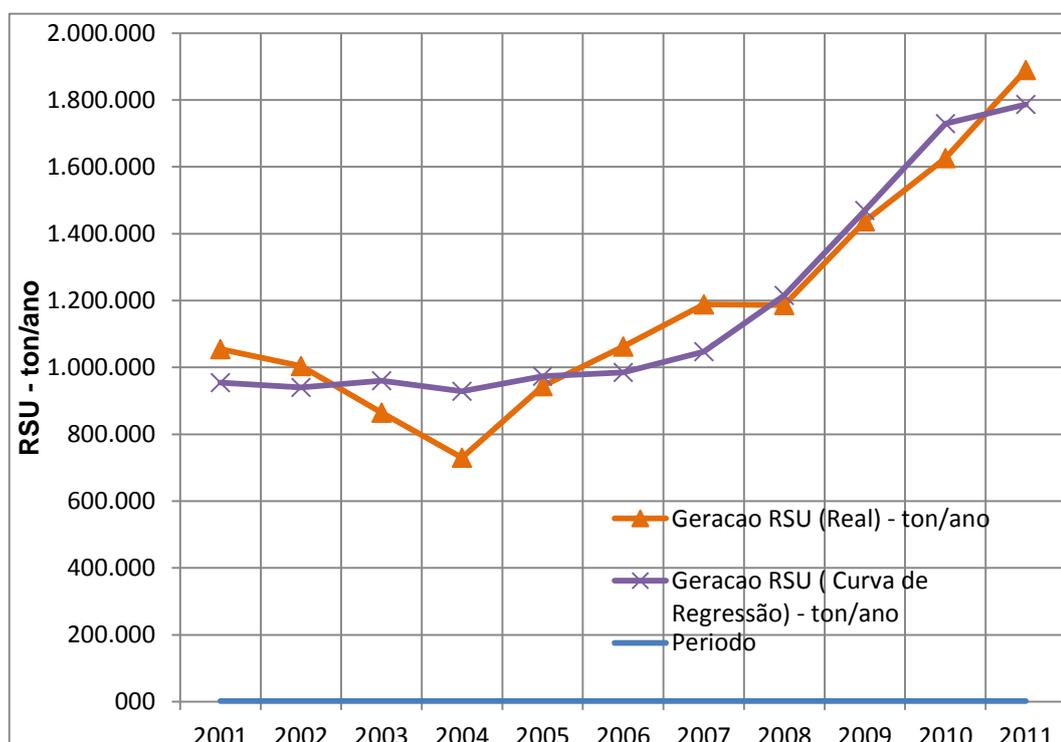
Quando a previsão é muito baixa, ou seja, menor do que o valor atual, os resultados são erros positivos. Os erros negativos ocorrem quando a previsão tem um valor mais elevado do que o valor atual.

Se a dispersão ou erro, associado à equação da reta de regressão, for muito menor do que a dispersão ou erro, associada a \bar{y} , significa que as previsões do modelo de regressão se apresentam melhores do que as previsões baseadas na média das observações registradas⁴³.

As duas curvas de crescimento da geração dos RSU para o Município de Fortaleza estão mostradas na Figura 78.

⁴³ \bar{y} é a média de Y. Estimativa utilizada na Tabela 22, refere-se a SQR.

Figura 78 – Curvas de crescimento da geração dos RSU para Fortaleza – 2001 a 2011.



Fonte: Elaboração própria, 2013.

4.4.4 Aceitação do modelo

O modelo representa bem os dados, pois a confiabilidade⁴⁴ dele foi de 80,9%, ou seja, 80,9% do valor previsto, que está sendo explicado pelas variáveis que ficaram no modelo. Os restantes 19,1% são explicados por outras variáveis que não são as que estão no modelo, e estas não há como controlar.

Verificando-se o erro-padrão residual ou erro-padrão da estimativa pela média de resíduos sólidos, constatamos que os valores observados estão variando, em média, 12,8% em torno dos valores previstos pelo modelo, ou seja, um baixo erro, ideal para um bom modelo de previsão.

O cálculo foi feito da seguinte maneira (Equação 7):

⁴⁴O valor de R-quadrado ajustado de 0,809 significa que 80,9% da variação são explicados pelo conjunto de variáveis na regressão.

Erro-padrão da estimativa / média de y

A média de y é a variável dependente da geração de resíduos urbanos x 100.

Portanto:

$$(150.575/1.180.857)*100 = 12,8\% \quad (7)$$

4.5 Discussão do modelo aplicado

Este modelo pode ser corretamente usado para prever a quantidade gerada dos resíduos sólidos urbanos; contudo, somente poderá ser usada a equação-resposta para a Cidade de Fortaleza.

Para outras cidades, é preciso analisar os indicadores de sustentabilidade local, podendo testar os mesmos indicadores de sustentabilidade desta pesquisa, seguindo os passos anteriores. Cada cidade, entretanto terá o seu modelo.

Conclusões e Recomendações

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Em função dos resultados deste estudo, concluímos que os indicadores de sustentabilidade ambiental que influenciam a geração de resíduos sólidos urbanos para a cidade de Fortaleza, de forma hierárquica são: consumo de energia elétrica, PIB a preços correntes, consumo de água tratada, o tempo, IDH e a população urbana.

Os outros indicadores analisados como o IPCA, o Índice de GINI e o INPC, são variáveis que têm uma correlação fraca com a geração de resíduos urbanos para Fortaleza. Sendo assim, é útil dizer que não há uma relação significativa de causa e efeito entre elas. Por isso, não foram selecionadas para a formulação da equação-resposta.

O modelo indicado como equação-resposta para quantificar a geração dos RSU se mostrou eficiente e pode ser utilizado para o Município de Fortaleza.

