



Estudo da relação entre a geração de resíduos sólidos domiciliares e o consumo de água e energia elétrica: alternativas de tarifação da coleta de resíduos sólidos

Davide Franco¹
Armando Borges de Castilhos Junior²
Karina da Silva de Souza³

Resumo

O município de Florianópolis, assim como vários municípios brasileiros, enfrenta dificuldades relacionadas ao financiamento dos custos decorrentes do gerenciamento dos resíduos sólidos, uma vez que a arrecadação através da taxa de coleta de lixo, cobrada junto ao IPTU, é insuficiente para financiar todas as despesas do sistema. Este trabalho tem como objetivo avaliar as relações existentes entre o consumo de água e o consumo de energia elétrica com a geração de resíduos sólidos domiciliares – RSD visando a uma nova base de cálculo para a determinação do valor da "tarifa de resíduos sólidos domiciliares" para o município de Florianópolis. A metodologia utilizada consistiu na pesagem de RSD, leitura do consumo de água e de energia elétrica em dois edifícios residenciais multifamiliares, além

Recebimento: 20/12/2012 • Aceite: 20/9/2013

¹ Doutor em Scienze Chimiche pelo Università Degli Studi Di Venezia. Professor do departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina. End: Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Departamento de Engenharia Sanitária. Florianopolis, SC - Brasil - Caixa-postal: 5039'. E-mail: franco@ens.ufsc.br

² Doutor em Gestão e Tratamento de Resíduos Sólidos pelo Institut National Des Sciences Appliquées de Lyon. E-mail: borges@ens.ufsc.br

³ Mestranda pela Universidade Federal de Santa Catarina. E-mail: kakaway@gmail.com

da obtenção de dados mensais da geração de RSD e consumo de água e energia elétrica de duas regiões do município. Os dados foram trabalhados estatisticamente por meio de análise de regressão. Os resultados encontrados indicam uma taxa de geração per capita de resíduos sólidos de 0,9 kg/habitante/dia para as regiões estudadas e de 0,6 kg/habitante/dia para os condomínios multifamiliares. Os resultados também mostraram fortes relações entre o consumo de água e o consumo de energia elétrica com a geração de RSD, quando os dados foram tratados de forma agrupada, por faixas de consumo, mostrando ser possível estimar a quantidade de RSD gerada por uma edificação a partir do seu consumo de água ou de energia elétrica.

Palavras chave: Resíduos sólidos domiciliares; Taxa de geração; Taxa de coleta de resíduos

Study of the relationship between the generation of domestic solid waste and consumption of water and electricity: alternative pricing of solid waste collection

Abstract

The municipality of Florianópolis, as well as many municipalities, is facing difficulties related to financing the costs of solid waste management, since the collection by the garbage collection fee, charged by the property tax, is insufficient to fund all expenses system. This study aims to evaluate the relationship between water and energy consumption with the production of municipal solid waste towards a new basis of calculation for determining the value of "solid waste fee" for the city of Florianópolis. The methodology consisted of daily weighing of RSW, reading of water consumption and electricity in two multifamily residential buildings, in addition to obtaining monthly data of MSW generation and consumption of water and electricity in two regions of the municipality. Data were statistically

worked through regression analysis. The results indicate a rate of RSW per capita generation of 0.9 kg / capita / day for the regions studied and 0.6 kg / capita / day for multifamily condominiums. The results also showed a strong relationship between water consumption and electricity consumption with the generation of solid waste, when data were pooled treated for consumption ranges, showing it is possible to estimate the amount of RSD generated by a building from their water or electricity.

Keywords: Residential solid waste; Generation rate; Waste collection tax

Introdução

A vida moderna, com seu intenso processo de urbanização aliado aos novos padrões de consumo com a introdução acentuada de embalagens, tem tornado a vida da população mais ágil, mas, por outro lado vem trazendo um alto custo, que é o custo do lixo (LEITE, 2006).

Com o crescimento das cidades, o desafio da limpeza urbana não consiste apenas em remover os resíduos sólidos de logradouros e edificações, mas, principalmente, em dar um destino final adequado aos resíduos coletados (MONTEIRO et. al., 2001).

Com o novo marco regulatório, Lei Federal nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, o desafio é ainda maior, uma vez que este impõe metas ousadas em curto período para a gestão dos resíduos sólidos.

Entretanto, em grande parte das municipalidades, em decorrência da escassez de recursos e um orçamento restrito, dá-se prioridade à coleta e limpeza pública, deixando a destinação final dos resíduos sólidos em segundo plano, sendo comum a presença de lixões em municípios de pequeno porte (MONTEIRO et. al., 2001). Essa escassez de recursos implica também dificuldades de financiamento, inovações e investimentos neste setor.

Neste sentido, a busca por soluções alternativas que garantam a sustentabilidade econômico-financeira do setor devem ser encaradas como prioridade para os gestores municipais.

Para financiamento do setor, as municipalidades costumam cobrar a taxa de coleta de resíduos sólidos na mesma guia da taxa de imposto territorial urbano – IPTU, quase sempre utilizando a mesma base de cálculo, que é a área do imóvel, consistindo de uma prática inconstitucional e que ainda não garante a sustentabilidade econômico-financeira do setor, que vem sendo substituída por diversas outras formas de cobrança, sendo que ainda não existe um consenso quanto à maneira mais adequada de fazê-la (MONTEIRO, et. al., 2001).

Uma das formas de se realizar essa cobrança é através da tarifa de resíduos sólidos, em que a divisão dos custos com os serviços de manejo de resíduos sólidos pode ser feita com base no peso dos resíduos sólidos dispostos à coleta pelo usuário ou “seguir critérios de diferenciação na aplicação da tarifa unitária, de acordo com quantidades utilizadas do serviço e tipo de usuário, como se adota em quase todos os serviços de água e esgoto” (MAGALHÃES, 2009). Em virtude de métodos diretos de medição da geração de resíduos sólidos apresentarem restrições, principalmente de ordem econômica, vários estudos vêm sendo desenvolvidos de forma a quantificar a geração de

resíduos sólidos indiretamente, a partir do consumo de água ou de energia elétrica em unidades habitacionais.

