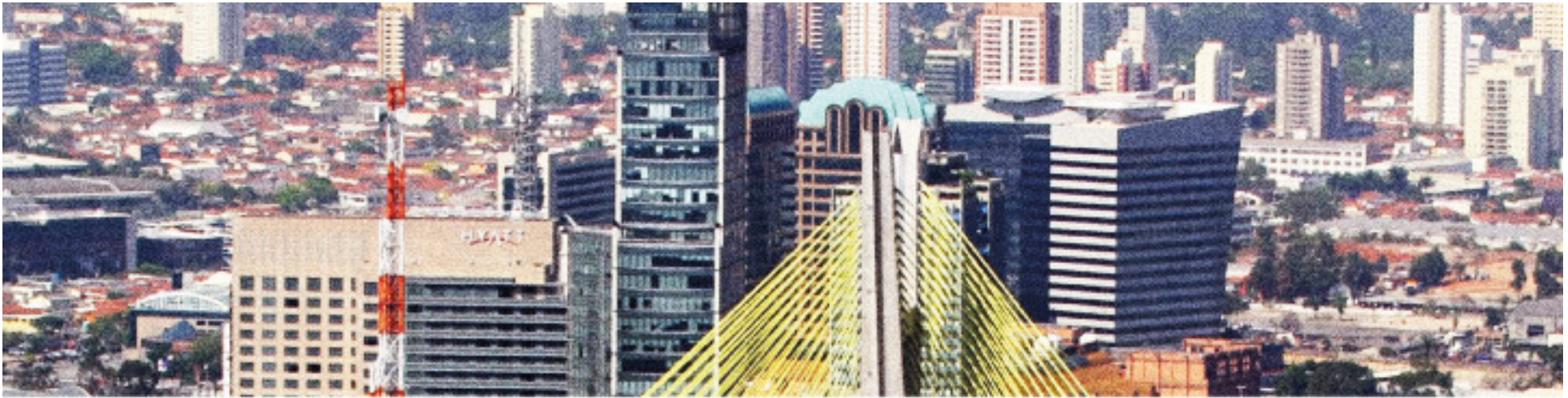


An aerial photograph of São Paulo, Brazil, showing a mix of modern skyscrapers and dense residential areas. A large graphic overlay is centered in the image, featuring a green top section with the text 'ISWA 2014' and a bottom section with wavy blue, yellow, and green lines. The text '#São Paulo-Brasil' and 'Congresso Mundial de Resíduos Sólidos' is also present in the green section.

ISWA
2014

#São Paulo-Brasil

Congresso Mundial
de Resíduos Sólidos



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





Indicadores de Sustentabilidade e sua Correlação com a Geração de Resíduos Sólidos Urbanos na Cidade de Fortaleza-CE

**Francisco Humberto de Carvalho Junior
Marisete Dantas de Aquino
Gleyciane Nobre Rocha
Lucia Virginia Reis Aragão de Carvalho
Francisco José Freire Araujo
José Dantas de Lima**

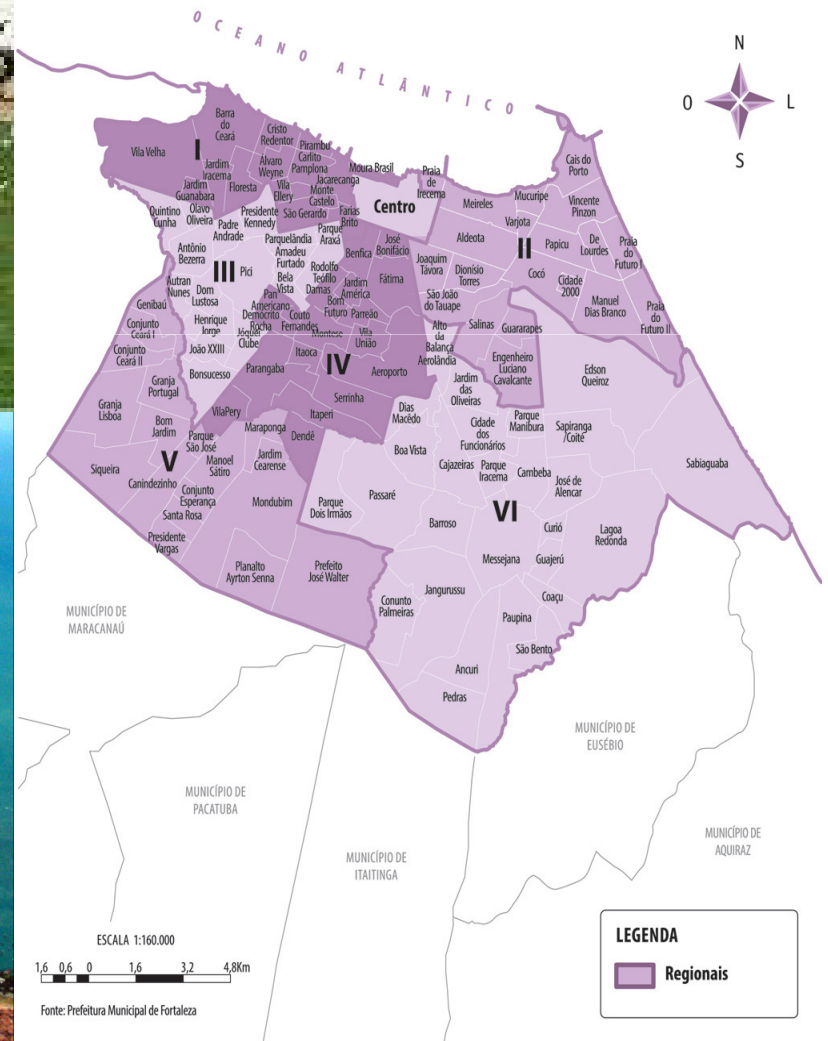
Fortaleza - 1726



População de Fortaleza – 2014

2.452.185 hab.
Área 314.930 km²

Fortaleza - 2014



ESCALA 1:160.000
1,6 0,6 0 1,6 3,2 4,8Km
Fonte: Prefeitura Municipal de Fortaleza

LEGENDA
Regionais

INTRODUÇÃO



A geração dos RSU depende de vários fatores, dentre estes a renda média da população.

O PIB está atrelado ao maior consumo e maior poder aquisitivo da população.

A produção maior de resíduos cresce de acordo com o poder aquisitivo e não mais somente pelo crescimento populacional.



