

## Estimando a geração de resíduos sólidos domiciliares a partir do consumo de água em edifícios multifamiliares

**Gilson Barbosa Athayde Júnior**  
Professor, Universidade Federal  
da Paraíba, João Pessoa  
gilson@ct.ufpb.br

**Leila Brunet de Sá Beserra**  
Bolsista PIBIC, Universidade  
Federal da Paraíba, João Pessoa  
leilabrunet@hotmail.com

**Giulliano de Souza Fagundes**  
Aluno PIVIC, Universidade  
Federal da Paraíba, João Pessoa  
giullianofagundes@yahoo.com.br

### Resumo

Foi estudada a possibilidade da estimativa da quantidade de resíduos sólidos domiciliares (RSD) gerada, a partir do consumo de água e energia elétrica em quatro edifícios multifamiliares. Os coeficientes de correlação entre a quantidade de RSD gerada e o consumo de água foram moderadamente elevados e significantes para três dos quatro edifícios. Esta situação ocorreu tanto para os dados na forma absoluta quanto em termos *per capita*. Com relação ao consumo de energia elétrica e a massa de RSD, os valores de  $r$  não foram nem elevados nem significantes para os casos dos edifícios estudados em separado, mas no caso da análise do conjunto de dados dos quatro edifícios, encontrou-se moderada correlação. Os resultados mostraram ser possível estimar a quantidade de RSD gerada a partir de indicadores de utilização da edificação, sendo o consumo de água o mais propício para tal estimativa. Um modelo matemático foi proposto.

**Palavras-chave:** Resíduos sólidos domiciliares. Geração. Estimativa. Consumo de água

### Abstract

The possibility of estimating from water and electricity consumption the amount of domestic solid wastes (DSW) generated was studied in four multifamily buildings. The correlation coefficients between the amount of DSW and water consumption were moderately high and significant for three out the four buildings. This situation occurred for both the case of absolute data and *per capita* data. With relation to the electricity consumption and the mass of DSW, the  $r$  values were neither high nor significant for the cases of each building in separate, but for the whole amount of data from the four buildings, a moderate correlation was found. Results showed to be possible to estimate the amount of DSW generated from utilization indicators, being the water consumption the most suitable for that. A mathematical model was proposed.

Keywords: Domestic solid wastes. Generation. Estimation. Water consumption

## 1 Introdução

A quantidade de resíduos sólidos domiciliares (RSD) é função primariamente da população que os gera. No entanto, muitos fatores influenciam tal geração, como hábitos alimentares e de higiene, poder aquisitivo e nível de instrução da população, além do clima local e conjuntura econômica, dentre outros (IPT/CEMPRE, 1995). Devido às dificuldades operacionais de se mensurar a quantidade de resíduos efetivamente produzidos por uma população, deve-se buscar maneiras de se estimar tal geração. Como a geração de RSD está diretamente relacionada com os hábitos de consumo da população, a mesma pode se relacionar com alguns indicadores de consumo/utilização de uma edificação, como por exemplo, os consumos de água e energia elétrica da edificação, dentre outros, além da própria população.

Um artigo publicado por Slomp (1999) relata a experiência ocorrida em União da Vitória – PR, situação em que o principal objetivo da administração municipal era diminuir o número de inadimplentes no pagamento do IPTU, onde a taxa de lixo estava incluída. Para isso, estudou-se mudar a base de cálculo da taxa de lixo de metro quadrado de área construída (vinculada ao IPTU) para metro cúbico de água consumida. Tal autor, no entanto, apenas sugeriu a alternativa e salientou que era necessário que se comprovasse uma correlação estatística entre as duas grandezas.

Neste contexto, este trabalho avaliou a possibilidade de se estimar a massa de RSD gerada a partir de indicadores de consumo do edifício (consumo de água e consumo de energia elétrica) em edificações residenciais multifamiliares, e não unicamente da população relacionada.

## 2 Metodologia

Foi medida diariamente a massa de RSD em quatro edifícios residenciais da cidade de João Pessoa, sendo um deles localizado em Brisamar (Edifício A), outro em Manaira (Edifício B), o terceiro em Miramar (Edifício C) e o último em Tambaú (edifício D). Estes bairros de João Pessoa possuem população predominantemente de classes média e alta. João Pessoa (latitude 07°06'57''S, longitude 34°53'14''O), a capital do estado da Paraíba, situa-se no extremo leste do estado (e das Américas) e possuía estimativa para a população municipal para 2005, segundo o IBGE, de 660.798 habitantes, sendo que a região metropolitana na qual está inserida soma cerca de 1 milhão de habitantes.