Considerando, igualmente, que tanto o consumo de água e energia elétrica, quanto a geração de resíduos sólidos variam de acordo com os aspectos culturais, climáticos e socioeconômicos, os coeficientes de correlação entre os parâmetros de consumo de água ou de energia e a geração de resíduos sólidos, encontrados em estudos referentes a uma determinada cidade, podem não representar a realidade de outro município. Sendo assim, este estudo mostra-se de grande importância para avaliar estes parâmetros no município de Florianópolis, visando a uma nova base de cálculo para arrecadação municipal com os serviços de coleta, transporte e destino final dos resíduos sólidos.

Neste trabalho, foram levantados dados de geração de resíduos sólidos domiciliares, consumo de água e consumo de energia elétrica em dois condomínios residenciais e em duas regiões do município de Florianópolis. A partir desta etapa, os dados foram trabalhados estatisticamente a fim de se avaliar as relações entre estas variáveis e o modelo de associação mais representativo.

Sustentabilidade econômica e remuneração da prestação dos serviços de manejo de resíduos sólidos

A remuneração do sistema de limpeza urbana, realizada pela população em quase sua totalidade, não se dá de forma direta, nem os recursos advindos do pagamento de taxas de coleta de resíduos domiciliares podem ser condicionados exclusivamente ao sistema, devido à legislação fiscal. Da mesma forma, a prefeitura não pode cobrar dos moradores a varrição e a limpeza da respectiva rua por ser um serviço indivisível. É preciso, portanto, que a prefeitura garanta, por meios políticos, as dotações orçamentárias que sustentem adequadamente o custeio e os investimentos no sistema (MONTEIRO, et. al., 2001).

Parte significativa das carências no sistema de gerenciamento de resíduos sólidos, que impedem que este serviço atinja a universalização, ou que os resíduos sólidos recebam tratamento e disposição final ambientalmente adequada, pode ser atribuída à arrecadação insuficiente, fazendo com que os municípios convivam com a inadimplência, podendo ser encarada como uma das grandes deficiências da gestão de resíduos sólidos, uma vez que restringe os

recursos disponíveis para a realização dos serviços (MAGALHÃES, 2009; NAGASHIMA, 2011).

“A Lei de Saneamento oferece uma oportunidade imperdível aos serviços de manejo de resíduos sólidos ao implementar a cobrança pelos serviços” (MAGALHÃES, 2009). O Art. 29 da lei 11.445/2007 trata da sustentabilidade econômico-financeira dos serviços públicos de saneamento básico, entre eles, o manejo de resíduos sólidos e limpeza urbana, que deverá ser assegurada, sempre que possível, mediante remuneração por meio de taxas ou tarifas e outros preços públicos, em conformidade com o regime de prestação do serviço ou de suas atividades, “incluindo recursos necessários para os investimentos, que deverão estar previstos no plano específico, além de permitir a recuperação dos custos incorridos na prestação do serviço”.

Para Magalhães (2009), é criada, pela primeira vez na legislação brasileira, a base legal para a cobrança dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos urbanos. No art. 35, específico para a cobrança dos serviços de limpeza urbana, fica possibilitada ainda a consideração quanto ao nível de renda da população, as características específicas dos lotes urbanos e as áreas que podem ser neles edificadas, bem como a produção de resíduo por peso ou volume coletado por domicílio.

(MAGALHÃES, 2009). Os serviços de limpeza urbana como, por exemplo, varrição, capina, poda, roçagem, raspagem de ruas, poda de árvores em vias e logradouros públicos, limpeza de feiras e mercados, de córregos e canais de drenagem, limpeza de praias, limpeza de meio fio, etc., não são divisíveis e devem ter seus custos, suportados pelo orçamento municipal, conforme é estabelecido na Constituição Federal (CAMPANI & NETO, 2009; MAGALHÃES, 2009). Sendo assim, esses serviços devem ser “remunerados diretamente pelo orçamento municipal, pois são despesas indivisíveis, não podem ser atribuídas especificamente a um ou a outro cidadão” (MAGALHÃES, 2009).

Magalhães reforça a inconstitucionalidade da cobrança dos serviços indivisíveis de limpeza pública em taxas ou tarifas: “É importante que os recursos destinados ao pagamento desses serviços sejam claramente identificados no Orçamento e não é aconselhável que sejam embutidos indevidamente na taxa ou tarifa de coleta, tratamento e disposição final, como já foi proposto por alguns” (MAGALHÃES, 2009). Já os serviços de coleta, tratamento e disposição final dos resíduos sólidos são “potencialmente mensuráveis e divisíveis”, pois é possível quantificar o serviço prestado a cada usuário. Inclusive, a Lei

11.445/2007 estabelece que o peso e/ou o volume coletado por habitante podem ser considerados na fixação da cobrança dos serviços. Portanto, a quantidade de resíduos, objeto de coleta, transporte, tratamento e disposição final, “deve ser a base de diferenciação dos custos entre os diversos usuários” (MAGALHÃES, 2009). Assim, as atividades supracitadas, relacionadas aos serviços de manejo de resíduos sólidos, “podem e devem ser remuneradas por meio da cobrança de taxa ou tarifa” (MAGALHÃES, 2009).