INTRODUÇÃO



- 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 existentes, sensível a uma crise econômica ou a uma melhora na renda média das famílias.



OBJETIVO

Determinar os indicadores de sustentabilidade que influenciam a geração dos RSU, mediante o desenvolvimento de modelo específico para Fortaleza.



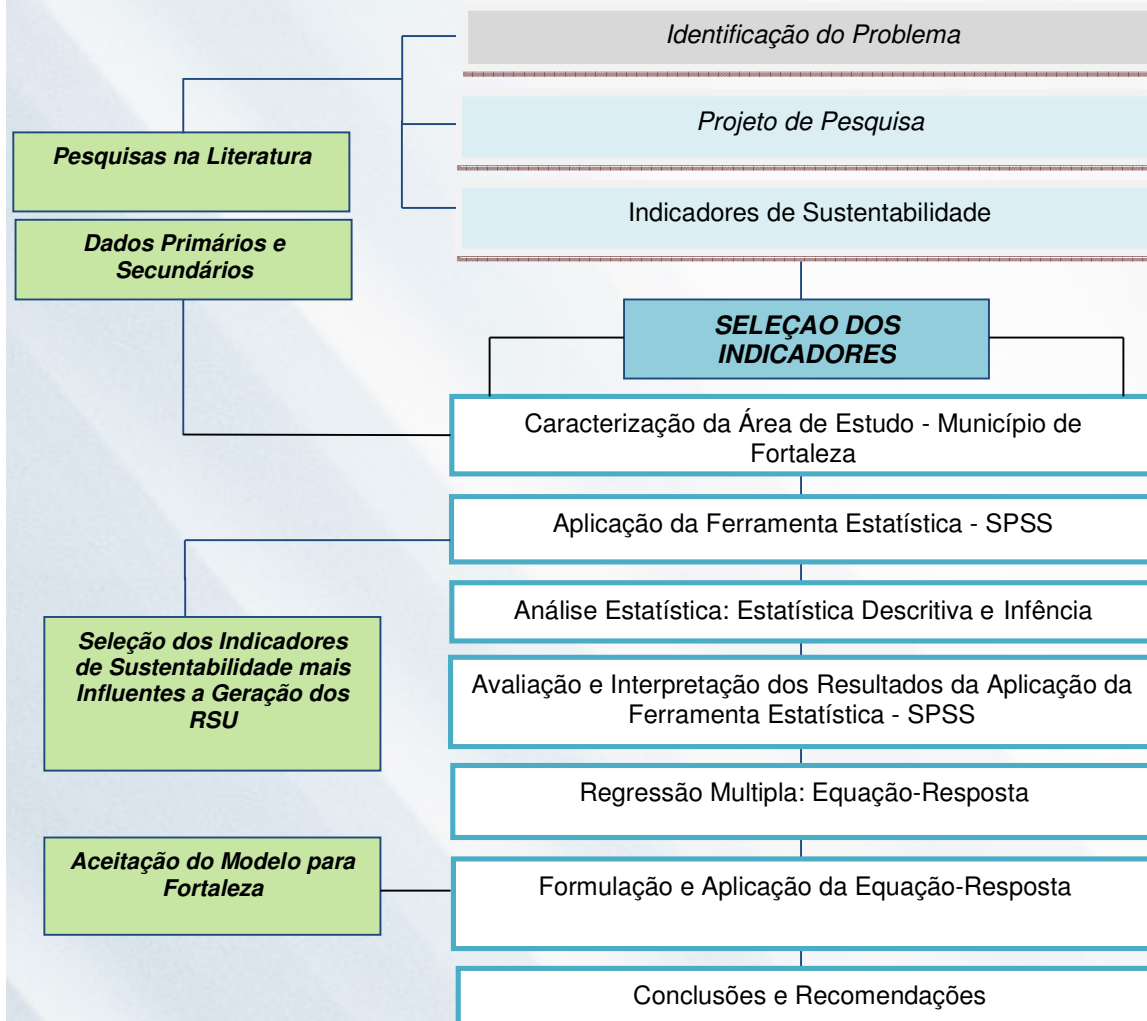
Objetivos específicos

- Analisar, além da população urbana, fatores econômicos flutuantes que influenciam na geração dos RSU.
- Definir e hierarquizar os indicadores de sustentabilidade (socioeconômico e ambiental) que têm correlação com a geração dos RSU.
- Desenvolver a equação de previsão de geração de RSU, com base em indicadores de sustentabilidade.

Materiais e Métodos



Figura 1 – Fluxograma de desenvolvimento da pesquisa.



Fonte: Carvalho Jr., 2013.

Os dados pesquisados dos anos de 2001 a 2011.

Materiais e Métodos



Foram formuladas as seguintes questões:

- 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?



Limitações da Pesquisa:

- Obtenção de dados confiáveis.
- Dificuldade de agregação de indicadores sem distorcer o resultado da quantidade de RSU.
- Aplicação dos dados em suas escalas.

Materiais e Métodos



ETAPA 1: SELEÇÃO DOS INDICADORES

Foram selecionados 11 indicadores de sustentabilidade.

Tabela 1: 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>

Materiais e Métodos



A Figura 2 mostra as variáveis independentes estudadas em função da variável dependente (geração dos RSU).

