

REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES: ESTUDO DE CASO EM CONDOMÍNIO VERTICAL NA CIDADE DE JOÃO PESSOA-PB

* Natália de Souza Guedes¹
Gilson Barbosa Athayde Júnior¹

MINIMIZATION OF THE GENERATION OF SOLID HOUSEHOLD WASTE AND ITS DISPOSAL IN LANDFILLS: CASE STUDY IN VERTICAL CONDOMINIUM IN THE CITY OF JOÃO PESSOA-PB

Recibido el 21 de mayo de 2020. Aceptado el 27 de julio de 2021

Abstract

This research consists of an analysis of the impact of minimization strategies on the generation of household solid waste (HSW) and the flow to be disposed of in landfills in a residential building located in the city of João Pessoa-PB. The per capita generation of the building's RSD and the gravimetric composition of the waste generated were determined and subsequently, reduction strategies were implemented in the building. The practices adopted were: selective collection, environmental awareness and home composting. To compare the averages of RSD generation in the building without intervention and after 70 days of the application of each strategy, analysis of variance was used according to the graphic method GT-2, with a significance level of 5%. The results show that the building's per capita RSD generation rate, calculated before applying the strategies, was 0.490 kg/inhab.day, and most of this waste is made up of organic matter (58.42%); recyclable materials represent 26.59% of the RSD. After the adoption of selective collection, environmental awareness and composting in the building, the amount of RSD sent to the landfill was 0.346 kg/inhab.day, 0.329 kg/inhab.day, and 0.327 kg/inhab.day, respectively. Therefore, a final reduction of 33.26% was observed in the waste sent to the landfill in the absence of strategies in the building. With the analysis of variance it was possible to observe that with the implementation of the minimization strategies there was a significant reduction in the per capita generation rate of the building's RSD that are effectively destined to the landfill.

Keywords: *composting, environmental awareness, household solid waste, reduction, selective collect.*

¹ Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba, Brasil.

* *Autor correspondente:* Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba. Cidade Universitária, s/n, João Pessoa, Paraíba. CEP: 58051-900, Brasil. Email: nataliasguedes@hotmail.com

Resumo

Esta pesquisa consiste em uma análise do impacto de estratégias de minimização na geração de resíduos sólidos domiciliares (RSD) e no fluxo a ser disposto em aterros sanitários em um edifício residencial localizado no município de João Pessoa-PB. Determinou-se a geração per capita de RSD do edifício e a composição gravimétrica dos resíduos gerados e subsequentemente, implantou-se estratégias de redução no edifício. As práticas adotadas foram: coleta seletiva, sensibilização ambiental e compostagem domiciliar. Para comparação entre as médias da geração de RSD no edifício sem intervenção e após 70 dias da aplicação de cada estratégia, utilizou-se a análise de variância segundo o método gráfico GT-2, com nível de significância de 5%. Os resultados mostram que taxa de geração per capita de RSD do edifício, calculada antes da aplicação das estratégias foi de 0.490 kg/hab.dia e a maior parte desses resíduos é constituída por matéria orgânica (58.42%); já os materiais recicláveis representam 26.59% dos RSD. Após a adoção da coleta seletiva, da sensibilização ambiental e da compostagem no edifício, a quantidade de RSD enviada para o aterro foi de 0.346 kg/hab.dia, 0.329 kg/hab.dia, e de 0.327 kg/hab.dia, respectivamente. Portanto, foi observada uma redução final de 33.26% nos resíduos enviados ao aterro sanitário na ausência de estratégias no edifício. Com a análise de variância foi possível observar que com a implantação das estratégias de minimização houve redução significativa na taxa de geração per capita de RSD do edifício que são efetivamente destinados ao aterro sanitário.

Palavras chave: coleta seletiva, compostagem, redução, resíduos sólidos domiciliares, sensibilização ambiental.

Introdução

Os resíduos sólidos urbanos (RSU) são constituídos pelos resíduos sólidos domiciliares (RSD) e resíduos de limpeza urbana (RLU), sendo que os RSD representam a maior fração (Dangi *et al.*, 2011). Na cidade de João Pessoa-Paraíba, Brasil, segundo dados do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, no ano de 2013, os RSD constituíam cerca de 89.18% dos RSU coletados (PMJP, 2014).