Já os serviços especiais, como os de recebimento de resíduos de construção e demolição, de pequenos geradores, de resíduos volumosos, de resíduos de serviços de saúde, “devem ser cobrados de acordo com as características e quantidades, por meio de preços públicos” (MAGALHÃES, 2009). Há ainda que destacar, na Lei 12.305/2010, a instituição da Logística Reversa e dos Acordos Setoriais para implantação de um novo sistema de retorno dos produtos pós-consumo aos seus comerciantes, distribuidores, importadores e fabricantes. Com a logística reversa e com os acordos setoriais firmados, todos os atores do sistema deverão contribuir para o financiamento dos sistemas de gerenciamento dos resíduos sólidos que vão desde sua coleta até seu destino ou disposição final. O poder público municipal poderá prestar esses serviços, desde que devidamente remunerados (BRASIL, 2010).

Modelos de cobrança dos serviços de limpeza urbana através de tarifas

O sistema de cobrança dos serviços de manejo de resíduos sólidos por meio de tarifas praticamente inexistente no Brasil, visto que implica a aferição do serviço utilizado.

Para estabelecer esse sistema de cobrança através de tarifas, é necessário realizar a medição da utilização do serviço, que implicará a instalação de instrumentos e mecanismos que permitam aferir o peso dos resíduos sólidos dispostos para a coleta (MAGALHÃES, 2009).

Vicentini *et. al.* (2009) propuseram um sistema de medição da quantidade gerada de resíduos sólidos na cidade de Shangai, na China, a partir de um recipiente sensorizado que poderia remotamente enviar informação sobre a quantidade de resíduo que é armazenada em seu interior. Embora interessantes, os aspectos de custo não foram discutidos por esse autor em seu trabalho.

Esses instrumentos já são utilizados em alguns países, por meio de sistemas acoplados aos contentores para coleta mecanizada

contendo os resíduos, e aos caminhões coletores, que reconhecem o gerador e o peso dos resíduos que estão sendo coletados, mostrando que é possível adotar mecanismos semelhantes no Brasil. Isso requer investimentos e um período de adaptação (MAGALHÃES, 2009; MIDI, 2012).

Magalhães (2009) reforça a contribuição da cobrança dos serviços de manejo de resíduos sólidos por meio de tarifa na redução da geração de resíduos sólidos: A cobrança por meio de tarifa permite induzir menor geração de resíduos, por meio da cobrança, progressivamente maior pelos volumes ou massas maiores, por valores diferenciados de acordo com o tipo de usuário, permitindo gerenciar a demanda dos serviços pelo seu custo – cobra-se mais de quem utiliza mais, para quem utiliza serviços mais sofisticados, pela utilização em determinadas circunstâncias, como se faz, por exemplo, nos horários de pico na energia e na telefonia.

Isso permite que todo mês, o usuário, em sua conta, possa conferir seu “consumo” do serviço e redirecionar seu comportamento (MAGALHÃES, 2009). Além disso, a cobrança por meio de tarifas induz o controle da geração de resíduos sólidos por parte dos usuários que, provavelmente, irão optar por “produtos que tenham menos embalagens, reutilizando materiais e segregando parte dos resíduos para reaproveitamento ou reciclagem” (MAGALHÃES, 2009).

Métodos indiretos de medição da geração de resíduos sólidos

Em virtude de métodos diretos de medição da geração de resíduos sólidos apresentarem restrições, principalmente de ordem econômica, vários estudos vêm sendo desenvolvidos de forma a quantificar a geração de resíduos sólidos indiretamente, a partir do consumo de água e de energia elétrica em unidades habitacionais, das áreas das edificações, do Produto Interno Bruto do município, entre outros.

D’Ella (2000) investigou a relação entre o consumo de água e a geração de resíduos sólidos na cidade de Mairinque, localizada na região sudeste do Brasil. No município, o abastecimento de água da cidade e a coleta de resíduos sólidos domiciliares são gerenciados pela mesma empresa, o que viabilizou o estudo através da seleção de três setores de distribuição de água da cidade e criação de setores de coleta de resíduos sólidos para atender exclusivamente a estes setores. Os resultados mostraram uma proporção de 2,18, 1,96 e 1,88 kg de resíduos / m³ de água, em cada um dos três setores estudados durante

o período de julho a setembro de 1998, levando o autor a concluir que existe relação entre a geração de resíduos sólidos e o consumo de água, apesar de não terem sido realizadas análises de correlações.

Leite (2006), ao realizar estudos no município de Taiacu, localizado na região norte do estado de São Paulo, por meio do levantamento de dados de consumo de água, consumo de energia elétrica, geração de resíduos sólidos e indicadores socioeconômicos, em 210 residências durante o período de fevereiro a março do ano de 2005, concluiu que há estreita relação entre o consumo de energia elétrica e o consumo de água com a geração de resíduos sólidos, sendo que, em seu trabalho, a correlação com a primeira variável mostrou-se mais significativa.

Estimando a geração de resíduos sólidos domiciliares a partir do consumo de água e de energia elétrica em quatro diferentes edifícios multifamiliares, localizados em diferentes bairros do município de João Pessoa, capital do estado da Paraíba, localizado na região nordeste do Brasil, Athayde Jr *et.al.* (2008) constataram, a partir dos resultados, que é possível relacionar a geração de resíduos com o consumo de água.

Athayde Jr, *et.al.* (2008) justifica a relação entre consumo de água ou energia elétrica e a geração de resíduos sólidos domiciliares (RSD): como a geração de RSD está diretamente relacionada com os hábitos de consumo da população, pode se relacionar com alguns indicadores de consumo/utilização de uma edificação como, por exemplo, os consumos de água e energia elétrica, dentre outros.