Constatamos que, no Brasil, especificamente no Município de Fortaleza-CE, há um crescimento na geração dos resíduos sólidos urbanos – RSU, a partir da última década, em virtude, não apenas, do aumento da população urbana, mas, sobretudo, em razão das flutuações da economia em um País que está em franco desenvolvimento.

Percebemos a mudança na tipologia dos RSU, onde a fração inorgânica e os plásticos estão crescendo em detrimento da parte orgânica de restos de comidas. Também o peso específico aparente dos RSU, de um modo geral, vem caindo, em razão da maior quantidade de embalagens.

Estas mudanças decorrem do consumismo, que incentiva as pessoas, difundindo um conjunto de valores e comportamentos centrados na expansão do consumo e no descarte de material, aumentando de forma exponencial a geração dos RSU.

Recomendamos a utilização desta metodologia em outras regiões, averiguando que indicadores de sustentabilidade ambiental influenciam o crescimento da geração *per capita* de resíduos sólidos urbanos, com o objetivo de encontrar um fator K que represente os indicadores correlatos para cada cidade estudada, e, assim, evitar os erros do dimensionamento de equipamentos de coleta, tratamento e destino final dos RSU.

Referências

REFERÊNCIAS

AMARO, M.N. **Como obter produção e consumo sustentáveis?** Brasília, 2012. Disponível em: <<http://www.alesfe.org.br/v2/materia/materiatoda.asp?numeromateria=691>>. Acesso em 15 jun.2013.

AMBROSI, A. Resíduos Sólidos Urbanos – Uma revisão de conceitos, práticas de redução e a nova política nacional dos resíduos sólidos. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE, 14., 2012, São Paulo. Anais... São Paulo, 2012. 17p.

AMORIM, B. P.; CÂNDITO. G.A. Diagnóstico da Problemática dos Resíduos Sólidos Urbanos: Uma aplicação do sistema de indicadores de sustentabilidade Pressão-Estado-Impacto-Resposta (PEIR) na cidade de Campina Grande – PB. In: Encontro Nacional da Anppas, 5., 2010, Florianópolis. Anais da Anmpas Florianópolis: Associação nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade., 2012. 20p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil - 2003.** 64 p. 2004.

_____. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil - 2004.** 84 p. 2011.

_____. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil - 2005.** 182 p. 2006.

_____. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil - 2006.** 157 p. 2007.

_____. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil - 2007.** 151 p. 2008.

_____. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil - 2008.** 194 p. 2009.

_____. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil - 2009.** 208 p. 2010.

_____. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil - 2010.** 199 p. 2010.

_____. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil - 2011.** 184 p. 2011.

_____. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil - 2012.** 114 p. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT - NBR ISO 14031: Gestão ambiental – Avaliação de desempenho ambiental – Diretrizes. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO INTERAMERICANA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL – AIDIS. 2006. Disponível em: < <http://www6.iadb.org/Residuos/bienvenida/Inicio.bid> >. Acesso em: 13 mar. 2013.

AUTARQUIA DE REGULARIZAÇÃO, FISCALIZAÇÃO E CONTROLE DOS SERVIÇOS PÚBLICOS DE SANEAMENTO – ACFOR. **Relatório de Gestão de Resíduos Sólidos de Fortaleza**. Fortaleza – CE: Diretoria de Resíduos Sólidos. 2005.

_____. **Relatório de Gestão de Resíduos Sólidos de Fortaleza**. Diretoria de Resíduos Sólidos. Fortaleza, 2006.

_____. **Relatório de Gestão de Resíduos Sólidos de Fortaleza**. Diretoria de Resíduos Sólidos. Fortaleza, 2007.

_____. **Relatório de Gestão de Resíduos Sólidos de Fortaleza**. Diretoria de Resíduos Sólidos. Fortaleza, 2008.

_____. **Relatório de Gestão de Resíduos Sólidos de Fortaleza**. Diretoria de Resíduos Sólidos. Fortaleza, 2009.

_____. **Relatório de Gestão de Resíduos Sólidos de Fortaleza**. Diretoria de Resíduos Sólidos. Fortaleza, 2010.

_____. **Relatório de Gestão de Resíduos Sólidos de Fortaleza**. Diretoria de Resíduos Sólidos. Fortaleza, 2011.

_____. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Fortaleza**. 104 p. 2012.

BAENINGER, R. (Org.) **População e Cidades**: subsídios para o planejamento e para as políticas sociais. Campinas: Núcleo de Estudos de População- Nepo/Unicamp; Brasília: UNFPA, 2010. 304p.

BARROS *et al*, Determinantes na queda na desigualdade de renda no Brasil. Textos para discussão n. 1460. IPEA. Disponível em: <<http://desafios.ipea.gov.br/>>. Acesso em: 13 fev. 2013.

BARROS, RT.V. **Elementos de resíduos sólidos**. Belo Horizonte: Tessitura, 2012. 424 p.

BAUMAN, Zygmunt. **Vidas desperdiçadas**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2005. 171 p.

_____. **Vida para consumo**: a transformação das pessoas em mercadoria. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2008. 197 p.

BAUDRILLARD, J. **A sociedade de consumo**. Lisboa: ed.70, 2008. 269 p.

BELLEN, H.M.V. **Indicadores de sustentabilidade**: uma análise comparativa. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2006. 256 p.

BESEN, G.R; GUNTHER, W.M.R.; RODRIGUEZ, A.C.; **Meio Ambiente e Saúde**: o desafio das metrópoles. São Paulo: Editora EX Libris, 2010. 200 p.