Em relação aos RSD, na cidade de João Pessoa, a quantidade coletada em 55 bairros, foi de 151 mil ton em 2003 e 199 mil ton em 2010, o que representa um aumento de 32.4% nesse período de 7 anos. No mesmo período, a população da área correspondente aumentou de 587219 para 676112 habitantes, cerca de 15.1%. Tem-se, portanto, percentualmente, um pouco mais que o dobro no aumento da massa de RSD em relação ao aumento populacional, o que é devido ao aumento da geração de RSD *per capita* (Medeiros *et al.*, 2015).

Diante do crescente aumento da geração de resíduos sólidos e, considerando seu potencial poluidor, os custos associados e o aspecto social, medidas que visem garantir a gestão dos resíduos sólidos têm se tornado cada vez mais importantes (Oliveira, 2016). O cenário ideal seria o da não geração de resíduos, sendo este, no entanto, distante da realidade atual. Neste sentido, faz-se necessário reunir esforços para o desenvolvimento de medidas que reduzam a geração dos RSU, e em especial, de seu principal componente que são os RSD.

No Brasil, a sanção da Lei Federal 12305/2010 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), representou um marco para a gestão integrada e o gerenciamento de resíduos sólidos. Dentre os objetivos descritos na PNRS, tem-se a redução da geração de resíduos, bem como a expansão da reciclagem e reutilização dos mesmos, a valorização dos agentes ambientais no processo de gestão dos resíduos sólidos, a destinação ambientalmente adequada dos resíduos, o estabelecimento de metas para eliminação dos lixões e a responsabilidade compartilhada entre os geradores de resíduos (Brasil, 2010).

Práticas de educação ambiental, redução, reutilização, separação na fonte, reciclagem e compostagem são ferramentas importantes para diminuir o volume de RSU destinado a aterros e, por sua vez, encaminhar apenas rejeitos para esses depósitos. Essa redução no volume de resíduos enviados para a disposição final é extremamente importante para aumentar a vida útil dos aterros sanitários e reduzir tanto as novas áreas de disposição quanto os custos e os impactos ambientais e sociais.

Devido à grande quantidade de moradores no mesmo local, os condomínios residenciais verticais merecem destaque no gerenciamento dos resíduos sólidos. Perante o cenário exposto, faz-se necessário estudos que busquem avaliar estratégias de minimização da geração de RSD, inclusive em condomínios residenciais.

Neste contexto, o presente manuscrito tem como objetivo analisar, em um edifício residencial de apartamentos localizado na cidade de João Pessoa-PB, o impacto de estratégias de minimização na geração de resíduos sólidos domiciliares e nas quantidades a serem dispostas em aterros sanitários.

Metodologia

Características da área de estudo

A pesquisa foi realizada em um edifício residencial de apartamentos, localizado no bairro Jardim Cidade Universitária, na cidade de João Pessoa, capital do estado da Paraíba. Este edifício possui 3 pavimentos, onde o 1º e o 2º pavimento contém duas unidades residenciais (apartamentos) cada, com 75 m² e o 3º é a cobertura, com 150 m². Este local foi selecionado por ter sido demonstrado interesse dos moradores, em contato previamente estabelecido.

Atualmente, os resíduos da cidade de João Pessoa são enviados para o Aterro Sanitário da Região Metropolitana (ASMJP), local de disposição final. O aterro está em operação desde agosto de 2003 e foi projetado com capacidade total de 24 células com 150x150x20 metros e vida útil de 25 anos (Silva, 2014).

Levantamento de dados

A análise do impacto de estratégias de minimização no edifício foi realizada em 2 etapas. A etapa 1, consistiu na determinação da geração *per capita* de RSD do edifício (09/07/2018 a 11/03/2019) e da composição gravimétrica dos RSD gerados (06/02/2019 a 13/02/2019). E na etapa 2, foram aplicadas estratégias de minimização de RSD, com nova determinação da geração *per capita* dos mesmos (12/03/2019 a 07/10/2019).