Gripp *et.al* (2001) propuseram um modelo de cobrança para os serviços de coleta e disposição de resíduos sólidos domiciliares para o município de Santo André, localizado na Região Metropolitana de São Paulo, no qual obteve-se uma taxa para cada tipo de unidade geradora. Estas unidades geradoras foram divididas em 6 classes, considerando o porte do uso residencial, de acordo com o número de ligações de água, que constituíram 3 diferentes classes, e o uso não residencial, que foi subdividido em 3 classes, de acordo com as classificações de uso de água da companhia de saneamento local – Semasa. A taxa de cada unidade geradora é formada por dois componentes: um de valor fixo e outro de valor variável, no qual o primeiro é função do tipo da unidade geradora e o segundo é função da quantidade de resíduo gerado pela unidade geradora. A quantidade gerada é quantificada, ou por meio direto através da containerização, ou por método indireto, por meio do rateio entre as unidades geradoras da quantidade de resíduos coletados em um determinado setor de coleta.

Afon & Okewole (2007) realizaram um estudo durante o período de um ano na cidade de Oyo, na Nigéria, com o objetivo de estimar a quantidade de resíduos sólidos gerados nas residências. Na metodologia foram aplicados questionários socioeconômicos para avaliação de indicadores da população amostrada, e os resíduos sólidos das famílias participantes foram pesados durante uma semana. A partir dos resultados estatisticamente significantes, trabalhados em um modelo matemático de regressão, concluíram que a renda familiar, o tamanho da família, *status* social, educação, ocupação da residência e a época do ano, explicaram 88,8% da geração de resíduos sólidos em Oyo.

Vijay *et. al.* (2008) propôs uma metodologia SIG para estimativa da geração de resíduos sólidos calculada utilizando a densidade de população local e a distribuição por faixa de renda. A aplicação prática foi avaliada por um estudo de caso na cidade de San Antonio, Texas, entretanto, não foi mencionado um modelo matemático em seu trabalho.

Karadimas & Loumos (2008) estudaram um modelo para estimativa da geração de resíduos sólidos urbanos coletados na cidade de Atenas, na Grécia, a partir de uma metodologia de SIG, considerando fatores como densidade populacional, atividades comerciais e ocupação residencial.

Relações entre o consumo de água e/ou energia elétrica e a geração de resíduos sólidos

A geração de resíduos sólidos, bem como o consumo de água e de energia elétrica, pode variar de acordo com alguns fatores:

- **Renda da população:** quanto maior o poder aquisitivo, maior a geração de resíduos com maior incidência de materiais recicláveis e pouca presença de matéria orgânica (MONTEIRO, *et. al.*, 2001). Quanto mais elevado o poder econômico e social da população, maior a utilização de água resultante do emprego de máquinas de lavagem e outras aplicações que visam trazer conforto e facilidades (TSUTIYA, 2006). “O consumo de energia elétrica tem sido usado com frequência como indicador do bem-estar de uma sociedade moderna”, sendo que, quanto maior o consumo de energia elétrica, maior o nível sócio-econômico da população (TOLMASQUIM, *et.al.*, 2008).
- **Condições climáticas:** No verão, ocorre um aumento do teor de embalagens de bebidas (latas, vidros e plásticos

rígidos), resultando num aumento da presença destes nos resíduos sólidos (MONTEIRO, *et. al.*,2001). Nessa época, também ocorre maior consumo de água para banhos e regas de jardins (TSUTIYA, 2006), bem como um aumento do consumo de energia elétrica ocasionado pelo uso de aparelhos de ar condicionados e refrigeradores.

- **Características culturais e hábitos:** aos costumes e hábitos da população, estão relacionadas questões como desperdício de alimentos, descarte de resíduos e maior geração de determinadas frações de resíduos. Quanto ao consumo de água e energia elétrica, as características culturais associadas às climáticas determinam o número de banhos que uma pessoa toma por dia, por exemplo, interferido na quantidade de água e em alguns casos, de energia elétrica consumida.

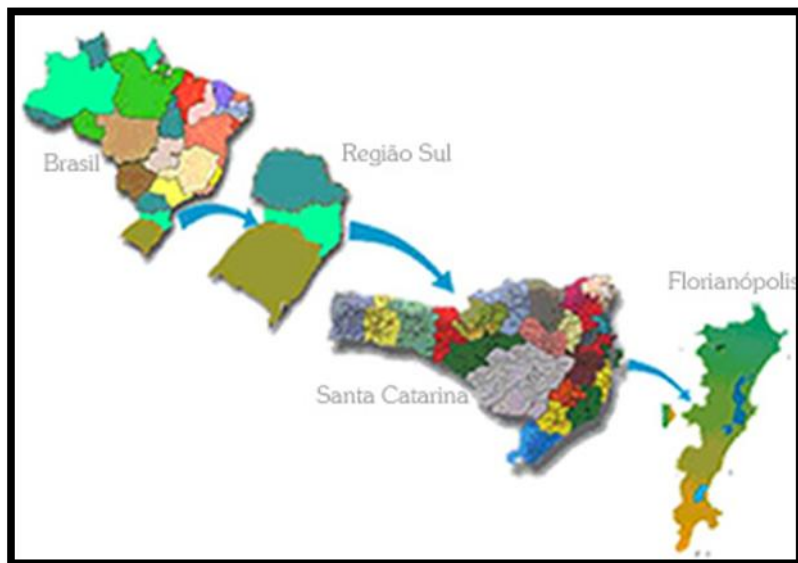
Vários estudos já foram realizados no Brasil com o intuito de correlacionar o consumo de água e/ou de energia elétrica com a geração de resíduos sólidos. Athayde Jr, *et. al.* (2008) estudaram a taxa de geração *per capita* de resíduos sólidos domiciliares em edifícios residenciais localizados em bairros de classe média alta da cidade de João Pessoa, bem como o consumo de água e de energia elétrica. Os resultados mostraram que é possível a estimativa da quantidade de resíduos sólidos gerados a partir de indicadores de consumo, sendo que o consumo de água mostrou-se mais adequado.

Leite (2006) realizou levantamento de dados junto a domicílios, no município de Taiapuá-SP, de informações referentes ao peso dos resíduos sólidos gerados por residência, consumo de água e de energia elétrica, a fim de investigar possíveis relações entre estes três fatores. Os resultados obtidos nesta pesquisa apontaram estreita relação entre o consumo de água e de energia elétrica com a geração de resíduos sólidos, sendo que o consumo de energia elétrica obteve maior valor de significância estatística.