BISQUERRA, R.; SARRIERA, J.C.; MARTÍNEZ, F. **Introdução à estatística - enfoque informático com o pacote estatístico SPSS**. São Paulo, SP; Artmed, 2008. 251p.

BITAR, O.Y.; BRAGA, T.O. **Indicadores ambientais aplicados à gestão municipal**. Indicadores de Sustentabilidade e Gestão Ambiental/editores Arlindo Philippi Jr, Tadeu Fabrício Malheiros. Barueri, SP; Manole, 2012. Coleção Ambiental; 12. 729 p.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **O Crescimento Recente do Consumo Residencial de Energia Elétrica na Região Nordeste**. Rio de Janeiro: epe, 2008.

BRASIL. *Lei nº 12.305/2010*, de 02 de agosto de 2010, instituindo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

BRASIL. Ministério da Fazenda. **Economia Brasileira em Perspectiva: maio-julho de 2011**. Brasília. Disponível em: <<http://www.fazenda.gov.br/portugues/docs/perspectiva-economia-brasileira/edicoes/edicao-mai-jul-2011-br.asp>>. Acesso em: 16 dez. 2012.

CAMPOS, H. K. T. Renda e evolução da geração per capita de resíduos sólidos no Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, vol. 17, n. 2, p. 171-180, 2012.

CAMPOS, H. K. T. **Resíduos Sólidos e Sustentabilidade: o papel das instalações de recuperação**. 2013. 235 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) – Universidade de Brasília. Brasília, 2013.

CLAUDE, M.; PIZARRO, R. **Indicadores de sustentabilidad y contabilidad ambiental para el caso chileno**. In: SUNKEL, Osvaldo (Ed.) *Sustentabilidad Ambiental del Crecimiento Económico Chileno*. Santiago: Universidad de Chile, 1996.

COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ – CAGECE. **Relatório de dados do Consumo de Água de Fortaleza – 2001 a 2013**. Fortaleza, 2013.

COMPANHIA ENERGÉTICA DO CEARÁ – COELCE. **Relatório de dados do Consumo de Energia Elétrica de Fortaleza – 2001 a 2013**. Fortaleza, 2013.

CORRAR, L. J.; PAULO, E.; DIAS FILHO, J.M. **Análise multivariada para os cursos de administração, ciências contábeis e economia**. São Paulo: Atlas, 2007.

DIAS, D.A.S. O Processo de Urbanização e Metropolização de Fortaleza: A Constituição Histórica de uma Cidade Desigual. In: ENCONTRO NACIONAL DE GEÓGRAFOS, 17., 2012, Belo Horizonte. Anais...Belo Horizonte: Associação dos Geógrafos Brasileiros., 2012.10p.

DILWORTH, J.B. **Operations management: design, planning, and control for manufacturing and services**. Singapura: McGraw-Hill, 1992.

DUPAS, G.(org.). **Meio ambiente e crescimento económico**: tensões estruturais. São Paulo: Editora UNESP, 2008. 299 p.

EPA. Environmental Protection Agency. 2010. Disponível em: <<http://www.epa.gov/oswer/publication.htm>>. Acesso em: 5 mar. 2013.

_____. Environmental Protection Agency. 2011. Disponível em: <<http://www.epa.gov/oswer/publication.htm>>. Acesso em: 7 mar. 2013.

EUROSTAT. Environmental Data Centre on Waste. 2012. Disponível em: <<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/waste/introduction/>>. Acesso em: 5 mar. 2013.

FGV. Fundação Getúlio Vargas. 2013. Disponível em: < <http://portal.fgv.br/#>>. Acesso em: fev. 2013.

FIELD, A. **Descobrimo a estatística usando SPSS**. 2 ed. Porto alegre: Artmed, 2009. 688 p.

FIRMEZA, S.M. **A caracterização física dos resíduos sólidos domiciliares de Fortaleza como fator determinante do seu potencial reciclável**. Dissertação (Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais). Fortaleza: Universidade Federal do Ceará – Instituto de Ciências do Mar. 2005.145p.

FORTALEZA. Secretaria Municipal de Meio Ambiente. **Programa de Educação Ambiental de Fortaleza**. Fortaleza, 2008.

FUNDO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A INFÂNCIA - UNICEF. **Evolução do IDI entre 1999 e 2004**. Disponível em: <http://www.unicef.org/brazil/pt/activities_10181.htm>. Acesso em: 24 fev. 2013.

GALLOPIN, G.C. **Environmental and sustainability indicators and the concept of situational indicators**. Calli, 1996. Disponível em: < <http://link.springer.com/article/10.1007%2FBF01874899#page-1>>. Acesso em: 21 out. 2011.

GARDNER, G. **Municipal Solid Waste Growing**. 2012. Disponível em:<<http://www.worldwatch.org/global-municipal-solid-waste-continues-grow>>. Acesso em: 24 jul. 2013.

GIACOMINI FILHO, G. **Meio ambiente & consumismo**. São Paulo: Editora Senac, 2008. Série Meio Ambiente; 8. 255 p.

GODECKE, M.V.; NAIME, R.H.; FIGUEIREDO, J.A.S. **O Consumismo e a Geração de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil**. 2012. Disponível em: <<http://cascavel.cpd.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/reget/article/view/6380/pdf>>. Acesso em: 17 abr. 2013.

GUIMARÃES, R.P.; FEICHAS, S.A.Q.; Desafios na Construção de Indicadores de Sustentabilidade. **Ambiente & Sociedade**, Campinas, vol. 12, n. 2, p. 405-414, 2009.