A pesagem dos resíduos era efetuada no horário habitual de recolhimento dos mesmos, sendo que nos dias em que o recolhimento dos RSD era efetuada em horários distintos dos habituais, os respectivos valores resultantes eram corrigidos para um período-base de vinte e quatro horas e os acréscimos ou decréscimos resultantes destas correções eram compensados nas determinações do dia subsequente. Além da determinação da massa de RSD, foram levantados, também diariamente e logo após a pesagem do RSD, os consumos de água e energia elétrica nos edifícios, através de leituras nos hidrômetros e medidores de energia elétrica, respectivamente.

A população de cada edifício foi levantada através de cadastro existente no condomínio e/ou informações colhidas junto aos funcionários das portarias. Uma vez determinada a população, ficou-se atento para alterações em seus valores e atualizações, efetuadas sempre que haviam alterações. Com o conhecimento deste parâmetro foi possível determinar-se a taxa de geração *per capita* de RSD (TGPCRSD), bem como os consumos *per capita* de água e energia elétrica. Detalhes da população de cada edifício além do período de estudo são apresentados na Tab. 1. Complementarmente, foi distribuído questionário junto à população estudada, com fins de levantamento de seu perfil econômico.

**Tabela 1:** Detalhes da população de cada edifício, bem como o período de estudo.

Edifício	Nº de aptos.	População (Hab)			Período de estudo		
		Média aritmética	Mediana	Moda	Data de início	Data de término	Quant. de dias
A	96	321,8	323	323	20/02/2005	14/05/2005	84
B	13	37,4	37	37	04/07/2005	02/10/2005	84
C	12	31,0	30	30	04/07/2005	02/10/2005	84
D	28	89,8	91	91	17/02/2006	15/05/2006	84

## 3 Resultados e Discussão

### 3.1 Perfil econômico da população

Dos 121 questionários socioeconômicos distribuídos, com intuito de determinar a faixa de renda da população estudada, 30 (24,8%) foram devolvidos e o rendimento mediano dos domicílios ficou entre 10 – 20 salários mínimos. Este perfil econômico caracteriza a população como sendo de classe média. Em comparação com dados fornecidos pelo IBGE, 10 bairros de João Pessoa possuem rendimento mediano também nesta mesma faixa, correspondendo a uma população (censo de 2000) de 68044 habitantes (IBGE, 2001).

### 3.2 Geração de RSD

No edifício A, a massa de RSD gerada diariamente variou de 95,7 a 224,6 kg sendo que o valor mínimo ocorreu no dia 26/03/2005, sábado de semana-santa, associado a uma acentuada evasão da população deste edifício. O valor médio de RSD gerados no edifício A foi de 163,4 kg. No edifício B, a massa de RSD gerada diariamente variou entre 6,7 e 44,6 kg, sendo que o valor mínimo ocorreu no dia 25/09/2005, domingo, e o valor máximo ocorreu no dia 11/08/2005, quinta-feira, dia em que foi feita uma limpeza nos jardins do edifício. O valor médio de RSD gerados foi de 19,7 kg. No edifício C a massa de RSD gerada diariamente variou de 1,9 a

23,8 kg sendo que o valor mínimo ocorreu no dia 30/07/2005, um sábado. O valor médio dos RSD gerados foi de 11,7 kg. No edifício D, a massa de RSD gerada diariamente variou de 14,2 a 92,6 kg, sendo que o valor mínimo ocorreu no dia 30/04/2006, domingo anterior ao feriado de 1º de maio. O valor médio de RSD gerado no edifício foi de 48,6 kg.

### 3.3 Consumo de água

No edifício A, a quantidade água consumida diariamente variou entre 36314 e 83483 L, sendo que o valor mínimo ocorreu em 08/05/2005, domingo. A média do consumo de água foi de 62176 L. No edifício B, o consumo de água variou de 5190 a 16312 L e seu valor médio foi de 9759 L. No edifício C, o consumo de água variou entre 2947 e 8201 L, sendo que seu valor médio foi de 5603 L. No edifício D, o consumo diário de água variou entre 14625 e 36332 L, sendo que seu valor médio foi de 24266 L. Conhecida a quantidade de água consumida em um dia, bem como a correspondente população, foi possível determinar o consumo de água *per capita* nos edifícios.

### 3.4 Consumo de energia elétrica

O consumo de energia elétrica foi estudado apenas nos edifícios B, C e D. No edifício B, o consumo diário variou entre 71,88 e 99.60 kWh, sendo que seu valor médio foi de 85,02 kWh. No edifício C, o consumo diário de energia elétrica variou de 33,58 a 74,55 kWh e seu valor médio foi de 47,66 kWh. No edifício D, o consumo diário de energia elétrica variou de 199,14 a 348,71 kWh e seu valor médio foi de 254,42 kWh. Sendo conhecidos o consumo de energia elétrica e a população correspondente, foi calculado o consumo *per capita* de energia elétrica.