Metodologia

O estudo foi realizado no município de Florianópolis, capital do estado de Santa Catarina, localizado na região sul do Brasil, conforme ilustrado na Figura 1, que apresentava uma população total de 421.203 habitantes em 2010 (IBGE, 2010).

Figura 1: Localização do município de Florianópolis



Fonte: http://cartoriosilva.com.br/santo_antONIO_lisboa.html.

A quantidade de resíduos produzida por uma população é bastante variável e dependem de uma série de fatores, como renda, época do ano, modo de vida, movimento da população nos períodos de férias e fins de semana e novos métodos de acondicionamento de mercadorias, com a tendência mais recente de utilização de embalagens não retornáveis (CUNHA & FILHO, 2002).

Sendo assim, para estudar a geração de resíduos sólidos e propor uma nova metodologia de cálculo de tarifa de coleta de resíduos sólidos domiciliares, o presente trabalho foi baseado nos seguintes levantamentos de dados:

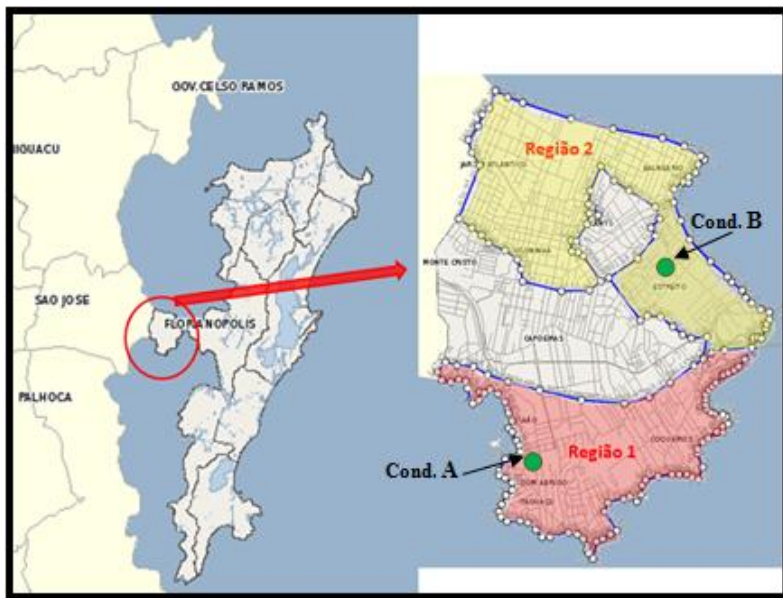
- Em dois condomínios residenciais multifamiliares (A e B), ambos de classe média, durante o período de junho de 2011 a maio de 2012, foi realizado o estudo em que os resíduos sólidos domiciliares gerados foram pesados, o consumo de água e energia elétrica medidos através dos hidrômetros e dos

relógios de luz, respectivamente, em todos os dias de coleta pública de resíduos sólidos.

- Em duas regiões do município (1 e 2), durante o período de maio de 2007 a junho de 2011, em que os dados mensais de geração de resíduos sólidos, consumo de água e consumo de energia elétrica foram obtidos junto às empresas responsáveis pelo fornecimento dos serviços: COMCAP, CASAN e CELESC, respectivamente.

Os dados referentes a resíduos sólidos limitaram-se aos da coleta dos resíduos sólidos misturados, uma vez que a coleta seletiva representa uma pequena fração, em peso, do total coletado no município, uma vez que muitos moradores não têm hábito de separar seus resíduos, além de haver a presença de muitos catadores nas ruas, que recolhem os recicláveis secos antes da coleta da COMCAP, fazendo com que os dados de produção de resíduos sólidos recicláveis fiquem subestimados. Além disso, a logística reversa instituída pela Lei 12.305/2010 contempla as embalagens, que constituem grande parte do que é recolhido pela coleta seletiva, como obrigatória de ser realizado Acordo Setorial para a operacionalização e custeio dos serviços desde a coleta até o destino final/reciclagem.

A Figura 2 apresenta a localização das duas regiões estudadas, bem como a dos condomínios residenciais, todos localizados na parte continental do município de Florianópolis.

Figura 2: Localização das regiões abrangidas no estudo

Fonte: Adaptado de Geoprocessamento Corporativo (FLORIANÓPOLIS,2012).

Os dados coletados durante o período de amostragem foram tratados estatisticamente, utilizando o *software* Statistica 8.0, sendo realizadas análises descritivas para representação do conjunto de valores, análises das correlações entre as variáveis, e análise de regressão linear múltipla para encontrar a melhor equação da reta que representasse a relação entre as variáveis.

Em virtude das dificuldades de se encontrar o modelo mais adequado para tratamento dos dados, foram testados os seguintes modelos apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Modelos utilizados para tratamento dos dados

Nº do Modelo	Dados Condominiais	Dados Regionais
1	per capita diários	brutos mensais
2	per capita semanais	per capita mensais
3	per capita por faixas de consumo de água ou energia elétrica	por domicílio mensais
4		per capita diários por faixas de consumo de água ou energia elétrica

Resultados e discussão

A Tabela 2 apresenta os valores médios obtidos pela estatística descritiva das variáveis estudadas nos Condomínios A e B e nas Regiões 1 e 2, ao nível de confiança de 95%.