HAMMOND, A. *et al.* **ENVIRONMENTAL INDICATORS: A Systematic Approach to Measuring and Reporting on Environmental Policy Performance in the Context of Sustainable Development.** Washington, DC: World Resources Institute, 1995. Disponível em: < http://pdf.wri.org/environmentalindicators_bw.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2012.

HELSEL, D.R.; HIRSCH, R. M. **Statistical Methods in Water Resources Techniques of Water Resources Investigations**, Book 4, chapter A3. U.S. Geological Survey, 2002. 522 p. Disponível em: <http://pubs.usgs.gov/twri/twri4a3/#pdf>>. Acesso em: 13 mar. 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produto Interno Bruto dos Municípios 1999 – 2003.** Rio de Janeiro: Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, v. 16, 2005.

_____. **Estatísticas do Século XX.** Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2006. 557p.

_____. **Indicadores de desenvolvimento sustentável: Brasil 2008.** Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, v. 5, 2008.

_____. **Indicadores de desenvolvimento sustentável: Brasil 2010.** Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, v. 7, 2010a.

_____. **Indicadores de desenvolvimento sustentável: Brasil 2012.** Rio de Janeiro: Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais [e] Coordenação de Geografia, v. 9, 2012i.

_____. **Produto Interno Bruto dos Municípios 2004 – 2008.** Rio de Janeiro: Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, v. 33, 2010c.

_____. **Anuário Estatístico do Brasil.** Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, v. 71, 2011a.

_____. **Brasil em números.** Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, v. 19, 2011b.

_____. **Brasil em números.** Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, v. 20, 2012a.

_____. **Censo Demográfico 1991.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: mai. e dez. 2012b.

_____. **Censo Demográfico 2000.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: mai. e dez. 2012c.

_____. **Censo Demográfico 2002.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: mai. e dez. 2012d.

_____. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: mai. e dez. 2012e.

_____. **Banco Sidra – Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 12 out. 2012f.

_____. **Banco Sidra – Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2011**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 12 out. 2012g.

_____. **Banco Sidra – Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios: Síntese de Indicadores 2009**. Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, v. 29, 2010b.

_____. **Banco Sidra – Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios: Síntese de Indicadores 2011**. Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, v. 31, 2012h.

_____. **Sistema Nacional de Preços ao Consumidor**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/precos/inpc_ipca/defaulttab.shtm>. Acesso em mai. e dez. 2012f.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. **Situação Social Brasileira**: monitoramento das condições de vida 2. Brasília: ipea, 2012.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ – IPECE. **Ceará em Números 2011**. Fortaleza: IPECE, 2012. 248 p.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ - IPCE. **Ceará em Mapas: Caracterização Territorial – Limites e Regionalizações - Região Metropolitana de Fortaleza - RMF**. Disponível em: <<http://www.ipece.gov.br>>. Acesso em: 13 jan. 2013.

JUCÁ, J.F.T. Destinação final dos resíduos sólidos no Brasil: situação atual e perspectivas. In: SILUBESA - SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 10., 2002, Braga. Anais do SILUBESA Braga: ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2002. 18p.

_____. Disposição Final dos resíduos sólidos urbanos no Brasil, REGEO, 2003.

_____. Curso sobre Novas Alternativas Tecnológicas para Tratamento de Resíduos Sólidos, ABES, CE, 2011.

KHATIB, A. Imad. **Municipal Solid Waste Management in Developing Countries: Future Challenges and Possible Opportunities**, Integrated Waste Management./ Mr. Sunil Kumar (Ed.). Hebron, Palestine; Palestine Polytechnic University, 2011. Vol. 2, 472 p.

KURESKI, R. **PIB brasileiro de 2009**. 2009. Disponível em: <http://www.ipardes.pr.gov.br/biblioteca/docs/bol_33_2c.pdf>. Acesso em: 12 out. 2012.

LEONARD, A. **A história das coisas**: da natureza ao lixo, o que acontece com tudo que consumimos. Rio de Janeiro: Zahar, 2011. 295 p.

LIMA, J.D. **Modelos de Apoio à Decisão para Alternativas Tecnológicas de Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil**. 2012.375 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologias e Ciências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012.

MALHEIROS, T.F.; COUTINHO, S.M.V; PHILIPPI JR, A. **Indicadores de Sustentabilidade: uma abordagem conceitual**/ editores Arlindo Philippi Jr, Tadeu Fabrício Malheiros. Barueri, SP; Manole, 2012. Coleção Ambiental; 12. 729 p.

MELO, L.A.; SAUTTER, K.D.; JANISSEK, P.R. Estudo de cenários para o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos de Curitiba. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.14 n.4 p.551-558, 2009.

MILANEZ, B. **Resíduos sólidos e sustentabilidade: princípios, indicadores e instrumentos de ação**. 2002. 206 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos –Ufscar, São Carlos, 2002.

MINAS GERAIS. Governo do Estado. **Estudo Econômico-Financeiro para Destinação Final de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU)**. Belo Horizonte: Fundação Israel Pinheiro, 2012. 104 p.

MORAIS, C.M. **Escalas de medida, estatística descritiva e inferência estatística**. Bragança: Escola Superior de Educação. Instituto Politécnico de Bragança, 2005.

MOTTA, V.T.; OLIVEIRA FILHO, P.F. **SPSS** – Análise de dados biomédicos. Rio de Janeiro: Medbook, 2009.

MUNIZ, A.M.V.; SILVA, J.B.; COSTA, L.C.M. Dinâmica Sócio Espacial Frente ao Processo de Reestruturação Produtiva na Região Metropolitana de Fortaleza (RMF). In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOGRAFIA URBANA CIÊNCIA E UTOPIA: POR UMA GEOGRAFIA DO POSSÍVEL, 12., 2011, Fortaleza. Anais do SIMPURB Fortaleza, 2011. 12p.