Na primeira etapa, inicialmente os moradores do edifício foram informados (pessoalmente e através de informativos afixados nas áreas de circulação do prédio) para depositarem seus resíduos, não mais no coletor externo, e sim em um coletor (um balde de lixo de 15 L) colocado na área interna do edifício para que os RSD fossem pesados, a fim de determinar sua geração. Após a pesagem os RSD eram encaminhados para o coletor externo.

As pesagens ocorreram diariamente às 21hs, horário em que os moradores já tinham depositado seus resíduos no coletor interno, visto que a coleta de resíduos pela prefeitura é realizada nas segundas, quartas e sextas-feiras após às 22hs. O período de pesagem desta etapa foi do dia 09/07/2018 até 11/03/2019, totalizando 246 dias. Para todas as pesagens realizadas durante a pesquisa, utilizou-se uma balança digital, com incerteza de 0.05 kg.

A geração *per capita* de RSD foi quantificada aplicando-se a Equação 1, dividindo-se a massa de resíduos gerados pela quantidade de moradores no edifício, sendo anotadas alterações de caráter duradouro na população, a partir de 3 dias, sempre que ocorriam. Estas alterações eram informadas pelo síndico.

$$\text{Geração per capita } \left(\frac{\text{kg}}{\text{hab.dia}} \right) = \frac{\text{massa de resíduos gerados em um dia}}{\text{população do edifício}} \quad \text{Equação (1)}$$

A caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos gerados no edifício, ocorreu durante 8 dias, de 06/02/2019 a 13/02/2019. Para isto foi realizada a separação manual dos resíduos totais gerados em cada um dos dias de acordo com sua classificação e efetuadas as pesagens dos materiais segregados.

Os resíduos foram divididos nos seguintes grupos: papel, papelão, vidro, plástico filme, plástico rígido, embalagem longa vida, alumínio, metais ferrosos e matéria orgânica biodegradável. Materiais como papel higiênico, pilhas, cosméticos, remédios, lenços de papel, curativos, tecidos, fraldas descartáveis e madeira foram classificados como “outros”.

A composição percentual de cada um dos componentes foi calculada pela Equação 2:

$$\text{Composição gravimétrica (\%)} = \frac{\text{massa dos resíduos separados}}{\text{total de resíduos misturados}} \times 100 \quad \text{Equação (2)}$$

Após a etapa anterior, foi dado início a mobilização e preparação da população do edifício visando à implantação das práticas de redução da geração de RSD. A comunicação com os moradores se deu por meio impresso, entregue a todos os apartamentos e disponibilizados no quadro de avisos localizado na entrada do edifício.

Com a população do edifício ciente da pesquisa, iniciou-se a segunda etapa, de adoção das estratégias de minimização. As práticas adotadas foram a coleta seletiva com encaminhamento dos recicláveis para uma cooperativa, a sensibilização ambiental por meio de uma palestra e a compostagem caseira utilizando baldes. Ressalva-se que para se tornar uma estratégia de longo prazo seriam necessárias mais de um palestra. Essas estratégias foram aplicadas sequencialmente e a partir da implantação de cada uma delas foi realizada a pesagem durante intervalos de tempo iguais, de 70 dias, para determinar a taxa de geração de RSD após cada estratégia e assim calcular a eficiência de cada uma delas, ou seja, a quantidade de resíduos que deixou de ser enviado ao aterro sanitário após a aplicação da estratégia.

No dia 11/03/2019, informativos foram distribuídos, comunicando a implantação do programa de coleta seletiva no dia 12/03/2019. Nesse informativo foram discriminadas informações acerca da segregação dos materiais recicláveis e úmidos, para manter os moradores informados. Com a implantação da coleta seletiva, cada apartamento passou a encaminhar seus RSD para dois coletores de 15 L cada, localizados próximos ao portão de entrada, devidamente identificados, sendo um deles para os resíduos recicláveis e o segundo para os resíduos orgânicos e o item "outros". Esta estratégia foi adota do dia 12/03/2019 ao dia 20/05/2019.

Para que os resíduos recicláveis não fossem coletados junto aos demais e encaminhados ao aterro sanitário, estes eram recolhidos, armazenados e levados (1 vez por semana) até uma cooperativa de reciclagem nas proximidades do edifício.