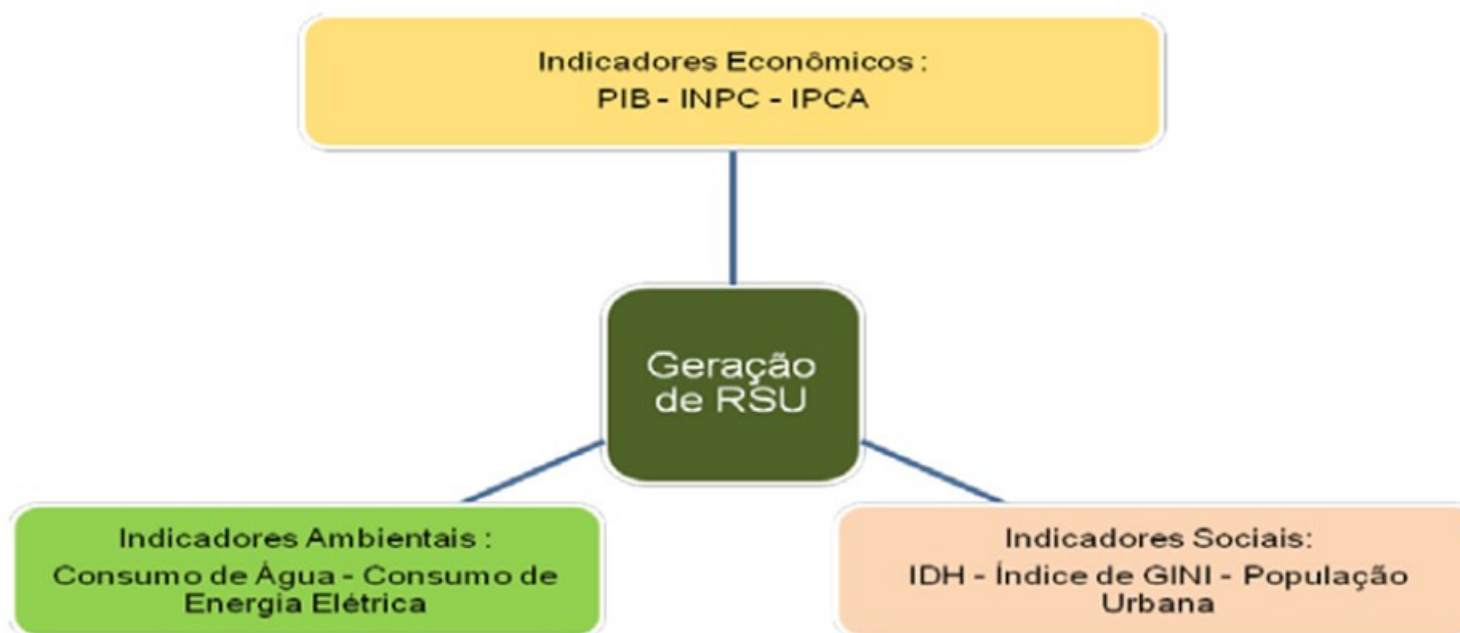


Figura 2: Variáveis estudadas.

Materiais e Métodos



SEGUNDA ETAPA: COLETA DE DADOS

Tabela 2: Indicadores de sustentabilidade de Fortaleza – 2001 a 2011.

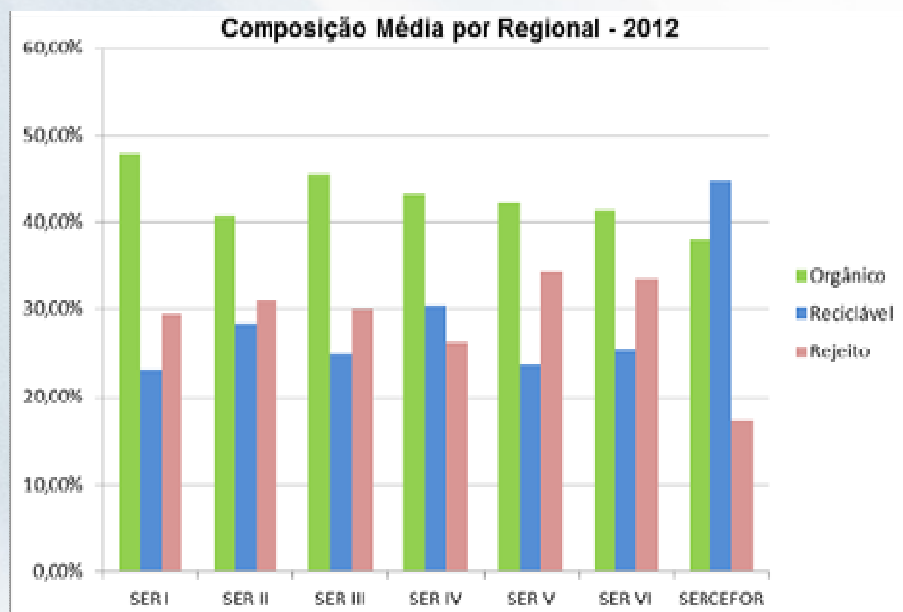
Dados Fortaleza	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
PIB R\$ Milhoes a preços correntes (x 1000)	11.996.572,00	14.348.427,00	16.048.065,00	17.623.128,00	20.060.099,00	22.331.722,00	24.476.378,00	28.350.622,00	31.789.186,00	35.876.700,00	37.196.600,00
PIB per capita - R\$	5.493,91	6.463,73	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	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
Geracao - ton/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 Residuos-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
Gni	0,6326	0,6010	0,5830	0,5998	0,5795	0,5568	0,5499	0,5567	0,5553	0,6267	0,5397
Energia Acumulada-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 coincide 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).

Um dos sinais de mudanças está na composição gravimétrica dos RSU. Em Fortaleza, a fração orgânica vem reduzindo e comparado com a média nacional da ABRELPE (2011), os percentuais para a fração orgânica esta abaixo 8,4% do índice nacional e de 12,3% acima para os rejeitos.

Figura 3 – Composição média dos RSU por Regional de Fortaleza – 2012



Fonte: Adaptado da SANETAL, 2012.

O percentual de fração orgânica em Fortaleza caiu para 43%, devido ao maior consumismo e um maior descarte principalmente de embalagens, causando uma degradação mais lenta dos resíduos dispostos em aterros (ACFOR, 2012).