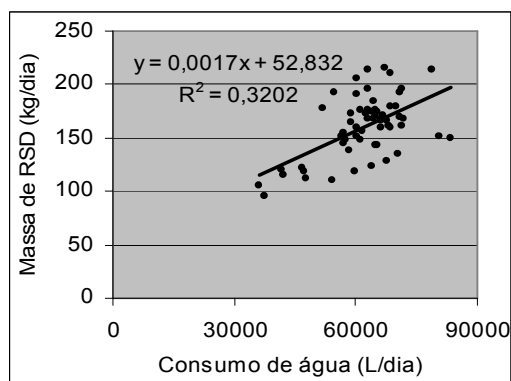
### 3.5 Correlação entre a massa gerada de RSD e o consumo de água

A correlação entre a massa de RSD gerada diariamente e o consumo de água diário foi estudada nos quatro edifícios, com o intuito de se verificar a associação entre estes dois parâmetros. Analisou-se também o conjunto de dados como um todo (conjunto dos quatro edifícios). Na Tabela 2 são mostrados os valores dos coeficientes de correlação entre a massa de RSD gerada e o consumo de água, além do nível de significância estatística desses coeficientes para cada um dos quatro edifícios e para o conjunto dos dados. Análises de regressão produziram as equações mostradas nas Fig. 1, 2, 3, 4 e 5.

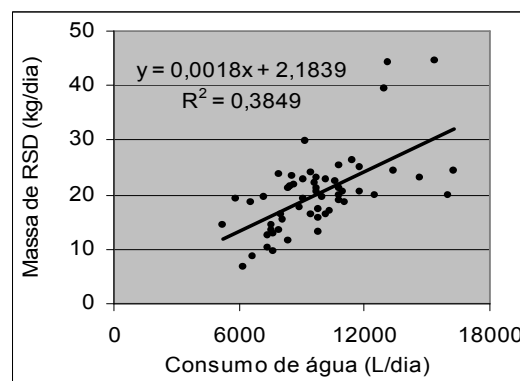
**Tabela 2:** Coeficientes de correlação entre a massa de RSD gerada e o consumo de água (base diária).

Edifícios	Coefficiente de correlação	Nível de significância estatística
A	0,566	≤ 0,001
B	0,620	≤ 0,001
C	0,175	0,150
D	0,523	≤ 0,001
Conjunto dos dados	0,967	≤ 0,001

Para os edifícios A, B e D encontrou-se uma correlação moderada e estatisticamente significativa entre a massa de RSD gerada e o consumo de água. No edifício C, no entanto, essa correlação não se mostrou nem acentuada nem estatisticamente significativa. Quando se analisou o conjunto de dados dos quatro edifícios, o coeficiente de correlação foi bem próximo de um, indicando uma forte correlação entre os parâmetros estudados.



**Figura 1:** Gráfico de dispersão da massa de RSD e consumo de água para o edifício A



**Figura 2:** Gráfico de dispersão da massa de RSD e consumo de água para o edifício B

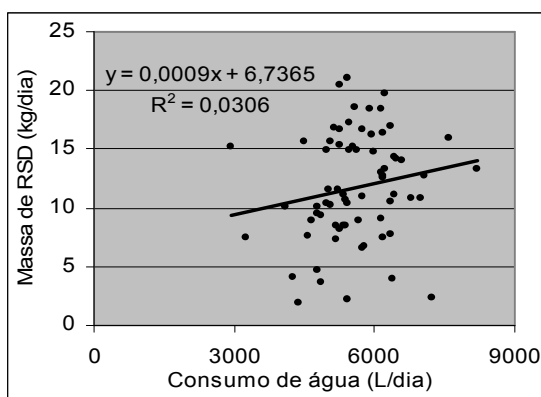


Figura 3: Gráfico de dispersão da massa de RSD e consumo de água para o edifício C

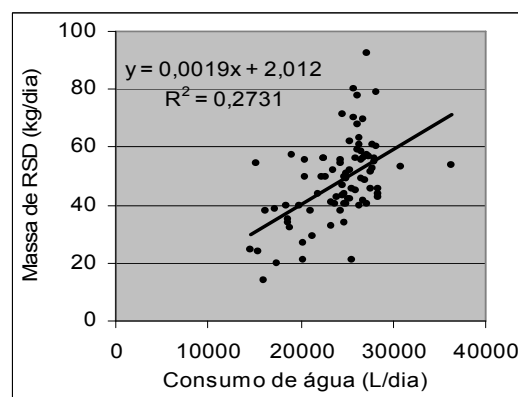


Figura 4: Gráfico de dispersão da massa de RSD e consumo de água para o edifício D