No dia 20 de março, foi iniciada a adoção da sensibilização ambiental através de uma palestra informativa sobre os resíduos sólidos, ministrada aos moradores nas dependências do próprio edifício. Foram sanadas as possíveis dúvidas dos participantes. E para determinar o impacto da palestra na geração de RSD e na porcentagem de reciclados esta etapa foi realizada do dia 21/05/2019 a 29/07/2019.

A última estratégia adotada para minimização dos RSD gerados no edifício foi a compostagem doméstica. No dia 20 de julho, os moradores foram informados pessoalmente de como fazer uma

composteira doméstica, como é o seu funcionamento e quais tipos de resíduos poderiam ser depositados na mesma.

Assim, foi confeccionada uma composteira doméstica e entregue aos moradores que aceitaram adotar esta prática. Esta composteira foi construída a partir da reutilização de 3 baldes plásticos como recipientes, com volumes de 18 L, sobrepostos. Juntamente com a composteira foi entregue pó de serra para cobrir os resíduos orgânicos depositados na composteira e evitar mau cheiro e proliferação de mosquitos. Era depositado na composteira resíduos de alimentos, como, legumes, cascas de frutas, hortaliças, casca de ovos, pó de café e restos de comida, exceto carne, peixe e gorduras. Uma vez por semana o material disposto no balde era revolido. Esta etapa teve início no dia 30/07/2019 e terminou dia 07/10/2019.

Também foi determinado o potencial de recuperação dos resíduos recicláveis durante a adoção de cada uma das estratégias, este cálculo foi feito conforme proposto por Pinto e Mondelli (2017). A massa dos resíduos recicláveis recuperados do edifício foi relacionada à quantidade potencialmente presente de recicláveis nos resíduos, utilizando-se as informações de composição gravimétrica e a quantidade dos resíduos totais gerados diariamente no edifício, de acordo com a Equação 3:

$$\text{Potencial de recuperação de recicláveis (\%)} = \frac{M_{\text{recuperado}}}{P_{\text{reciclável}} \times M_{\text{total}}} \times 100$$

Equação (3)

Onde:

$M_{\text{recuperado}}$ = massa dos resíduos recicláveis recuperados do edifício (kg/dia);

$P_{\text{reciclável}}$ = porcentagem de recicláveis presentes nos resíduos do edifício, de acordo com a composição gravimétrica (%);

M_{total} = massa total de resíduos gerados diariamente pelo edifício (kg/dia).

Por fim, para a comparação entre os dados das médias da geração de RSD sem intervenção e após a aplicação de cada estratégia, foi utilizada a análise de variância segundo o método gráfico GT-2 (Sokal e Rohlf, 2012) com nível de significância de 5%. Este método pode ser utilizado para comparação simultânea de várias médias, sendo que os intervalos, cujos limites se sobrepõem, não têm médias significativamente diferentes entre si (Athayde Júnior, Onofre e Beserra, 2014).

Resultados e discussão

Taxa de geração per capita de RSD

As taxas de geração *per capita* de RSD da população residente no edifício calculada diariamente antes da aplicação das estratégias, e sua respectiva média, podem ser observadas na Figura 1. Os valores variaram de 0.050 kg/hab.dia em 02/01/2019 a 1.84 kg/hab.dia em 18/12/2018. Este pico de 1.84 kg/hab.dia aconteceu devido a presença de vários livros no coletor de resíduos.