NÓBREGA, C.C. **Viabilidade Econômica, com Valoração Ambiental e Social, de Sistemas de Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos Domiciliares – Estudo de Caso: João Pessoa/PB**. Tese (Doutorado em Recursos Naturais). Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande – Centro de Ciências Tecnológicas.2003.177p.

NUNESMAIA, M.F. A gestão de resíduos urbanos e suas limitações. **Revista Baiana de Tecnologia**, vol.17, n.1, 2002. 10p.

OLIVEIRA, V. M; CÂNDIDO, G. A. Contemporaneidade do Consumo Sustentável e as suas Correlações com as Práticas Empresariais e o Comportamento do Consumidor. In: Encontro Nacional da Anppas, 5., 2010, Florianópolis. Anais...

Florianópolis: Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade., 2010. 20p.

ONOFRE, F. L. **Estimativa da Geração de Resíduos Sólidos Domiciliares.**

2011.100 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2011.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT - OECD. **Core set of Indicators for Environmental Performance reviews. A synthesis report by the Group on the State of the Environment**, OECD Publications, Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, 1993. Disponível em: < <http://www.fao.org/ag/againfo/programmes/en/lead/toolbox/Refer/gd93179.pdf>>. Acesso em 15.out.2012.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT - OECD. **Municipal waste generation – OECD Fact book 2009: economic, environmental and social.** Disponível em: <http://www.oecdilibrary.org/previewsites/factbook_2009_en/08/02/02/index.html>. Acesso em: 15 out. 2012.

PARAGUASSÚ DE SÁ, F.A.; ROJAS RODRIGUEZ, C.R. **Indicadores para el gerenciamiento del Servicio de Limpieza Pública.** 2. ed. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente – CEPIS, 2002. 80p.

PEREIRA, J.C. R. **Análise de dados qualitativos.** 3. ed. São Paulo: Edusp, 2004.

PERES, D. N. **O consumidor no controle: os novos rumos da publicidade na sociedade de consumo pós-moderna.** 2007.92 f. Monografia (Bacharel em Comunicação Social) – Faculdade em Comunicação Social, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

PESTANA, M. H.; GAGEIRO, J. N. **Análise de dados para ciências sociais**—a complementaridade do SPSS. 5. ed. Lisboa, 2008.

PHILIPPI JR, A.; MALHEIROS, T.F.; AGUIAR, A.O. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável.** Saneamento, Saúde e Ambiente/ editor Arlindo Philippi Jr. Barueri, SP; Manole, 2005. Coleção Ambiental; 2. 833 p.

POLAZ, C.N.M.; TEIXEIRA, B.A.N. Utilização de indicadores de sustentabilidade para a gestão de resíduos sólidos urbanos no município de São Carlos/SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24., 2007, Belo Horizonte. Anais do CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL Belo Horizonte: ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007.

POLAZ, C. N. M. **Indicadores de Sustentabilidade para Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos.** 2008.188 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Centro de Ciências Exatas e de Tecnologias, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO - PNUD. 2013. Disponível em: < <http://www.pnud.org.br/>>. Acesso em: 4 fev. 2013b.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO – PNUD.

Atlas de Desenvolvimento Humano 2000. Disponível em: http://www.pnud.org.br/IDH/Atlas2003.aspx?indiceAccordion=1&li=li_Atlas2003. Acesso em: 24 fev. 2013a.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE – PNUMA. 2013. Disponível em: < <http://www.pnuma.org.br/>>. Acesso em: 13 mar. 2013.

QUIROGA MARTINEZ, R. **Los indicadores de desarrollo sostenible:** avances y perspectivas para América Latina y el Caribe. Santiago: CEPAL - Nações Unidas, 2007.

RATHJE, W.; MURPHY, C. **Rubbisch!**: the archaeology of garbage. New York: The University of Arizona Press, 2001. 259 p.

REIS, E. *et al.* **Introdução à Inferência Estatística.** Lisboa: Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 2006. 48 p.

ROCHA, E. P. G. **Magia e capitalismo:** um estudo antropológico da publicidade. 3. ed. São Paulo: Brasiliense, 1995.

RODRIGUES, F. A.; SÃO THIAGO, L.E. **Manual de indicadores ambientais:** Instrumentos de Gestão Ambiental. Rio de Janeiro: FIRJAN; SEBRAE, 2008. 20 p.

ROSS, S. M. **Introduction to probability and statistics for engineers and scientists,** Volume 1, 3th ed. Amsterdam: Academic Press, 2004, 624 p.

RUSSO, M.A.T. **Tratamento de Resíduos Sólidos.** 2003. 196 p. Universidade de Coimbra - Faculdade de Ciências e Tecnologia Departamento de Engenharia Civil, 2003.

SANTOS, F.A.A. **Fatores Econômicos que Explicam o Consumo.** 2005. Disponível em: <<http://www.classecontabil.com.br/artigos/ver/642>>. Acesso em: 22 jul. 2013.

SANTOS, M. **Por uma outra globalização:** do pensamento único à conscientização universal. 5. ed. Rio de Janeiro: Record, 2001.

SCHMIDT, A.M.A. **Processo de apoio à tomada de decisão, abordagens: AHP e Macbeth.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC. Florianópolis, 1995. Disponível em: <http://www.eps.ufsc.br/disserta/angela/capit_1/cp1_ang.htm> Acesso em: 19 abr.2013.

SILVA, P. A. L. **Probabilidade & Estatística.** 2 ed. Rio de Janeiro: Reichmann & Affonso Editores, 2001.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS).

Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos – 2009. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. 2009.