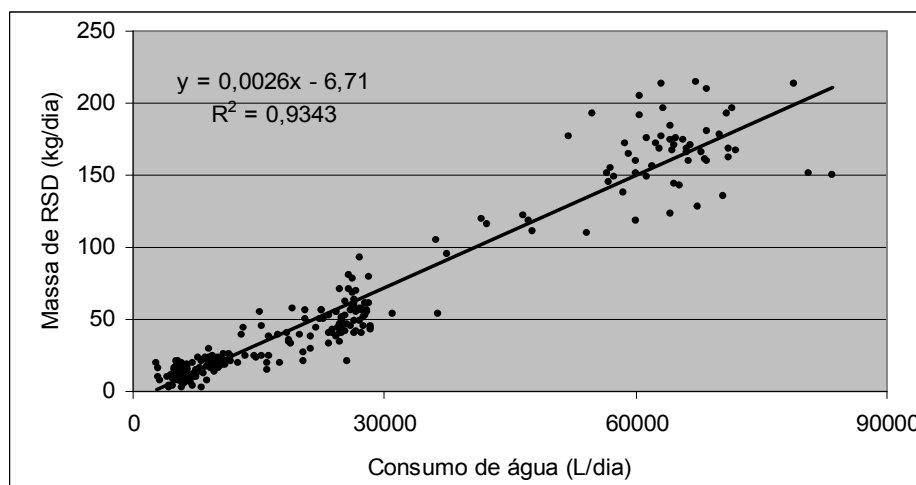


Figura 5: Gráfico de dispersão da massa de RSD e consumo de água para o conjunto de dados.

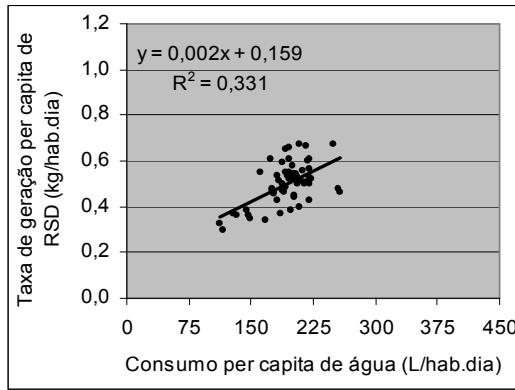
### 3.6 Correlação entre a TGPCRSD e o consumo per capita de água

Foi estudada, nos quatro edifícios, a correlação, em base diária, entre a TGPCRSD e o consumo *per capita* de água para cada um dos edifícios, bem como para o conjunto dos dados. A Tabela 3 mostra os coeficientes de correlação e os respectivos níveis de significância estatística obtidos para cada um dos edifícios e para o conjunto dos dados.

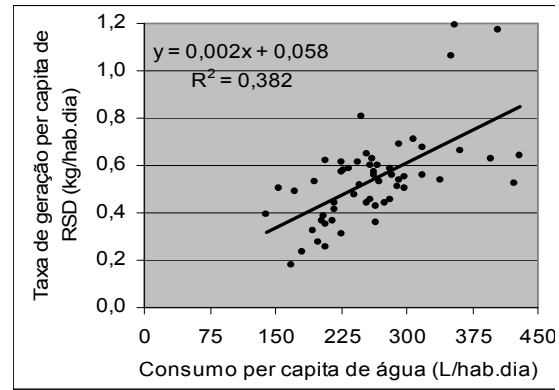
Tabela 3: Coeficientes das correlações entre a TGPCRSD e consumo *per capita* de água.

Edifícios	Coefficiente de correlação	Nível de significância estatística
A	0,575	$\leq 0,001$
B	0,618	$\leq 0,001$
C	0,191	0,116
D	0,495	$\leq 0,001$
Conjunto dos dados	0,531	$\leq 0,001$

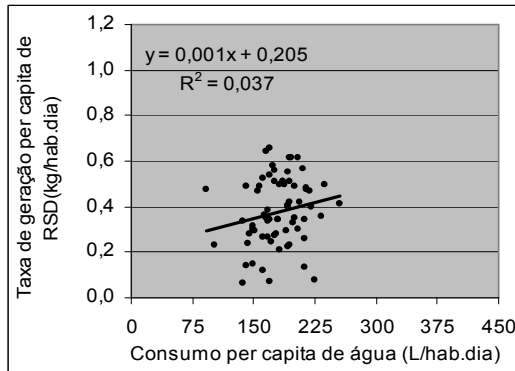
Análises de regressão com os valores da TGPCRSD e do consumo *per capita* de água (Figs. 6, 7, 8, 9 e 10) apresentaram semelhanças com as análises dos dados em termos absolutos. Nos edifícios A, B e D a correlação foi significativa, enquanto que no edifício C isto não ocorreu.