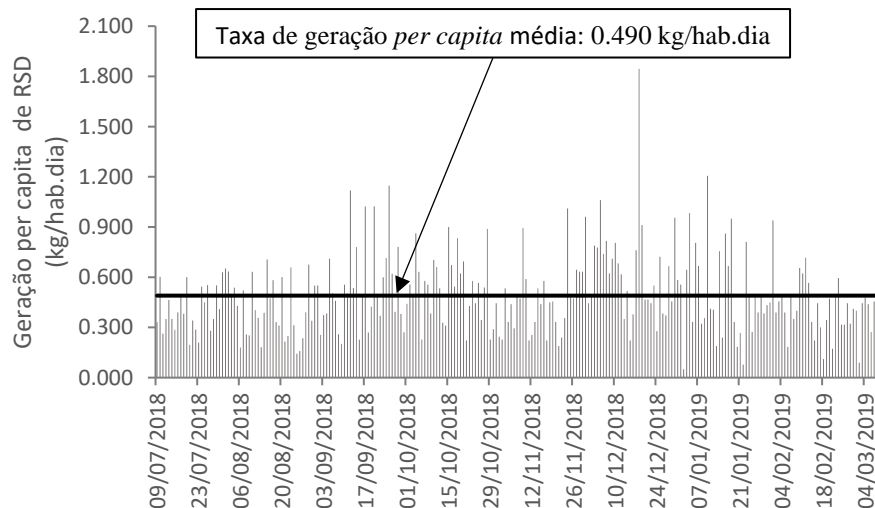


Figura 1. Variação da taxa de geração *per capita* de RSD e sua média correspondente antes das estratégias de minimização

A geração *per capita* média de RSD foi de 0.490 kg/hab.dia. Este resultado é compatível com a geração *per capita* encontrada por Athayde Júnior, Onofre e Beserra (2014), em três edifícios residenciais multifamiliares de João Pessoa: 0.508, 0.527 e 0.541 kg/hab.dia. Assim como na presente pesquisa, Athayde Júnior, Onofre e Beserra (2014) determinaram a taxa de geração de RSD na fonte, não havendo possibilidade de mistura com outras frações de resíduos.

Composição gravimétrica dos RSD

Com relação a composição gravimétrica dos resíduos, de acordo com a Figura 2, pode-se observar que o resíduo gerado pela população residente no edifício é constituído em sua maior parte por matéria orgânica biodegradável, o que corresponde a 58.4%, já os recicláveis representam 26.6 % (excluindo o item outros). Dentre os itens recicláveis, o componente predominante foi o papel (9%).

Somando-se os resíduos recicláveis e a matéria orgânica, tem-se que 85% dos resíduos gerados no edifício podem ser recuperados, podendo ter seu fluxo desviado do aterro sanitário e que apenas 15% dos RSD podem ser considerados como rejeito. Assim, existe no edifício um potencial para implantação da coleta seletiva, da compostagem e encaminhamento dos orgânicos não aproveitáveis na compostagem para biometanização.

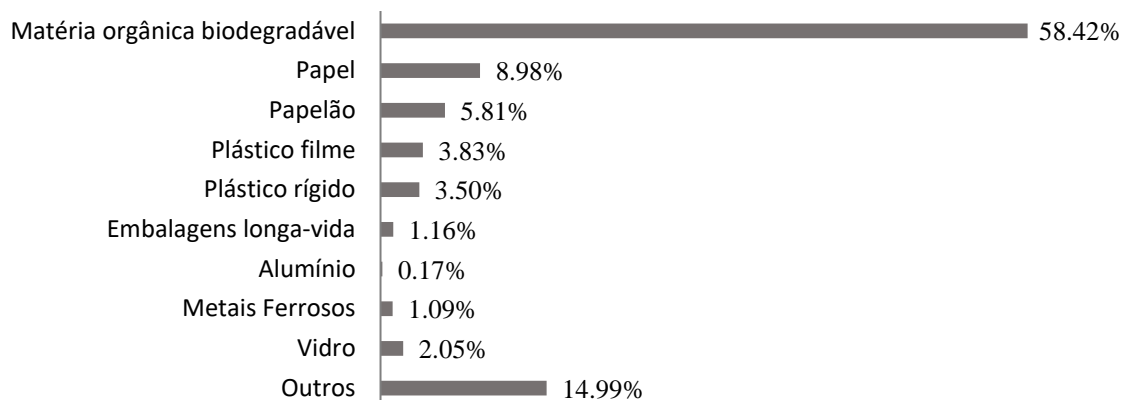


Figura 2. Composição gravimétrica dos RSD gerados no edifício

Os percentuais encontrados na caracterização gravimétrica estão próximos dos valores encontrados no Plano Municipal de Resíduos Sólidos da cidade de João Pessoa, onde 51% dos resíduos sólidos domiciliares são matéria orgânica e 26% são recicláveis (PMJP, 2014). Também próximos aos percentuais determinados no estudo conduzido por Seixas *et al.* (2006) em edifícios multifamiliares de João Pessoa, que foram de 62.3% para matéria orgânica e 21.1 % para os recicláveis. Porém, um pouco discrepantes dos percentuais encontrados por Luna *et al.* (2010) para um condomínio residencial, localizado no bairro do Jardim Luna em João Pessoa que foram de 69.6% para os resíduos orgânicos e de 18.6% para os recicláveis.