Disponível em:<<http://www.snis.gov.br/PaginaCarrega.php?EWRErterterTERTer=91>>. Acesso em: 24 fev. 2013.

SJÖSTRÖM, M.; ÖSTBLÖM, G. Decoupling waste generation from economic growth: A CGE analysis of the Swedish case. **National Institute of Economic Research, Sweden. Ecological Economics**. n.69, p.1545 -1552, 2010.

SOUZA, S.C.I.S.; MANOEL, A. Economia brasileira e condições de vida e de trabalho da população - reações à crise internacional. **Revista Economia & Tecnologia**, vol. 7, n. 3, 2011.

SPIEGEL, M. R. **Estatística: Resumo da teoria 875 problemas resolvidos, 619 problemas propostos**. Editora McGraw-Hill do Brasil, LTDA. São Paulo - SP. 1972. 580p.

TEIXEIRA, M.S. **Estudos, Considerações e Propostas para o Aproveitamento Energético de Resíduos Sólidos (Lixo) no Brasil**. 2011. Dissertação (Pós Graduação *Lato Sensu* em Formas Alternativas de Energia) – Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG, 2011.

TELLO ESPINOZA, P. *et al.* **Relatório da Avaliação Regional da Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos na América Latina e Caribe 2010**. México: BID, OPAS e AIDIS: 164 p., 2011.

TENÓRIO, J.A.S.; ESPINOSA, D.C.R. **Controle Ambiental de Resíduos**. Curso de Gestão Ambiental/ editores: Arlindo Philippi Jr, Marcelo de Andrade Romero, Gilda Collert Bruna. Barueri, SP; Manole, 2004. Coleção Ambiental; 1. 1035 p.

TRIGUEIRO, A. **Volume de lixo cresce em proporção maior que a população brasileira**. Disponível em: <<http://www.mundosustentavel.com.br/2013/05/volume-de-lixo-cresce-em-proporcao-maior-que-a-populacao-brasileira/>>. Acesso em: 31 mai. 2013.

TRIOLA, M. F. **Introdução à Estatística**. Rio de Janeiro: LTC, 2008. 10 ed. 726 p.

VEIGA, J.E. **Desenvolvimento sustentável: o desafio do século XXI**. Rio de Janeiro: Garamond, 2008. 3. ed. 226 p.

_____. Indicadores de sustentabilidade. **Estudos Avançados**, São Paulo, v.24, n. 68, p. 39-52. 2010.

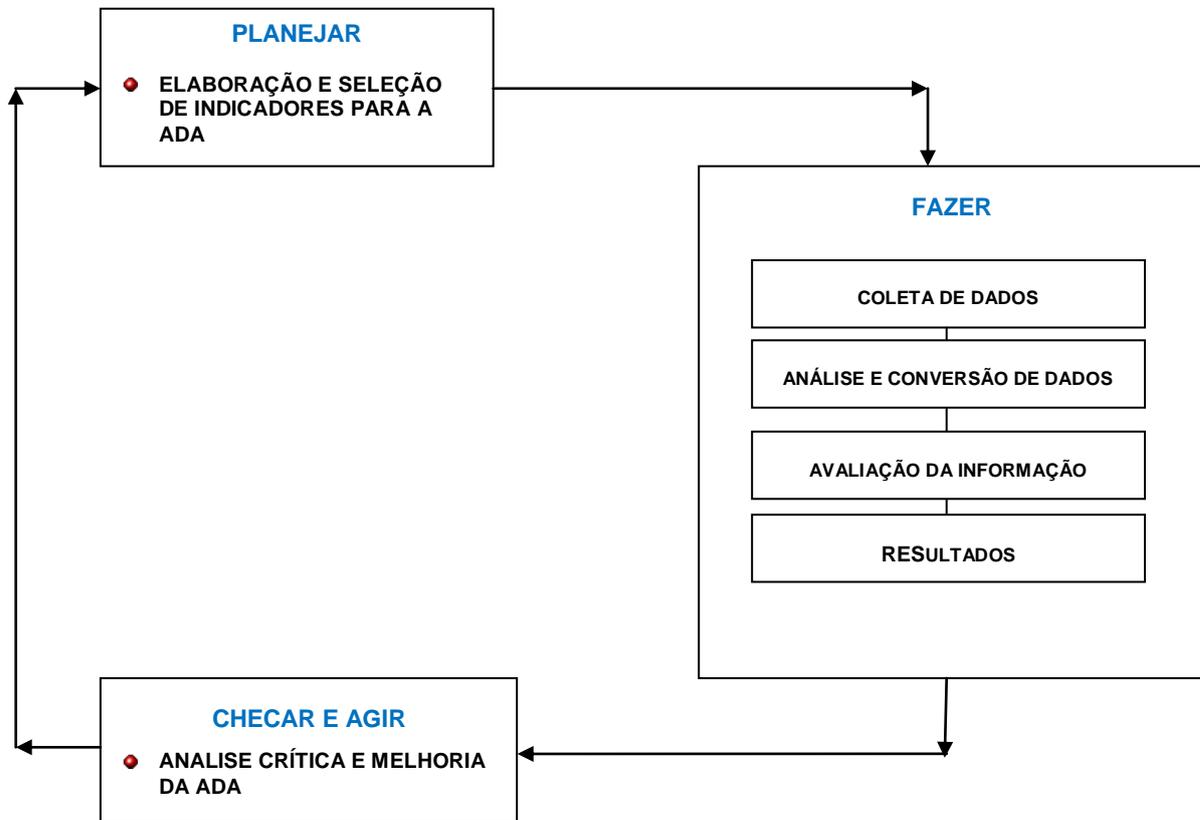
WORLD BANK. **What a whaste**: solid waste management in Asia. Waschigton: Urban Development Sector Unit. East Asia and Pacific Region. 1999.