Tabela 2: Valores Médios das variáveis estudadas nos Condomínios

Variáveis	C.P.E.E. (kwh/hab./dia)	C.P.A. (m ³ /hab./dia)	P.P.R.S.D. (kg/hab./dia)
Condomínio A	3,27 ± 0,88	0,19 ± 0,07	0,43 ± 0,13
Condomínio B	3,05 ± 0,67	0,18 ± 0,04	0,43 ± 0,12
Região 1	6,85 ± 0,72	0,23 ± 0,01	1,02 ± 0,06
Região 2	8,01 ± 0,92	0,15 ± 0,01	0,85 ± 0,04

Para todas as variáveis, os valores encontrados nos dois condomínios estão bem próximos entre si, sendo que a maior diferença foi entre os padrões de consumo de energia elétrica. Quando comparados estes valores com os dados regionais, observam-se grandes diferenças nos valores, sendo que aumentam consideravelmente quando analisados regionalmente, visto que a análise pode sofrer interferências de fatores, como diferentes usos de edificação e uma população bastante heterogênea, de diferentes hábitos, culturas e classes sociais.

Para os valores médios regionais, observa-se ainda que há diferenças no comportamento das variáveis, que devem estar relacionadas às características de ocupação dos bairros, sendo que a Região 1 caracteriza-se pela ocupação residencial e a Região 2, por forte ocupação comercial, além da residencial.

Os valores de geração *per capita* de resíduos sólidos nos condomínios estão um pouco abaixo dos resultados da caracterização

física dos resíduos sólidos urbanos de Florianópolis, onde a geração *per capita* para a região continental foi de 0,69 kg/hab.dia e para todo o município de 0,77 kg/hab.dia (COMCAP, 2002). Já os dados regionais mostram que houve um crescimento de geração *per capita* de resíduos sólidos na região.

Machado & Prata Filho (1999) apontam o valor de 0,80 Kg/hab. dia para a quantidade de resíduos sólidos produzida em regiões metropolitanas, considerando ainda que há uma tendência de crescimento deste valor, decorrente dos padrões atuais de consumo, com o descarte de materiais como embalagens cada vez mais acentuado. Nagashima et. al. (2011), ao estudarem um modelo de gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos para o município de Paranavaí, localizado na região noroeste do estado do Paraná, encontraram o valor de 0,72 kg/hab./dia.

Veloso et. al. (2009) apontam valores bem maiores para a geração de resíduos sólidos no município de Macaé, localizado na região do Rio de Janeiro, quando da realização de estudos sobre o gerenciamento e disposição de resíduos sólidos dos municípios de Macaé, Nova Friburgo, Casimiro de Abreu e Rio das Ostras. Os valores de geração *per capita* de RSU encontrados são de 1,82kg/hab./dia. Entretanto, estes valores consideram todos os resíduos sólidos urbanos, e não somente os domiciliares.

Os resultados das análises de correlação, obtidos pelo coeficiente de Spearman, para cada um dos modelos estudados nos condomínios residenciais são apresentados na tabela 3.

Tabela 3: Resultados das Análises de Correlação não paramétricas dos modelos testados

Modelo testado	Condomínio	PPRSD x CPAg		PPRSD x CPEE	
		Spearman	p-level	Spearman	p-level
1 – Dados per capita	A	0,19	0,05	0,31	0,00
	B	-0,04	0,67	-0,23	0,01
2 – Dados semanais	A	0,28	0,05	0,04	0,77
	B	0,22	0,14	-0,05	0,73
3 – Dados somados por faixas de consumo	A	0,92	0,00	0,93	0,00
	B	0,95	0,00	0,86	0,01
	A + B	0,63	0,07	0,96	0,00

Observa-se que somente foram obtidos resultados significativos, ao nível de significância de 95%, para os dados trabalhados através das somas de suas ocorrências por faixas de consumo, estabelecidas conforme tabela 4 apresentada a seguir. Os dados também foram testados por faixas de consumo, em forma de valores *per capita* no entanto, não foram encontradas relações estatisticamente significantes, visto que apesar de homogeneizar a amostra quanto a seus valores, perde-se a significância das análises em virtude da diminuição de dados.

Tabela 4: Faixas de consumo de água e de energia elétrica

Nº	Consumo de Água			Consumo de Energia Elétrica		
	Valores de Consumo (m ³ /hab./dia)	Tamanho amostra		Valores de Consumo (kwh/hab./dia)	Tamanho amostra	
		Cond. A	Cond. B		Cond. A	Cond. B
1	Até 0,10	10	10	Até 2,0	2	7
2	De 0,10 a 0,12	8	10	De 2,0 a 2,4	4	15
3	De 0,12 a 0,14	6	19	De 2,4 a 2,8	44	43
4	De 0,14 a 0,16	7	37	De 2,8 a 3,2	23	20
5	De 0,16 a 0,18	11	24	De 3,2 a 3,6	9	13
6	De 0,18 a 0,20	27	6	De 3,6 a 4,0	3	11
7	De 0,20 a 0,22	12	3	Acima de 4,0	20	5
8	De 0,22 a 0,24	11	3			
9	Acima de 0,24	13	2			

Já os modelos regionais foram testados, considerando duas épocas distintas, a alta e a baixa temporada, considerando como alta temporada, os meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março, quando a cidade mais sofre com a interferência da população flutuante e de altas temperaturas e, como baixa temporada, os demais meses, visto que a influência sazonal dos dados foi comprovada por análise de variância. Não foram obtidos resultados significantes quando os dados foram trabalhados por regiões distintas, mostrando não ser adequado utilizar um modelo regional.

Na Tabela 5, são apresentados os resultados das análises de correlações dos quatro modelos regionais testados.

Tabela 5: Resultados das Análises de Correlação não paramétricas dos modelos testados

Modelo testado	Região	Temporada	PPRSD x CPAg		PPRSD x CPEE	
			Spearman	p-level	Spearman	p-level
1 – Brutos mensais	1+2	Alta	0,74	0,00	0,74	0,00
	1+2	Baixa	0,78	0,00	0,78	0,00
2 – Per capita mensais	1+2	Alta	0,71	0,00	-0,65	0,00
	1+2	Baixa	0,76	0,00	-0,65	0,00
3 – Por domicílio mensais	1+2	Alta	0,16	0,37	-0,11	0,55
	1+2	Baixa	0,30	0,01	-0,16	0,20
4 – soma das faixas de consumo	1+2	-	0,95	0,00	1	-

Pode-se observar que foram obtidos resultados estatisticamente significantes ao nível de 95% de confiança para todos os modelos testados, exceto para o que trabalhou os dados por domicílio.