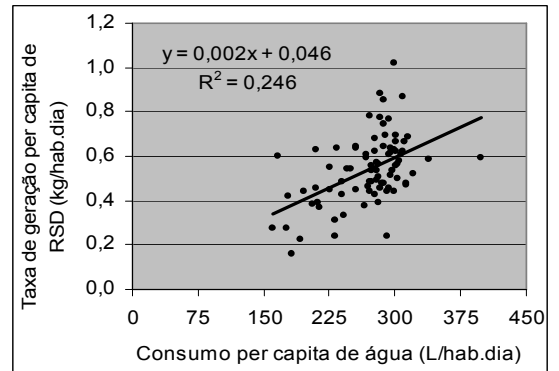
**Figura 6:** Gráfico de dispersão para a TGPCRSD e o consumo *per capita* de água para o edifício A



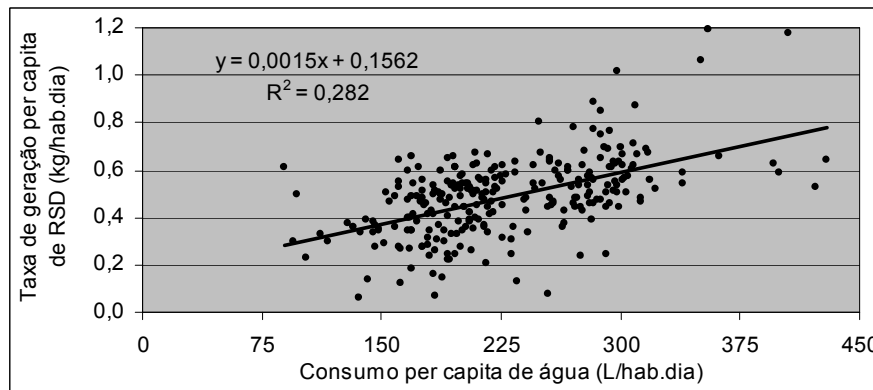
**Figura 7:** Gráfico de dispersão para a TGPCRSD e o consumo *per capita* de água para o edifício B



**Figura 8:** Gráfico de dispersão para a TGPCRSD e o consumo *per capita* de água para o edifício C



**Figura 9:** Gráfico de dispersão para a TGPCRSD e o consumo *per capita* de água para o edifício D



**Figura 10:** Gráfico de dispersão para a TGPCRSD e o consumo *per capita* de água (conjunto dos dados).

### 3.7 Correlação entre a massa de RSD e o consumo de energia elétrica

A correlação entre a massa de RSD gerada e o consumo de energia elétrica, em base diária, foi estudada apenas nos edifícios B, C, D e também no conjunto de seus dados. A Tabela 4 mostra os coeficientes de correlação e seus respectivos níveis de significância estatística para cada um dos edifícios estudados e para o conjunto dos dados.

**Tabela 4:** Coeficientes da correlação entre a massa de RSD e consumo de energia elétrica.

Edifícios	Coefficiente de correlação	Nível de significância estatística
B	0,189	0,091
C	0,113	0,354
D	0,430	≤ 0,001
Conjunto dos dados	0,875	≤ 0,001

No caso dos edifícios B e C não foi encontrada correlação acentuada ou significativa ao nível de 5%. Já no caso do edifício D, os dados mostraram uma correlação moderada e bastante significativa ( $\alpha \leq 0,001$ ). Em relação ao conjunto de dados dos três edifícios, encontrou-se forte e significativa correlação. No entanto, neste último caso, esta correlação provém de nuvens de pontos e não de uma distribuição uniforme (Fig. 14). As Figuras 11, 12, 13 e 14 mostram, respectivamente, as equações das análises de regressão para os edifícios B, C e D e para o conjunto dos dados.

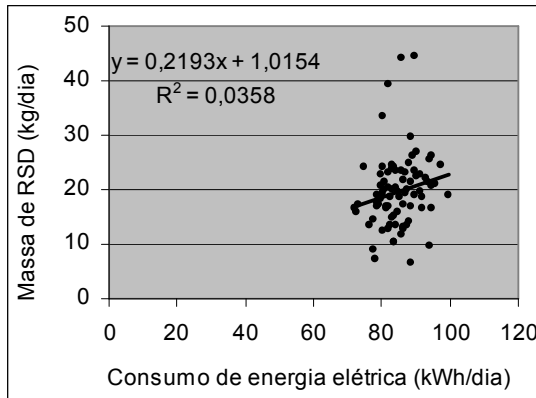


Figura 11: Gráfico de dispersão da massa de RSD e o consumo de energia elétrica para o edifício B

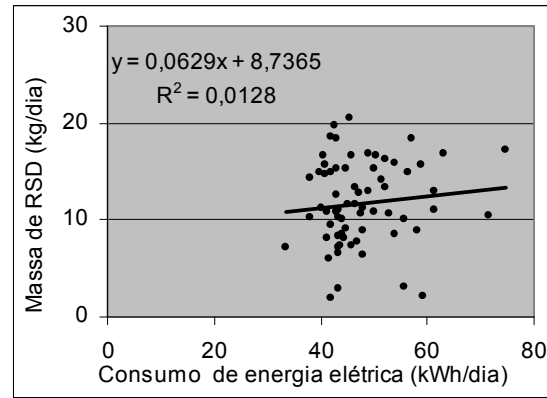


Figura 12: Gráfico de dispersão da massa de RSD e o consumo de energia elétrica para o edifício C