_____. **What a whaste**: a global review of solid waste management. Waschigton: Urban Development & Local Government Unit. 2012.

WORRELL, W. A.; VESILIND, P. A. **Solid Waste Engineering**. Stamford, EUA, 2012. 2 ed. 401 p.

ANEXOS

ANEXO A – Etapas da ADA.



Fonte: Adaptado da ABNT NBR ISO 14031, 2004.

ANEXO B – Modelos de sistemas de avaliação ambiental integrada, baseados em indicadores, conforme os tipos ou dimensões considerados.

Tipo de Indicador (dimensão)	Modelo de matriz de indicadores				
	PER	PEER	FER	FPEIR	PEIR
Força Motriz (F) <i>Drive</i>	●	●	●	●	●
Pressão (P) <i>Pressure</i>	●	●	●	●	●
Estado (E) <i>State</i>	●	●	●	●	●
Impacto (I) <i>Impact</i>	●	●	●	●	●
Efeito (E) <i>Effect</i>	●	●	●	●	●
Resposta (R) <i>Response</i>	●	●	●	●	●
Fonte	OECD – <i>Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico</i> (1983)	USEPA – <i>United States Environmental Protection Agency</i> (1995)	UNCSD – <i>United Nations Commission on Sustainable Development</i> (1996)	EEA – <i>Agencia Europeia do Ambiente</i> (1999)	PNUMA – <i>Programa de das Nações Unidas para o Meio Ambiente</i> (2002)

Fonte: Adaptado de BITAR; BRAGA, 2012.

ANEXO C – Modelo de Milanez aplicado à gestão de RSU. Município de São Carlos/SP – 2002.

PRINCÍPIOS PARA RSU	INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE	AValiação de TENDÊNCIA A SUSTENTABILIDADE
Garantia de condições adequadas de trabalho	(1) Percentual de homens dias efetivamente trabalhados	(MD) Assiduidade inferior a X% (D) Assiduidade entre X% e Y% (F) Assiduidades superior a Y%
	(2) Existência de situações de risco	(MD) Presença de catadores trabalhando de forma precária nos locais de disposição final (D) Presença de catadores trabalhando de forma precária nas ruas (F) Inexistência de situações descritas anteriormente
Geração de trabalho e renda	(3) Percentual das pessoas que atuam na cadeia de resíduos que têm acesso a apoio ou orientação definidos em uma política pública municipal	(MD) Inexistência de política pública municipal efetiva para apoio às pessoas que atuam na cadeia de resíduos (D) Existência de um programa municipal, todavia com baixo envolvimento das pessoas (F) Programa municipal de orientação ou apoio às pessoas que trabalham com resíduos atingindo um grupo significativo
Gestão solidária	(4) Participação da população através de canais específicos para gestão dos RSU	(MD) Inexistência dos canais de participação específicos para RSU (D) Existência dos canais de participação específicos, sem sua utilização pela população (F) Existência de canais específicos e sua utilização pela população
	(5) Existência de parcerias com outras esferas do poder público ou com a sociedade civil	(MD) Inexistência de parcerias (D) Existência de parcerias, mas apenas dentro do município (F) Existência de parcerias tanto dentro quanto fora do município
Democratização da informação	(6) Existência de informações sistematizadas e disponibilizadas para a população	(MD) As informações não são sistematizadas (D) As informações são sistematizadas, mas não estão acessíveis à população (F) As informações são sistematizadas e divulgadas de forma pró-ativa para a população
Universalização dos serviços	(7) Percentual da população atendida pela coleta misturada de resíduos	(MD) Parte da população não é atendida (D) Toda população é atendida, mas nem todos regularmente ou na frequência necessária (F) Toda população é atendida na frequência necessária
Eficiência econômica da gestão dos RSU	(8) Eficiência econômica dos serviços de limpeza pública (kg de resíduos/R\$1000,00)	(MD) Eficiência econômica não identificada ou abaixo de R\$ X (D) Eficiência econômica entre R\$ X e R\$ Y (F) Eficiência econômica acima de R\$ Y
Internalização pelos geradores dos custos e benefícios	(9) Percentual autofinanciado do custo de coleta, tratamento e disposição final	(MD) Não há nenhum sistema de cobrança para financiamento dos serviços de coleta, tratamento e destinação final (D) a) Há sistema de financiamento, mas esse não cobre todos os custos, ou b) há sistema de financiamento, mas não é proporcional ao uso dos serviços de coleta, tratamento e destinação final (F) Os serviços de coleta, tratamento e destinação final são totalmente financiados pelos usuários proporcionalmente ao uso desses mesmos serviços
Recuperação da degradação ambiental devida à gestão incorreta dos RSU	(10) Percentual das áreas degradadas pela gestão dos RSU que já foram recuperadas	(MD) Não foi identificada a existência de passivo ambiental (D) Passivo ambiental identificado, mas sem recuperação plena (F) Passivo ambiental identificado e plenamente recuperado
Previsão de impactos sócio-ambientais	(11) Implementação das medidas mitigadoras previstas nos estudos de impacto ambiental das atividades relacionadas à gestão dos RSU e obtenção de licenças ambientais	(MD) Estudos de impacto ambiental não foram aprovados / não houve licenciamento ambiental (D) Estudos foram aprovados, mas medidas mitigadoras não foram integralmente realizadas / houve licenciamento ambiental, mas há notificações quanto à não-conformidades (F) Estudos foram aprovados e as medidas mitigadoras integralmente realizadas / houve licenciamento ambiental e não há notificações
Preservação dos recursos naturais	(12) Percentual, em peso, dos resíduos coletados pelo poder público que não são encaminhados para a disposição final	(MD) Inexistência de programa para recuperação de RSU (D) Recuperação parcial dos materiais reaproveitáveis presentes nos RSU (F) Recuperação significativa dos materiais reaproveitáveis presentes nos RSU

(a) MD - Muito Desfavorável; (b) D – Desfavorável; e (c) F - Favorável.