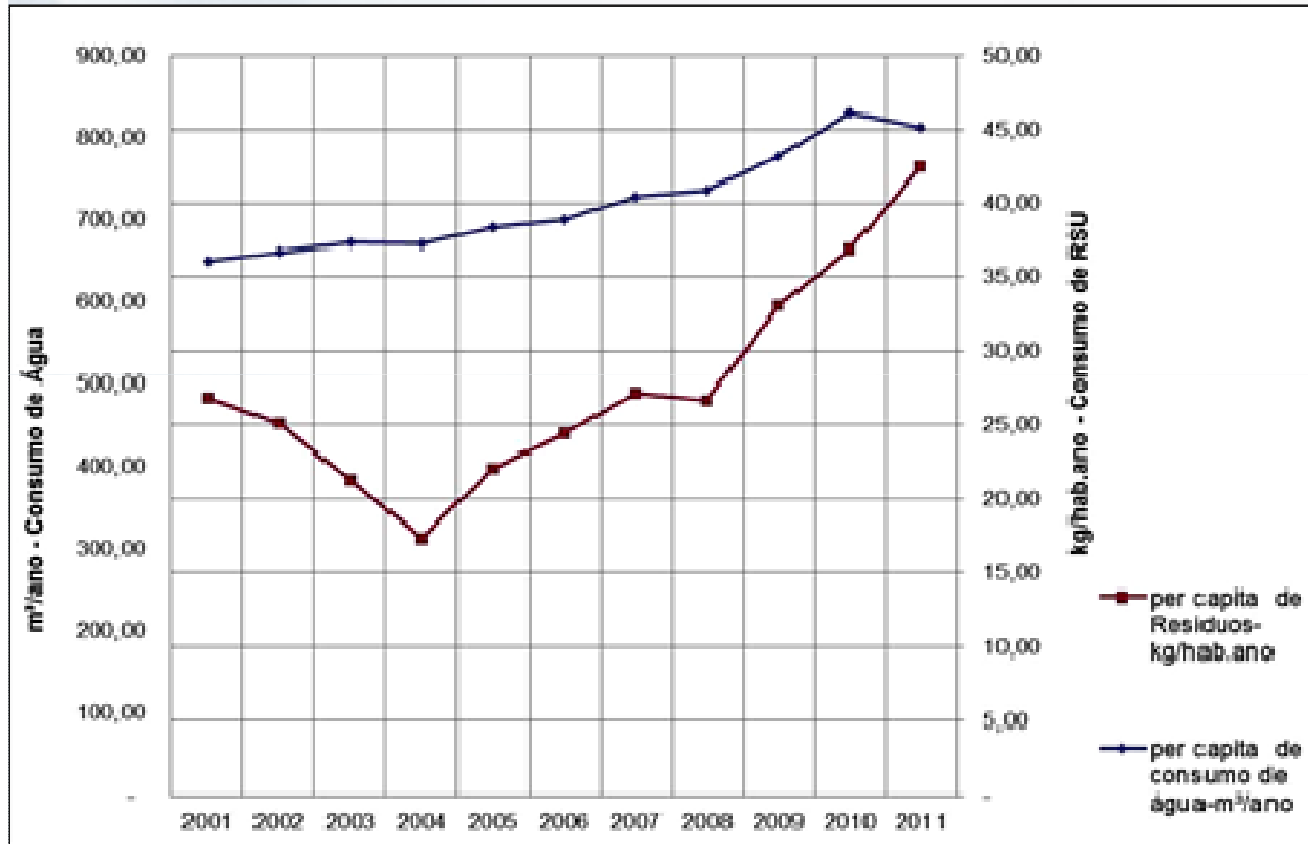
Tabela 3 – Peso específico aparente dos RSU por regional – Fortaleza - 2012.

Regional	Peso Específico Aparente - kg/m ³
SER I	181,80
SER II	195,30
SER III	181,80
SER IV	197,50
SER V	174,10
SER VI	183,60
SERCEFOP	222,20
Média	183,60

A *per capita* cresceu 57,94%, passando de 1,32 kg/hab.dia em 2001 a 2,09 kg/hab.dia em 2011 (ABRELPE, 2011; ACFOR, 2012).



Figura 3 - Consumo *per capita* de água e da geração *per capita* de RSU – Fortaleza - 2001 a 2011.



Fonte:Carvalho Jr., 2013.

Com um maior aumento do consumismo, ocorreu também uma maior demanda de água tratada.

O aumento *per capita* do consumo de água tratada foi de 25,04 % e de 57,94% para os RSU.



Figura 4 - Consumo *per capita* de energia elétrica e de RSU – Fortaleza - 2001 a 2011.