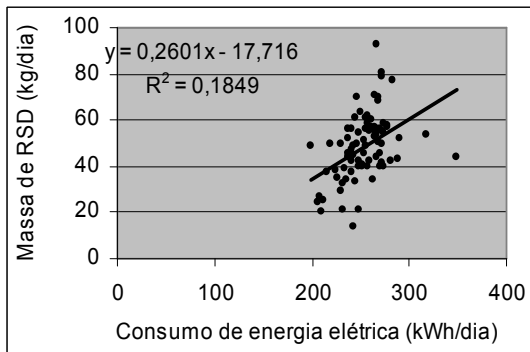


Figura 13: Gráfico de dispersão da massa de RSD e o consumo de energia elétrica para o edifício D

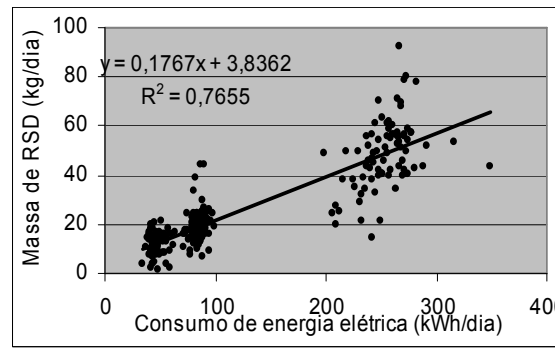


Figura 14: Gráfico de dispersão da massa de RSD e o consumo de energia elétrica (conjunto dos dados)

### 3.8 Correlação entre a TGPCRSD e o Consumo per capita de energia elétrica

Foi estudada nos edifícios B, C, D e no conjunto de seus dados a correlação entre a TGPCRSD e o consumo *per capita* de energia elétrica, ambos em base diária. A Tabela 5 mostra os coeficientes de correlação e seus respectivos níveis de significância estatística.

Tabela 5: Coeficientes das correlações entre a TGPCRSD e o consumo *per capita* de energia elétrica

Edifícios	Coefficiente de correlação	Nível de significância estatística
B	0,180	0,107
C	0,126	0,304
D	0,372	$\leq 0,001$
Conjunto dos dados	0,426	$\leq 0,001$

Na análise dos dados *per capita* obteve-se resultados semelhantes aos da análise com os dados em termos absolutos. Quando se analisou os dados dos edifícios B e C separadamente não se identificou correlação significativa entre a TGPCRSD e o consumo *per capita* de energia elétrica. Enquanto que na análise do edifício D e do conjunto de dados dos três edifícios encontrou-se uma correlação moderada e bastante significativa. As Figuras 15, 16, 17 e 18 mostram as equações obtidas nas análises de regressão para os edifícios B, C, D e para o conjunto de seus dados, respectivamente.

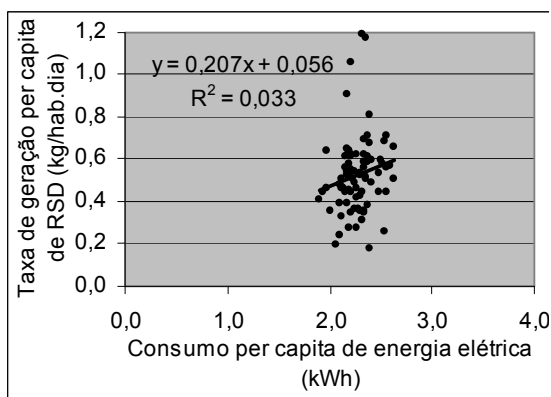


Figura 15: Gráfico de dispersão para a TGPCRSD e o consumo *per capita* de energia elétrica para o edifício B

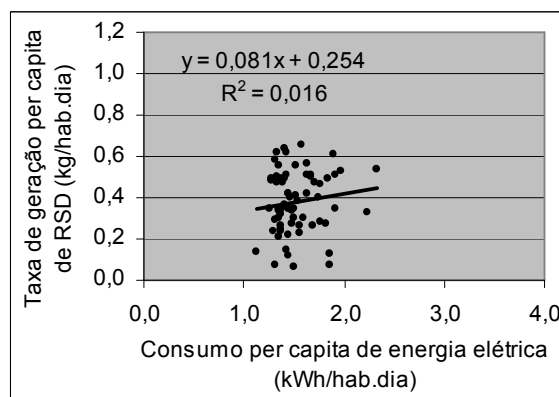


Figura 16: Gráfico de dispersão para a TGPCRSD e o consumo *per capita* de energia elétrica para o edifício C