Coleta seletiva

A primeira estratégia adotada para minimização dos resíduos sólidos gerados no edifício foi a coleta seletiva, considerou-se que como a coleta convencional foi desativada e implementada a seletiva com dois baldes, a adesão foi de 100% dos apartamentos. As taxas de geração *per capita* de rejeito calculadas diariamente durante esta etapa e sua respectiva média podem ser observados na Figura 3. A geração média de RSD no edifício por tipo de resíduos, encontra-se na Tabela 1.

Na Figura 3, tem-se uma taxa média de geração de rejeito de 0.346 kg/hab.dia, resultando numa redução de 29% com relação a taxa de geração calculada sem nenhuma intervenção (0.490 kg/hab.dia). Ou seja, com a implantação da coleta seletiva no edifício 29% dos resíduos gerados deixaram de ser enviados ao aterro sanitário. Este percentual está bastante acima do encontrado por Pinto e Mondelli (2017), em um condomínio residencial vertical de grande porte localizado no município de São Caetano do Sul (SP), que foi de apenas 5%.

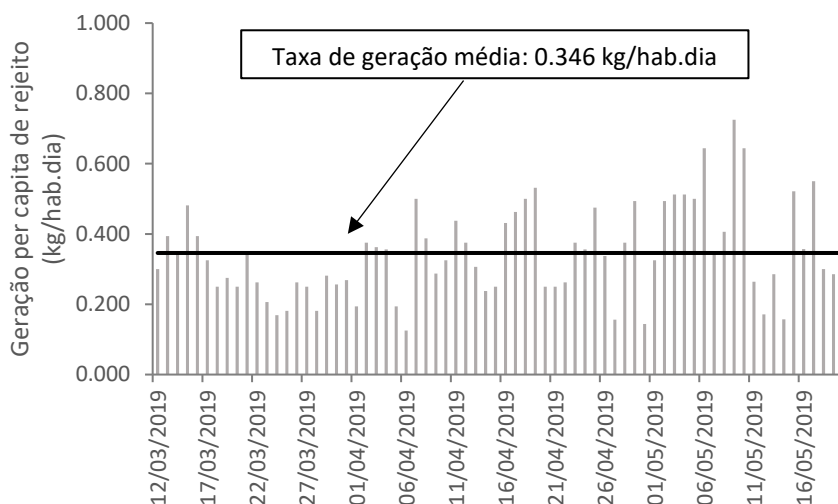


Figura 3. Variação da taxa de geração *per capita* de rejeito e sua média correspondente após implantação da coleta seletiva

Tabela 1. Geração de RSD média do edifício após a coleta seletiva

Rejeito – 84.94%	
quantidade de RSD (kg/dia)	2.720
taxa de geração <i>per capita</i> (kg/hab.dia)	0.346
Recicláveis – 15.06%	
quantidade de RSD (kg/dia)	0.482
taxa de geração <i>per capita</i> (kg/hab.dia)	0.062
Rejeito + Recicláveis – 100%	
quantidade de RSD (kg/dia)	3.202
taxa de geração <i>per capita</i> (kg/hab.dia)	0.408

Em relação a geração total de resíduos (rejeito + recicláveis), observa-se pela Tabela 1, que foi gerado no edifício 0.408 kg/hab.dia, o que resulta numa diminuição de 17% com relação a taxa de geração calculada sem nenhuma intervenção (0.490 kg/hab.dia). Com a coleta seletiva esperava-se uma redução na geração relativa apenas a parcela dos recicláveis, que estava sendo desviada, porém como foi visto houve uma diminuição no total de resíduos gerados. Essa diminuição, portanto, está relacionada a outros fatores e não apenas a adoção da coleta seletiva, como por exemplo, uma maior conscientização das pessoas.