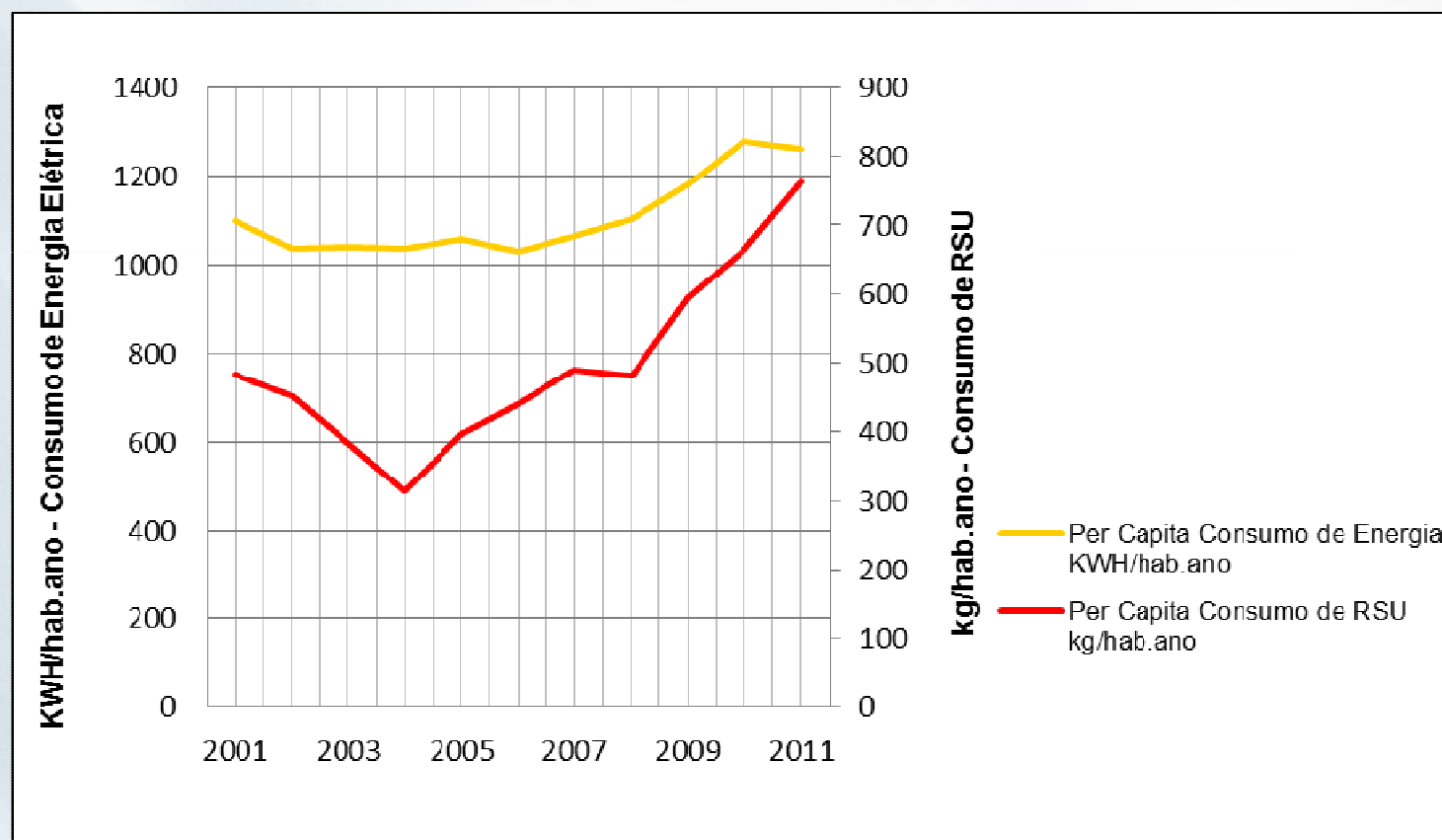
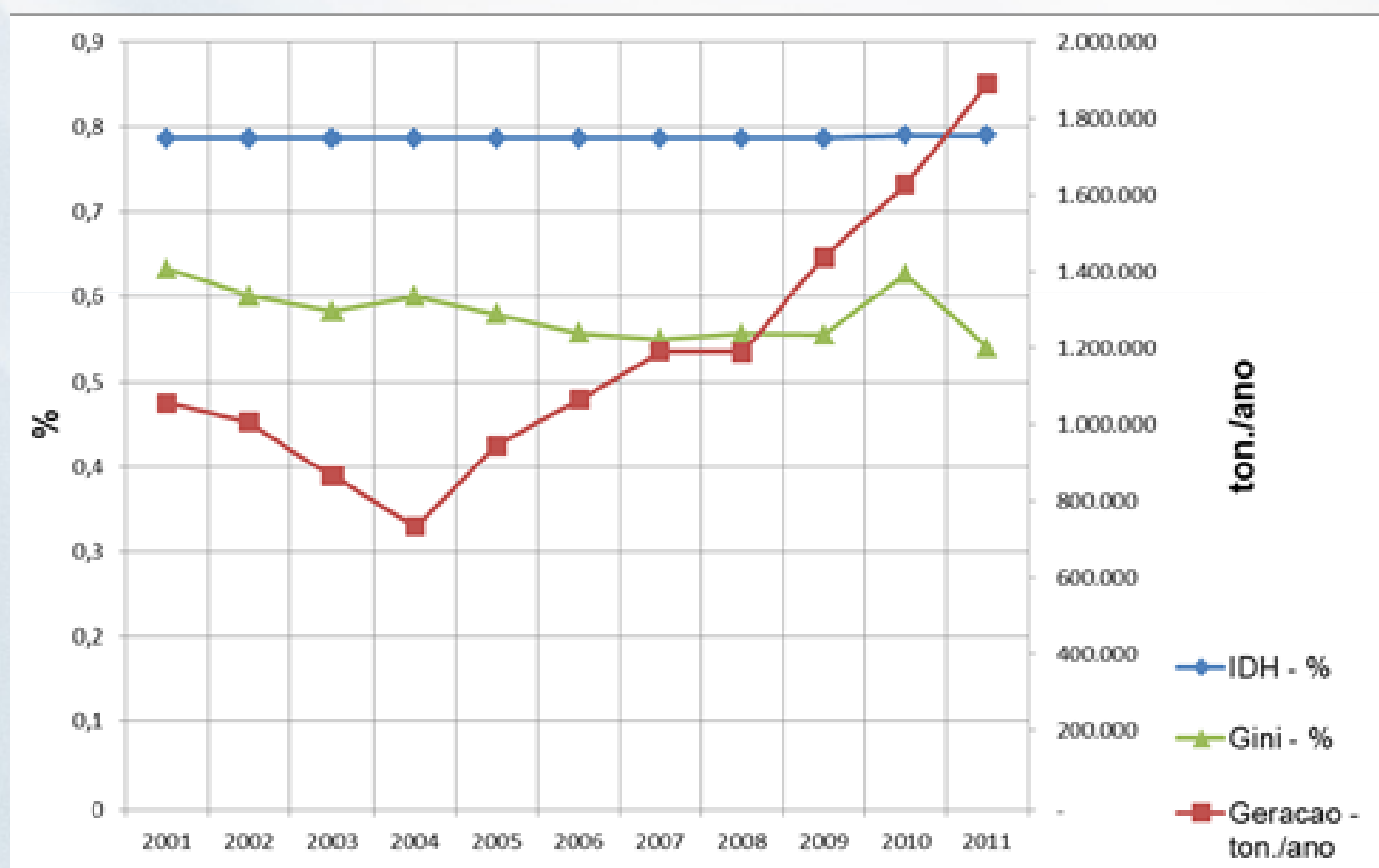