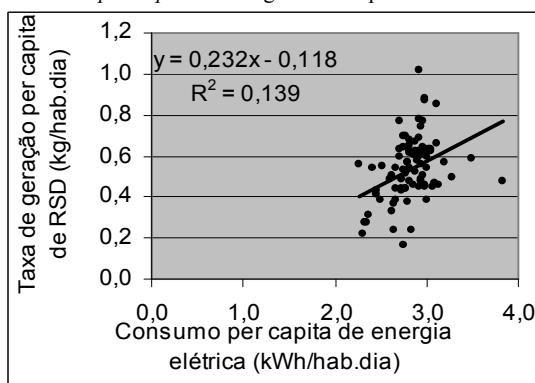


Figura 17: Gráfico de dispersão para a TGPCRSD e o consumo *per capita* de energia elétrica para o edifício D

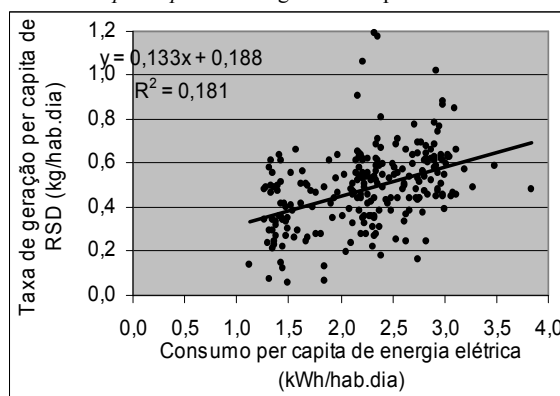


Figura 18: Gráfico de dispersão para a TGPCRSD e o consumo *per capita* de energia elétrica (conjunto dos dados)

### 3.9 Modelagem da geração de RSD

Correlação não necessariamente implica em uma relação causa-efeito. A associação entre duas variáveis pode ser de natureza direta ou indireta (através de uma terceira variável), especialmente quando num grupo de variáveis, a maioria está mutuamente associada (SOKAL & ROLF, 1981). O pesquisador tem que escolher as possíveis relações de causa-efeito com bastante cautela. As variáveis, inicialmente tidas como independentes, que entram em uma regressão múltipla, na maioria das vezes, na verdade, não são de fato independentes e a inclusão de todas elas num modelo seria matematicamente incorreto. Esta situação parece ser a que ocorre caso se tentasse modelar a geração de RSD a partir dos consumos de água e energia elétrica e da população.

A técnica estatística conhecida como regressão múltipla, segundo o modo *stepwise* (*stepwise multiple regression*), apesar de não totalmente satisfatória, pode ser empregada para solucionar tal problema (KINNEAR & GRAY, 1997). Em tal procedimento, as variáveis entram no (ou saem do) modelo uma de cada vez, com a ordem de entrada (ou saída) baseada em considerações estatísticas e ocorrendo até que a introdução (ou remoção) das variáveis não provoque mudanças significativas no coeficiente de determinação, a um dado nível de significância.

#### 3.9.1 Análise dos dados em termos absolutos

Na tentativa de se estabelecer um modelo para se estimar a massa de RSD a partir da população e de indicadores de consumo/utilização do edifício, tanto em termos absolutos quanto *per capita*, procedeu-se a análise múltipla de regressão segundo o modo *stepwise*, com  $p$  para entrada de 0.05 e  $p$  para saída de 0.10 (KINNEAR & GRAY, 1997). A massa de RSD foi a variável dependente, enquanto que a população (no caso da análise dos dados em termos absolutos), o consumo de água e o consumo de energia elétrica foram as variáveis independentes. Os resultados são apresentados na Tab. 6.

No caso dos edifícios A e B permaneceu no modelo matemático apenas o consumo diário de água. No caso do edifício C nenhum parâmetro permaneceu no modelo, o que está coerente com as análises de correlação (Tabs 2 e 4), as quais mostraram que nenhum parâmetro, dentre os estudados, está correlacionado significativamente (ao nível de 5%) com a massa de RSD gerada. No caso do edifício D e do conjunto dos dados dos quatro edifícios, além do consumo de água, a população também permaneceu no modelo matemático. Para o caso do

conjunto dos dados o modelo apresentou um forte coeficiente de determinação ( $r^2 = 0,939$ ), o que significa dizer que as variáveis independentes (população e consumo de água) explicam 93,9% da variância da variável dependente (massa de RSD). O modelo matemático resultante foi o apresentado na Eq. (1).

**Tabela 6:** Coeficientes de regressão e respectivo coeficiente de determinação para estimativa da massa de RSD

Edifícios	População (hab.)	Cons. de água (m <sup>3</sup> /dia)	Cons. de EE (kWh/dia)	Termo Constante (kg/dia)	r <sup>2</sup>
A		1,732		52,832	0,320
B		0,836		10,802	0,108
C					
D	2,645	1,632		-228,235	0,344
Conjunto dos dados	0,06973	2,283		-7,252	0,939

$$MRSD = 0,0697POP + 2,28CA - 7,25 \quad (1)$$

onde,  $MRSD$  = massa de resíduos sólidos domiciliares (kg/dia)  
 $POP$  = população do edifício (habitantes)  
 $CA$  = consumo de água (m<sup>3</sup>/dia)

A partir da análise de regressão acima mencionada depreende-se que a estimativa da massa de RSD gerada por uma população pode ser estimada a partir não apenas do tamanho da população, mas também do respectivo consumo de água. Apesar de o consumo de água ser também função da população, ele reflete a intensidade de uso da residência, incluindo o tempo de permanência de seus habitantes na mesma. Por exemplo, se os habitantes de alguma residência não permanecem nela ao longo do dia, a massa de RSD gerada e o consumo de água desta serão menores do que os de outra, na qual os habitantes permaneçam grande parte do dia, mesmo que o número de habitantes seja o mesmo.