As faixas de consumo consideradas para o modelo número 4, em que foi utilizado o somatório dos valores para cada faixa de consumo de água e de energia elétrica são apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6: Faixas de consumo de água e de energia elétrica

Nº	Consumo de Água			Consumo de Energia Elétrica		
	Valores de Consumo (m ³ /hab./dia)	Tamanho amostra		Valores de Consumo (kwh/hab./dia)	Tamanho amostra	
		Reg. 1	Reg. 2		Reg. 1	Reg. 2
1	Até 0,14	1	0	Até 6,0	1	0
2	0,14 – 0,15	23	0	De 6,0 a 7,0	32	5
3	0,15 – 0,16	22	0	De 7,0 a 8,0	15	25
4	0,16 – 0,17	4	0	De 8,0 a 9,0	0	12
5	0,17 – 0,20	0	0	De 9,0 a 10	2	6
6	0,20 - 0,21	0	2	Acima de 10	0	2
7	0,21 – 0,22	0	14			
8	0,22 – 0,23	0	17			
9	0,23 – 0,24	0	11			
10	0,24 – 0,25	0	4			
11	Acima de 0,25	0	2			

Observa-se que cada região ficou limitada a faixas de consumo de água distintas, tendo em vista que os padrões de consumo desta variável são bastante diferenciados entre si. Na faixa 5, foi utilizado um intervalo de consumo de água maior, visto que não há valores de consumo entre 0,17 a 0,20 m³/hab./dia.

Foi realizada ainda a análise de regressão para verificação de relações entre as variáveis com o objetivo de se encontrar a melhor equação e o melhor modelo, que representasse o universo dos dados.

Os modelos que apresentaram os resultados mais significativos foram os que utilizam a soma dos valores ocorridos em cada faixa de consumo, tanto para os dados dos condomínios, quanto para os dados regionais. Os resultados do modelo por faixas de consumo são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7: Resultados das análises de regressão do modelo por faixas de consumo

Relação estudada	Local estudado	R ²	p-level	constante	coeficiente angular
$\sum \text{CPAg} \times \sum \text{PPRSD}$	Cond. A	0,86	0,00	1,65	1,43
	Cond. B	0,89	0,00	0,54	2,50
	Cond. A+B	0,50	0,00	3,74	1,55
$\sum \text{CPEE} \times \sum \text{PPRSD}$	Cond. A	0,94	0,00	-0,07	0,13
	Cond. B	0,88	0,00	-1,03	0,17
	Cond. A+B	0,92	0,00	-1,16	0,15
$\sum \text{CPAg} \times \sum \text{PPRSD}$	Cond. 1+2	0,96	0,00	-0,28	5,12
$\sum \text{CPEE} \times \sum \text{PPRSD}$	Cond. 1+2	0,97	0,00	-1,36	0,14

Desta forma, tendo em vista que os resultados apontam a possibilidade de propor um modelo baseado no somatório das faixas de consumo, são apresentadas a seguir as equações para determinação da produção de resíduos sólidos a partir do consumo de água (equação 1), e do consumo de energia elétrica (equações 3 e 4), utilizadas para diferentes intervalos de faixas de consumo, visto que os comportamentos residenciais e regionais foram bastante diferenciados para esta variável:

$$\sum \text{PPRSD} = -0,28 + 5,12 \times \sum \text{CPAg} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

PPRSD = Produção *per capita* de Resíduos Sólidos Domiciliares (kg/hab./dia);

CPAg = Consumo *per capita* de Água (m³/hab./dia)

$$\sum \text{PPRS} = -1,16 + 0,15 \times \sum \text{CPEE} \quad (\text{R}^2 = 0,92) \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

PPRS = Produção *per capita* de Resíduos Sólidos Domiciliares (kg/hab./dia);

CPEE = Consumo *per capita* de Energia Elétrica (kwh/hab.dia), com valor até 5,0 kwh/hab./dia.

$$\Sigma\text{PPRSD} = -1,36 + 0,14 \times \Sigma\text{CPEE}$$

(Equação 3)

Onde:

PPRSD = Produção *per capita* de Resíduos Sólidos Domiciliares (kg/hab./dia);

CPEE = Consumo *per capita* de energia elétrica (kwh/hab./dia), com valor variando de 5,0 a 10 kwh/hab./dia

Conclusão

Os resultados da pesquisa mostraram que a geração *per capita* de resíduos sólidos em apartamentos da região continental do município de Florianópolis encontra-se na faixa de 0,6 kg/habitante/dia. Já, ao se analisar a geração *per capita*, tomando como unidade de referência as regiões estudadas, foram encontrados valores de 1,02 kg/habitante/dia para a Região 1 e de 0,85 kg/habitante/dia para a Região 2.

O estudo mostrou que existem relações das variáveis consumo de energia elétrica e consumo de água com a geração de resíduos sólidos domiciliares, tornando possível a utilização destas variáveis para estimativa da produção de resíduos sólidos, para fins de cobrança da tarifa de resíduos sólidos domiciliares.

As análises dos dados condominiais mostraram que, ao se analisar os dados de forma desagrupada, as relações são fracas e não são estatisticamente significantes. Ao agruparem-se os dados por faixas de consumo de água, e por faixas de consumo de energia elétrica, através de suas somas, pode-se observar que existem relações estatisticamente significantes entre as variáveis, sendo que a relação entre o $\Sigma\text{CPEE} \times \Sigma\text{PPRSD}$ ($R^2=0,92$) foi mais representativa do que a relação $\Sigma\text{CPAg} \times \Sigma\text{PPRSD}$ ($R^2=0,86$).