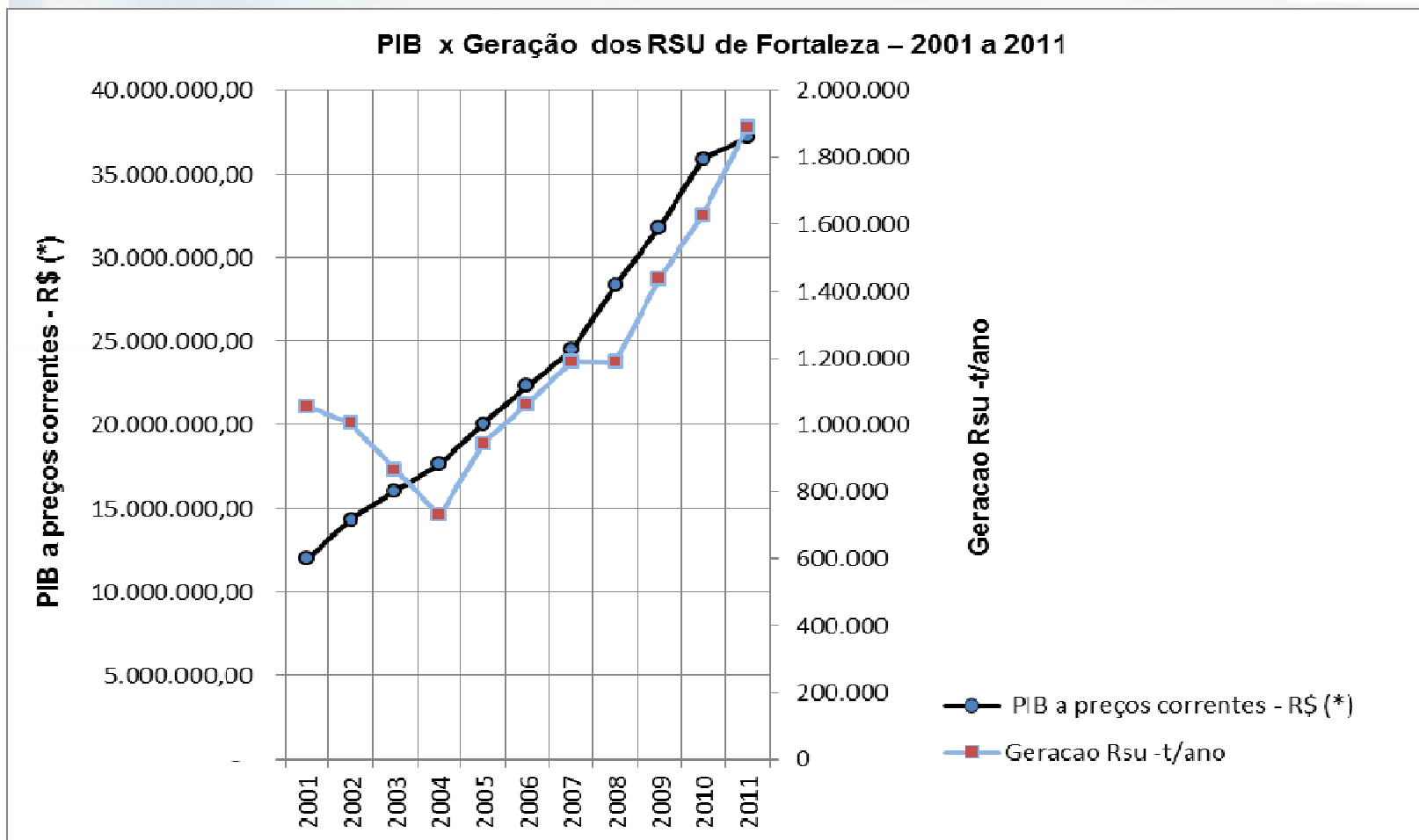
Figura 5 - Indicadores sociais e a geração de RSU – Fortaleza - 2001 a 2011.



Fonte:Carvalho Jr., 2013.



Figura 6 - Geração de RSU x PIB Total – Fortaleza - 2001 a 2011.

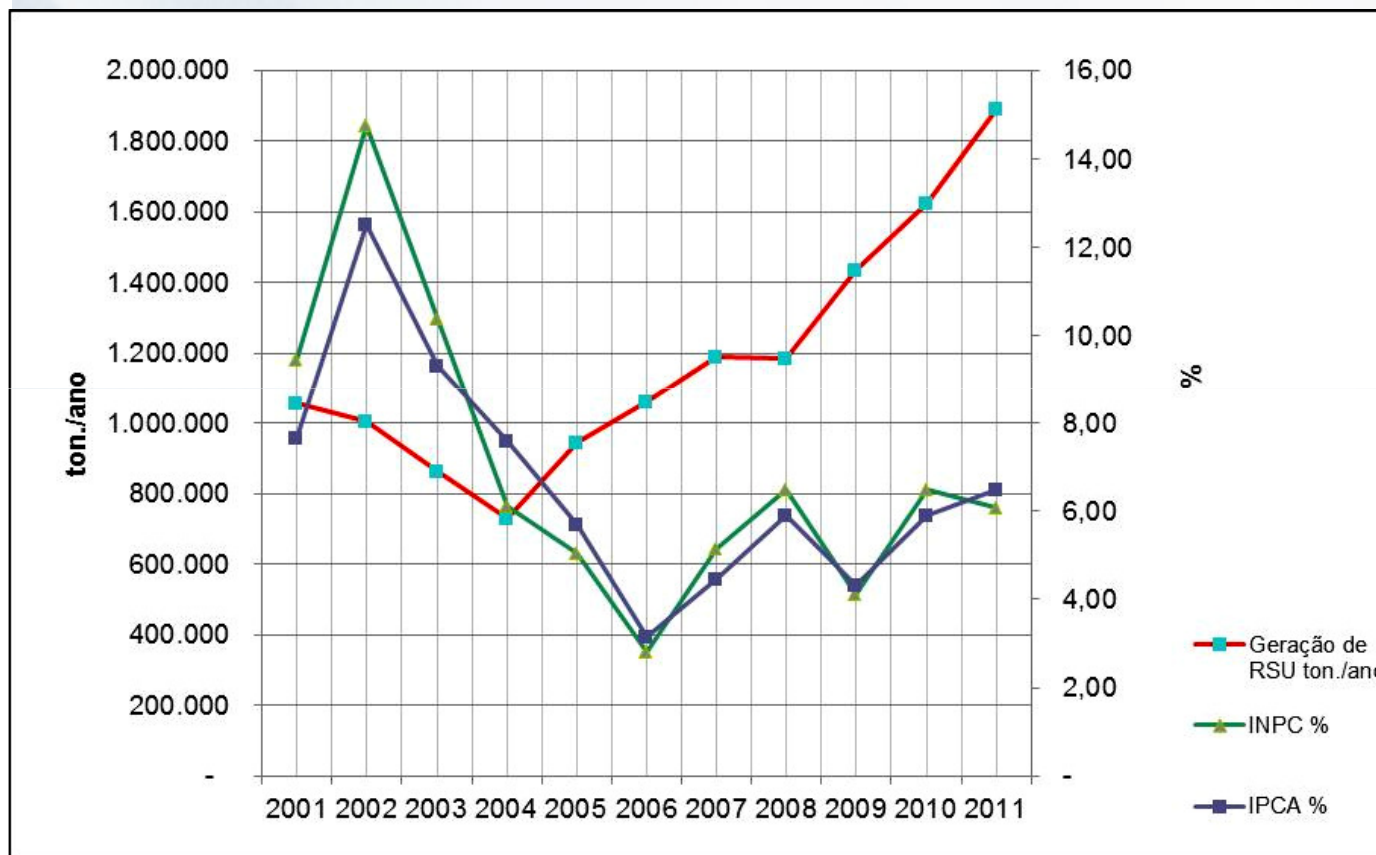


Fonte:Carvalho Jr., 2013.

As curvas do PIB com a da geração dos RSU cresceram juntas, a partir de 2004.



Figura 7 - INPC, IPCA e a geração de RSU – Fortaleza - 2001 a 2011.



Fonte:Carvalho Jr., 2013.

Praticamente as curvas do INPC e IPCA são iguais. No entanto a curva da geração dos RSU cresce de forma contínua a partir de 2004. Isso mostra que existiu pouca correlação entre os indicadores INPC e IPCA com a geração dos RSU.