Do total de resíduos gerados nessa etapa, 84.9% representa os rejeitos e 15.1% corresponde aos resíduos recicláveis. Pode-se observar que o percentual de resíduos recicláveis recuperados foi relativamente próximo do percentual de recicláveis presente nos resíduos do edifício que é de 26.6%, de acordo com a composição gravimétrica. Este valor de recicláveis recuperados, é bem mais elevado do que o encontrado por Luna *et al.* (2010), de 7.5% para um condomínio residencial vertical de João Pessoa.

Sensibilização ambiental

A segunda estratégia adotada no edifício para minimização dos resíduos sólidos gerados foi a de sensibilização ambiental. Participaram da palestra educativa, 62% do total de moradores presentes no edifício no dia da palestra. Aos moradores faltosos foi enviado um arquivo com a apresentação. Esse percentual de participantes foi superior ao encontrado por Mazeto e Abreu (2014), onde apenas 7 moradores do total de 126 apartamentos compareceram à reunião de sensibilização sobre a coleta seletiva em um condomínio em Curitiba.

A taxa de geração *per capita* de rejeito calculada diariamente durante esta etapa e a respectiva média podem ser observados na Figura 4. A geração média de RSD por tipo de resíduos, encontra-se na Tabela 2.

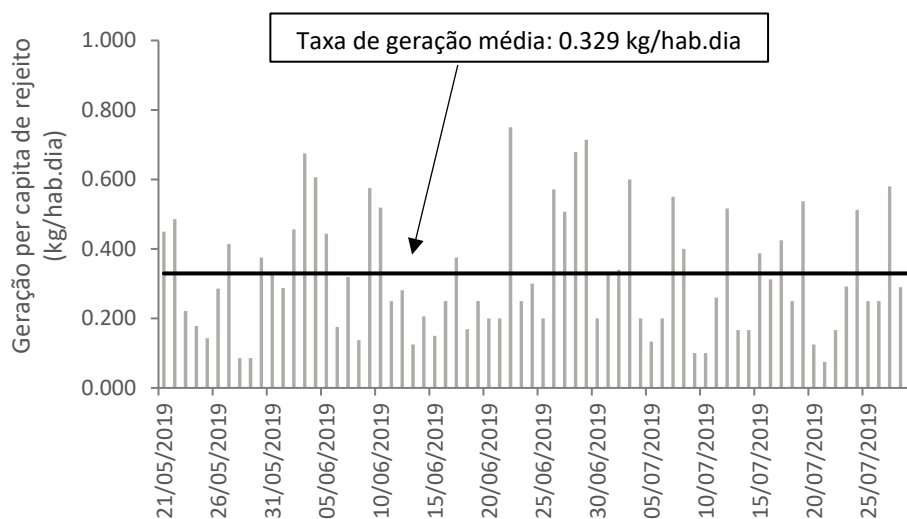


Figura 4. Variação da taxa de geração *per capita* de rejeito e sua média correspondente após a sensibilização ambiental

Na Figura 4, tem-se uma taxa média de geração de rejeito de 0.329kg/hab.dia, resultando numa redução de 32.85% com relação a taxa de geração calculada sem nenhuma intervenção (0.490 kg/hab.dia). Tem-se ainda uma diminuição de 5% em relação a taxa de geração *per capita* após a coleta seletiva (0.346kg/hab.dia). Esse percentual de 5%, está de acordo com o percentual encontrado por Mazeto e Abreu (2012), onde a sensibilização dos moradores em um condomínio que praticava a coleta seletiva reduziu a quantidade de resíduos destinados ao aterro sanitário em 4.8%.

Tabela 2. Geração de RSD média do edifício após a palestra educativa

Rejeito – 86.80%	
quantidade de RSD (kg/dia)	2.071
taxa de geração <i>per capita</i> (kg/hab.dia)	0.329
Recicláveis – 13.20%	
quantidade de RSD (kg/dia)	0.315
taxa de geração <i>per capita</i> (kg/hab.dia)	0.055
Rejeito + Recicláveis - 100%	
quantidade de RSD (kg/dia)	2.386
taxa de geração <i>per capita</i> (kg/hab.dia)	0.385

Em relação a geração total de resíduos (rejeito + recicláveis), observa-se pela Tabela 2, que foi gerado no edifício 0.385 kg/hab.dia, o que resulta numa diminuição de 21% com relação a taxa de geração calculada sem nenhuma intervenção (0.490 kg/hab.dia) e de 6% com relação a taxa de geração após a coleta seletiva (0.408 kg/hab.dia).