Fonte: Milanez, 2002.

ANEXO D - Modelo proposto por Paraguassú de Sá e Rojas Rodríguez (2002)., aplicado a gestão de RSU na ALC.

Indicadores	Definição	Fórmula	Utilização / Observações
Peso Específico (PE)	É a quantidade do lixo (Q) em relação ao volume (V).	$PE = Q/V$ expresso em Kg/m^3	Para cálculos transformar volume em peso, e vice-versa.
Teor de Umidade (TU)		$TU = (\text{Peso inicial da amostra} - \text{Peso final da amostra}) \times 100 / \text{Peso inicial da amostra}$	Este indicador é importante na definição do sistema de coleta, tratamento e disposição final. O peso perdido na secagem dos resíduos representa o teor de água existente na amostra.
Grau de Compactação (GC)	O grau de compressividade do lixo é da ordem de 1:3 a 1:4 e é expresso por Kg/cm^2 .		Para calculo dos equipamentos de compactação.
Relação entre o Aumento da População e a Produção de Lixo (RAPPL).	Segundo o Relatório do Banco Mundial sobre o desenvolvimento, indica que o incremento de 1% na população, corresponde a um aumento de 1,04% na geração de lixo e, no caso do aumento de renda per capita, a geração será 0,34% maior.	$RAPPL = \text{Aumento da População} / \text{Produção de Lixo}$.	Calcula-se a RAPPL para acompanhar e correlacionar a população urbana e a produção dos resíduos.
Composição do Lixo no País (CLP)	Segundo a ABRELPE (2012), a composição média no Brasil é: Biodegradável (51,4%); Reciclável (31,9 %); Descartável (16,7%).		Este indicador é importante na definição do sistema de coleta, tratamento e disposição final do lixo.
Taxa de Ocupação Domiciliar (TOD)	O valor é obtido no Censo Demográfico elaborado pelo IBGE.		Este indicador é tem importância no calculo estimativo da produção de resíduos domiciliares.

Fonte⁴⁵: Adaptado de Paraguassú de Sá e Rojas Rodríguez (2002).

⁴⁵ Tabela criada pelo autor com informações obtidas do documento citado.

ANEXO D (Continuação).

Indicadores	Definição	Fórmula	Utilização / Observações
Volume do Lixo Reciclável (VLR)	Este indicador calcula a produção de lixo reciclável nos domicílios.	$\text{VLR} = W \times K \times \text{TOD} / \text{PE}$ <p>W = Percentual do lixo reciclável encontrado nos domicílios; K = produção per capita por habitante (dia ou ano); TOD = Taxa de ocupação domiciliar; e, PE = Peso específico do lixo.</p>	
Volume do Lixo Descartável (VLD)	Indicador para o dimensionamento da produção de lixo descartável nos domicílios.	$\text{VLD} = W \times K \times \text{TOD} / M$ <p>W = Percentual do lixo reciclável encontrado nos domicílios; K = produção per capita por habitante (dia ou ano); TOD = Taxa de ocupação domiciliar; e, PE = Peso específico do lixo.</p>	
Cobertura (COB)	Mostra a cobertura do serviço numa determinada área.	$\% \text{COB} = \text{População servida pelo serviço} \times 100(\%) / \text{População total}$	
Cobertura de Qualidade do Serviço (CQS)	O calculo deste indicador é feito através das ruas que dispõe de algum tipo de pavimentação.	$\text{CQS} = \text{Extensão das ruas pavimentadas} / \text{Extensão das ruas da localidade}$	
Cobertura de Disposição Sanitária (CDS)	O calculo deste indicador mostra a disposição sanitária adequada.	$\text{CDS} = \text{Quantidade de resíduos dispostos adequadamente em aterros sanitários.}$	
Eficiência 1	O indicador mostra o número <i>per capita</i> de funcionários em relação à população atendida pelo serviço.	$\text{Número de Funcionários} \times \text{Pessoas Atendidas pelo Serviço}$	

Fonte⁴⁶: Adaptado de Paraguassú de Sá e Rojas Rodríguez (2002).

⁴⁶ Tabela criada pelo autor com informações obtidas do documento citado.

ANEXO D (Continuação) .

CONCLUSÃO			
Indicadores	Definição	Fórmula	Utilização / Observações
Eficiência 2	O indicador mostra o número <i>per capita</i> de funcionários em relação à população.	Número de Funcionários X Número de Usuários (Número de habitantes da localidade).	
Equipe de Coleta (EC)	O indicador mostra a eficiência da equipe de coleta.	EC = Número de funcionários executando o serviço Número de funcionários executando o serviço + Funcionário de reserva e de manutenção.	
Manutenção (M)	O indicador mostra a eficiência da equipe de manutenção.	M = Custo de manutenção preventivo Custo de manutenção preventivo + Custo de manutenção corrigido.	
		UEC = Soma das quantidades de resíduos coletados pelos caminhões por viagem x 100.	
Uso da Equipe de Coleta (UEC)	O indicador mostra o volume médio transportado pelos caminhões.	Soma das capacidades dos caminhões por viagem.	

Fonte⁴⁷: Adaptado de Paraguassú de Sá e Rojas Rodríguez (2002).

⁴⁷ Tabela criada pelo autor com informações obtidas do documento citado.