### 3.9.2 Análise dos dados em termos per capita

No caso da análise dos dados em termos *per capita*, não foi incluída a população como variável independente. Os resultados são apresentados na Tab 7.

**Tabela 7:** Coeficientes de regressão e respectivo coeficiente de determinação para estimativa da TGPCRSD

Edifícios	Cons. de Água (m <sup>3</sup> /hab.dia)	Cons. de EE (kWh/hab.dia)	Termo Constante (kg/hab.dia)	r <sup>2</sup>
A	1,76		0,1580	0,331
B	1,84		0,0574	0,382
C				
D	1,82		0,0465	0,245
Conjunto dos dados	1,43		0,1680	0,256

No caso geral o consumo de energia elétrica não permaneceu no modelo matemático, pois o consumo *per capita* de água apresentou-se mais correlacionado com a TGPCRSD que o consumo *per capita* de energia elétrica (ver Tabs 3 e 4). No caso do edifício C, nenhum parâmetro permaneceu no modelo, o que já era esperado, pois nenhum dos parâmetros, quando estudados separadamente, apresentou correlação significativa (ao nível de 5%) com a massa de RSD gerada diariamente.

No caso do conjunto dos dados, o modelo não apresentou coeficiente de determinação próximo a um, como no caso dos dados em termos absolutos, sendo este coeficiente menor, inclusive, do que no caso dos edifícios A e B, quando considerados separadamente. O modelo matemático resultante para o conjunto dos dados foi o apresentado na Eq. (2).

$$TGPCRSD = 1,43CPCA + 0,168 \quad (2)$$

onde,  $TGPCRSD$  = taxa de geração per capita de resíduos sólidos domiciliares (kg/hab.dia)  
 $CPCA$  = consumo per capita de água (m<sup>3</sup>/hab.dia)

## 4 Conclusões

Os resultados mostraram ser possível estimar a quantidade de RSD gerada a partir de indicadores de consumo do edifício, além da própria população. Dentre os indicadores de consumo estudados (consumo de água



e consumo de energia elétrica), apenas o consumo de água serviu para tal estimativa, com um coeficiente de determinação próximo a 1.

O modelo matemático proposto pode servir para estimativa da massa de RSD gerada por um edifício e ser aplicado para uma taxa mais justa da cobrança de serviços de coleta de resíduos sólidos, que atualmente, nas cidades brasileiras, se baseia na área do imóvel e sua localização (através do IPTU), não levando em consideração a real quantidade de RSD gerada por um determinado edifício ou domicílio.

### **Agradecimentos**

Os autores expressam seus agradecimentos ao CNPq e a UFPB pela concessão da bolsa PIBIC à aluna Leila Brunet de Sá Bezerra e aos Laboratórios de Hidráulica e de Solos, ambos do Departamento de Engenharia Civil da UFPB, pelo empréstimo das balanças para condução dos trabalhos. Agradecem ainda aos condomínios que permitiram a realização das medições.

### **Referências**

IBGE. *Censo demográfico de 2000*. Rio de Janeiro, 2001.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. *Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado*. São Paulo: CEMPRE, 1995.

KINNEAR, P. R.; GRAY, C. D. *SPSS for windows made simple*. 2nd ed. East Sussex, UK: Psychology Press, 1997.

SLOMP, M. N. Taxa de lixo junto à tarifa de água/esgoto: uma forma alternativa de cobrança. *Revista Limpeza Pública*, Rio de Janeiro, n. 50, p. 11-16, 1999.

SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. *Biometry: the principles and practice of statistics in biological research*. 2<sup>nd</sup> ed. New York: W. H. Freeman, 1981.

### **SOBRE OS AUTORES**

#### **Gilson Barbosa Athayde Júnior**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal da Paraíba em 1995, Doutor em Engenharia Civil pela University of Leeds – Inglaterra em 1999. Atualmente é professor do Departamento de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba onde atua em nível de graduação e pós-graduação

#### **Leila Brunet de Sá Bezerra**

Graduanda em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Paraíba. Bolsista de Iniciação Científica PIBIC/CNPq/UFPB.

#### **Giulliano de Souza Fagundes**

Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Paraíba. Aluno de Iniciação Científica PIBIC/UFPB.