Tabela 4 – 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 - ton./ano	79,13%
<i>Per capita</i> dos RSU - kg/hab.ano	57,94%

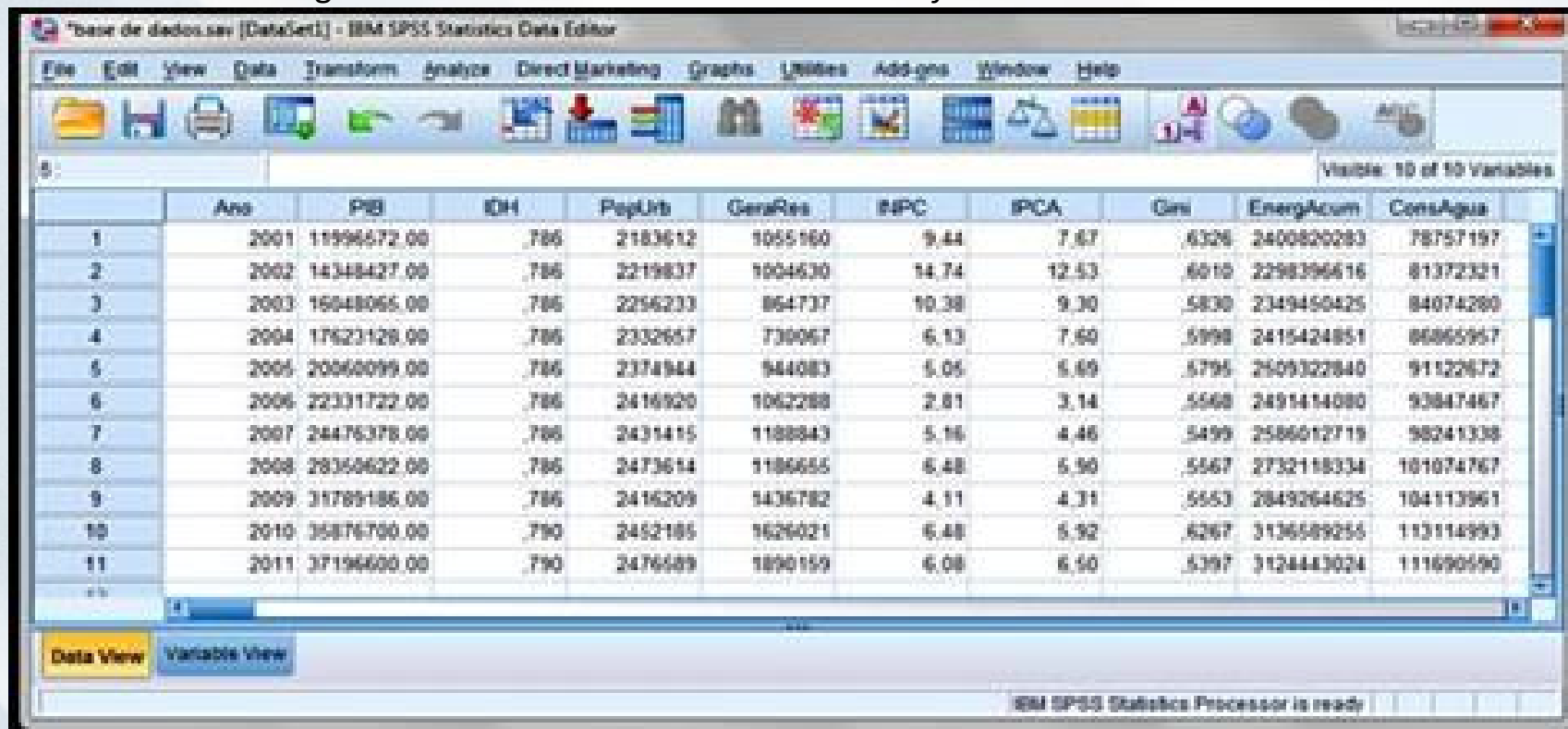
Fonte: Carvalho Junior, 2013.

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

TERCEIRA ETAPA: TRATAMENTO ESTATÍSTICO

- Coleta e criação de banco de dados. Utilizou-se o programa SPSS na versão 19.0, adotando para as análises estatísticas nível de significância de 5%.

Figura 8: Base de dados desenvolvida no *software* SPSS versão 19.0.



	Ano	PIB	IDH	PopUrb	GenRes	INPC	IPCA	Gini	EnergAcum	ConsAgua
1	2001	11996672.00	.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	17623129.00	.786	2332657	730067	6.13	7.60	.5998	2415424851	86865957
5	2005	20060099.00	.786	2374944	944083	5.05	5.69	.5795	2509323840	91122672
6	2006	22301722.00	.786	2416920	1062288	2.81	3.14	.5668	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	2732118034	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	2476089	1890159	6.08	6.50	.5397	3124443024	111690590



QUARTA ETAPA: MEDIDAS DE CORRELAÇÃO

Escolhido o método de correlação de Pearson, obtivemos, na Tabela 5, o grau de relacionamento entre as variáveis.

As correlações foram feitas duas a duas. A geração dos RSU em Fortaleza, entre os anos 2001 a 2011, mostrou uma intensa correlação, 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, devido ao consumo, principalmente das classes sociais que ascenderam nos últimos anos.



Tabela 5 - Grau de relacionamento entre as variáveis selecionadas.

	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 (ton./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 (ton./ano)	83,4%	88,3%	82,8%	61,6%	-26,2%	-31,6%	-29,2%	92,9%	86,0%	100,0%



O Modelo de Regressão encontrado foi:

$$Y = (-18.863.381,145) + 0,052243X_1 + 28.231.315,298X_2 - 1,266315X_3 + 0,000458X_4 - 0,016931X_5$$

Onde:

Y = A Geração dos RSU para Fortaleza

X_1 = PIB

X_2 = IDH

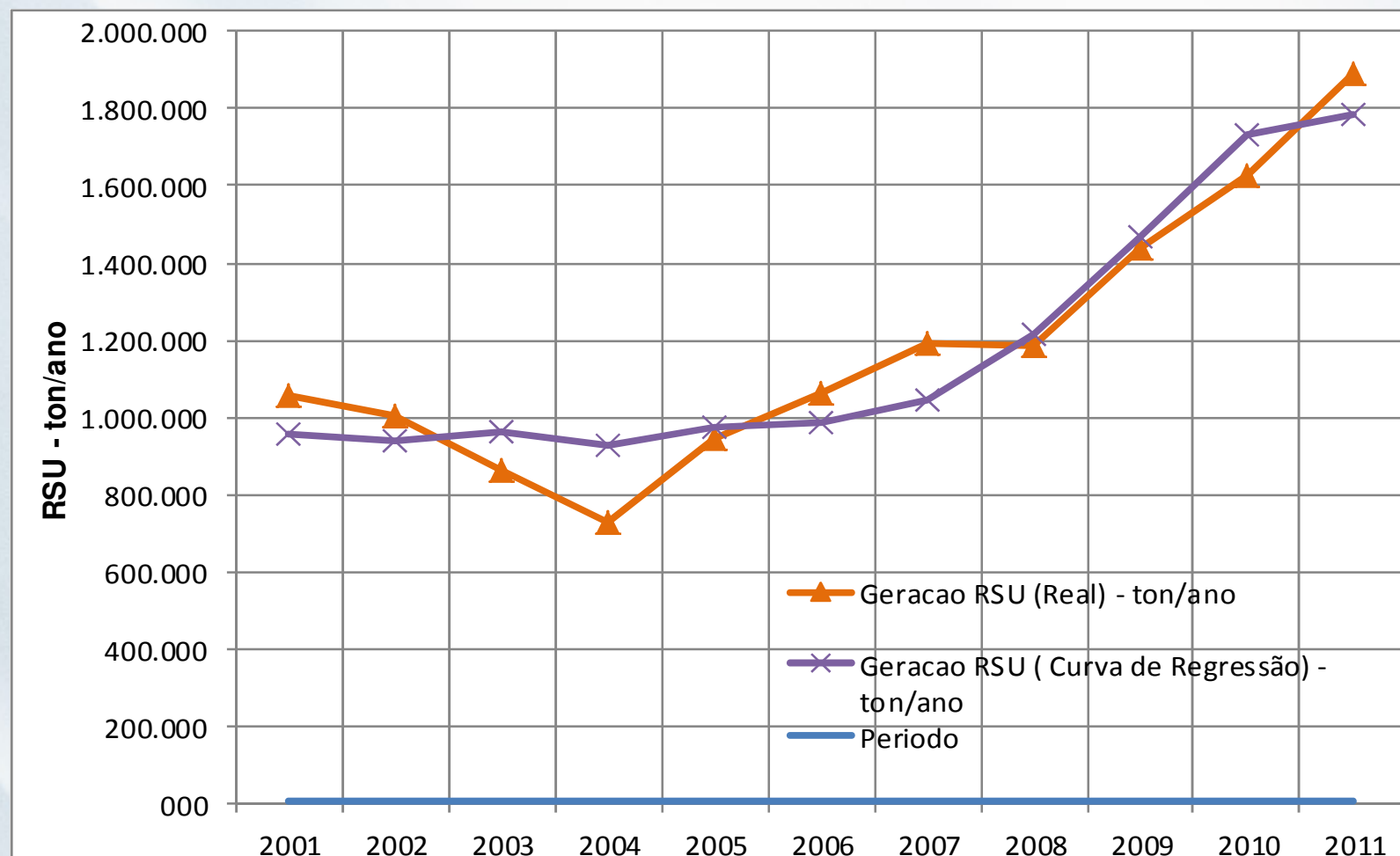
X_3 = População Urbana

X_4 = Energia Acumulada

X_5 = Consumo de Água



Figura 9 – Curvas de crescimento da geração dos RSU para Fortaleza – 2001 a 2011.



Fonte:Carvalho Jr., 2013.

Resultados e Discussão



Aceitação do Modelo

- ✓ O modelo representa bem os dados, pois a sua confiabilidade foi de 80,9% do valor previsto. O restante 19,1% são explicados por outras variáveis que não estão no modelo, e não há como controlar.
- ✓ Verificando-se o erro padrão residual pela média de resíduos sólidos, constatou-se que os valores observados variaram em média, 12,8% em torno dos valores previstos, ou seja, um baixo erro, ideal para um bom modelo de previsão.

Resultados e Discussão



Discussão do Modelo aplicado

- ✓ Este modelo pode ser usado para previsão da quantidade gerada dos RSU e também da precificação das tarifas dos serviços de limpeza urbana.
- ✓ Para outras cidades deve-se analisar os indicadores de sustentabilidade local, podendo testar os mesmos indicadores de sustentabilidade desta pesquisa, seguindo os passos anteriores.

Resultados e Discussão



Concluiu-se que os indicadores de sustentabilidade ambiental que influenciam a geração de RSU para Fortaleza, de forma hierárquica são: consumo de energia elétrica, PIB a preços correntes, consumo de água tratada, tempo, IDH e 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 RSU. Portanto, não há uma relação significativa de causa e efeito entre elas.

Resultados e Discussão



Constatou-se que, no Brasil, especificamente no Município de Fortaleza, há um crescimento na geração dos RSU, a partir da última década, em virtude, não apenas, do aumento da população urbana, mas, sobretudo, em razão das flutuações da economia, decorrentes do maior consumo.

Resultados e Discussão



Percebeu-se a mudança na tipologia dos RSU, onde a fração inorgânica e os plásticos estão crescendo em detrimento da parte orgânica.

Também o peso específico aparente dos RSU, de um modo geral, vem sendo reduzido, em razão da maior quantidade de embalagens.

Conclusões



- Nas regiões mais pobres do país (Norte e o Nordeste), tiveram por muito tempo demanda reprimida do poder de compras. Ocasionadas por embalagens e maior quantidade de RSU, e no aumento da fração de recicláveis.
- Especificamente no Nordeste, essa expansão da renda total, resultante do rendimento do trabalho, de programas de transferência de renda, resultam em um crescimento, muito maior do que nas outras regiões, no consumo de eletrodomésticos, de energia elétrica e água tratada (BRASIL, 2008).

Recomendações



Recomendamos a utilização desta metodologia em outras regiões, considerando que indicadores de sustentabilidade ambiental influenciam o crescimento da geração *per capita* dos RSU, com o objetivo de encontrar um fator K que represente os indicadores correlatos para cada cidade, evitando erros de dimensionamento dos equipamentos de coleta, tratamento e destino final dos RSU.



GRATO!

HUMBERTO JR

lixeiogari@yahoo.com.br

85 86000909

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

ISWA
2014

#São Paulo-Brasil

Congresso Mundial
de Resíduos Sólidos