Para o estudo dos dados regionais, foram encontrados resultados significantes para as relações entre as variáveis, quando os dados foram tratados de forma bruta, *per capita* e pela soma dos valores para cada faixa de consumo de água e de energia elétrica. As análises das regiões estudadas separadamente não apresentaram bons resultados, indicando não ser interessante propor um modelo regional.

Tendo em vista os resultados apresentados para os vários modelos testados, acredita-se que o modelo mais indicado para estimar a quantidade de resíduos sólidos a ser gerada, para fins de utilização para um método de cobrança da tarifa de resíduos sólidos, é o modelo

que utiliza os dados por faixas de consumo, visto que apresentou resultados significativos e que pode abranger diferentes perfis de consumidores, enquadrando cada um em uma faixa específica, e cobrando, desta forma, um valor diferenciado. Este modelo que utiliza valores diferenciados por faixas de consumo já é utilizado pelo município de União da Vitória (PR) (BRUNSADIM, 2003).

Referências

AFON, A.O.; OKEWOLE, A. Estimating the quantity of solid waste generation in Oyo, Nigeria. **Waste Management & Research**, v. 25, p 371–379. 2007.

ATHAYDE JR, G.B.; DE SÁ BESERRA, L.B.; FAGUNDES, G.S. Estimando a geração de resíduos sólidos domiciliares a partir do consumo de água em edifícios multifamiliares. **Revista Tecnologia**. Fortaleza, v. 29, n. 2, p.125-133, dez. 2008.

BRASIL. **Lei 11.445 de 05 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Brasília, 2007.

BRASIL. **Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, 2010.

BRUSADIN, M.B. **Análise de Instrumentos Econômicos relativos aos serviços de resíduos sólidos urbanos**. Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, do Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, Área de Concentração em Engenharia Urbana. São Carlos, 2003.

CAMPANI, D.B.; SCHEIDEMANDEL Neto, B. Remuneração da prestação dos serviços de manejo de resíduos sólidos. Prestação dos serviços públicos de saneamento básico. In: GONÇALVES, S.A. *et. al.* (Orgs) **Lei Nacional de Saneamento Básico: Perspectivas para as Políticas e a gestão dos serviços públicos**. Livro III. Brasília, 2009.

CUNHA, V.; FILHO, J.V.C. Gerenciamento da coleta de resíduos sólidos urbanos: Estruturação e aplicação de Modelo não-linear de Programação por metas. Artigo Técnico – **Revista Gestão & Produção**, v.9, n.2, p.143-161, ago. 2002.

COMCAP. **Caracterização Física dos Resíduos Sólidos Urbanos de Florianópolis**. Florianópolis, dezembro, 2002.

D'ELLA, D.M.C. Relação entre utilização de água e geração de resíduos sólidos domiciliares. Artigo Técnico – **Revista Saneamento Ambiental**, v. 65, p 38-41. 2000.

GRIPP, W.G.; MARCON, H.; PASSARELLI, S.H. Modelo de Cobrança Setorizada para os Serviços de Coleta e Disposição de Resíduos Sólidos Domiciliares – Simulação para o Município de Santo André – SP. In: 21º CONGRESSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. **Anais...João Pessoa:ABES, 2001.**

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Demográfico 2010.** Disponível no site: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>

KARADIMAS, N.V.; LOUMOS, V.G. GIS-based modelling for the estimation of municipal solid waste generation and collection. **Waste Management & Research**, v. 26, p 337-346. 2008.

LEITE, M. F. **A taxa de coleta de resíduos sólidos domiciliares: Uma análise crítica.** Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Engenharia Civil. São Carlos, 2006.

MACHADO, A.V.; PRATA FILHO, D.A. Gestão De Resíduos Sólidos Urbanos Em Niterói. In: 20º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL – **Anais... RIO DE JANEIRO: ABES, 1999.**

MAGALHÃES, T. Manejo de resíduos sólidos: sustentabilidade e verdade orçamentária com participação popular. In: GONÇALVES, S.A. *et. al.* (Orgs) **Lei Nacional de Saneamento Básico: Perspectivas para as Políticas e a gestão dos serviços públicos.** Livro III. Brasília, 2009.

MONTEIRO, J. H. P. *et. al.* (Orgs).Coordenação técnica Victor Zular Zveibil. **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos.** Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

NAGASHIMA, L. A. *et. al.* (Orgs). Gestão integrada de resíduos sólidos urbanos - uma proposta para o município de Paranavaí, Estado do Paraná, Brasil. **Acta Scientiarum. Technology (Impresso)**, v. 33, p. 39-47, 2011.

TOLMASQUIM, M.T. O crescimento recente do Consumo Residencial de Energia Elétrica na Região Nordeste. **Nota Técnica DEN 04/08**. Rio e janeiro, 2008.

TSUTIYA, M.T. **Abastecimento de Água**. 3º edição. – São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.

VELOSO, A.C.O.G.; FAUSTINO, M.M.; DIAS, M.V.; CALDAS, L.A.D.; SILVA, R.M.; ROCHA, D.T.M.; TAVARES, J.H.S. Estudo dos procedimentos para o gerenciamento de resíduos sólidos nos municípios da Região Hidrográfica VIII do estado do Rio de Janeiro. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, Campos dos Goytacazes/RJ, v.3, n.2, p. 109-123, jul./dez. 2009.

VICENTINI, F. *et. al.* (Orgs). Sensorized waste collection container for content estimation and collection optimization. **Waste Management**, v. 29, p 1467-1471. 2009.

VIJAY, R.; *et. al.* (Orgs). Estimation and allocation of solid waste to bin through geographical information systems. **Waste Management & Research**, v. 23, p 479-484. 2008.