Nesta etapa da pesquisa, a porcentagem de recicláveis no total de resíduos foi de aproximadamente 13%. Com a palestra é possível perceber tanto uma diminuição nos rejeitos quanto nos recicláveis, uma vez que a taxa de geração dos recicláveis foi de 0.055 kg/hab.dia, enquanto no período antes da palestra esse valor tinha sido de 0.062 kg/hab.dia. Logo, a abordagem na palestra sobre práticas de redução e reaproveitamento de resíduos, pode ser um dos fatores que contribuíram para a redução na geração de resíduos no edifício.

Compostagem

A última estratégia adotada no edifício para minimização dos resíduos sólidos gerados foi a compostagem doméstica. Apenas um apartamento (correspondendo a 33% da população) concordou em implantar esta estratégia em sua residência. Essa taxa de aceitação é bem inferior a encontrada por Melo e Zanta (2016), onde 78% das residências estudadas aceitaram aderir a compostagem.

A taxa de geração *per capita* de rejeito calculada diariamente durante esta etapa e a respectiva média podem ser observados na Figura 5. A geração média de RSD no edifício por tipo de resíduos, encontra-se na Tabela 3.

Na Figura 5, tem-se uma taxa média de geração de rejeito de 0.327 kg/hab.dia, resultando numa redução de 33.26% com relação a taxa de geração calculada sem nenhuma intervenção (0.490 kg/hab.dia). Ou seja, com a composteira doméstica, 33.26% dos resíduos gerados deixaram de ser enviados ao aterro sanitário. Porém com relação a etapa anterior (0.329 kg/hab.dia) a diminuição da taxa de rejeitos foi de apenas 0.61%. Em estudo realizado por Melo e Zanta (2016) com a composteira doméstica houve uma redução de 40% na quantidade de resíduos enviadas a coleta convencional, valor bastante superior ao encontrado nesta pesquisa (0.61%).

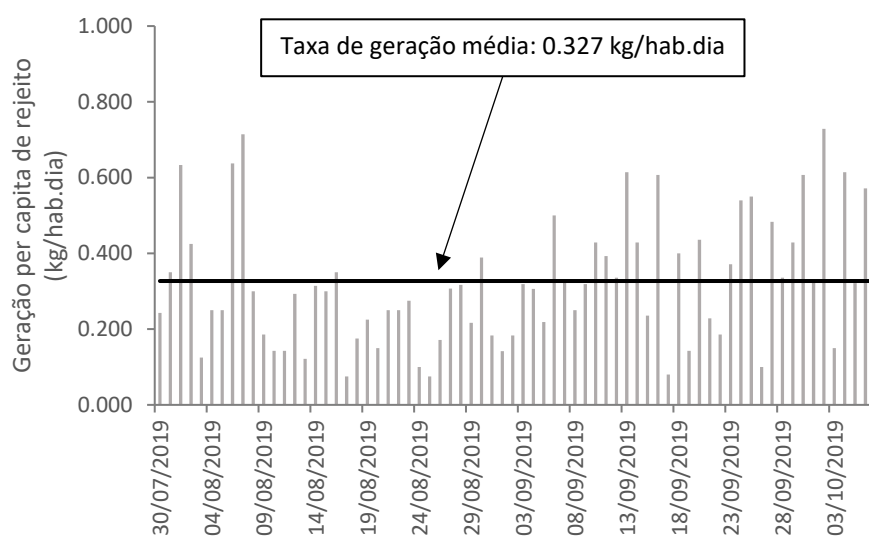


Figura 5. Variação da taxa de geração per capita de rejeito e sua média correspondente após a implantação da compostagem

Em relação a geração total de resíduos (rejeito + recicláveis + compostáveis), observa-se pela Tabela 3, que foi gerado no edifício 0.394 kg/hab.dia, o que resulta numa diminuição de 19.6% com relação a taxa de geração calculada sem nenhuma intervenção (0.490 kg/hab.dia). Porém houve um aumento de 2.33% com relação a taxa de geração total após a sensibilização ambiental (0.385 kg/hab.dia).

Do total de resíduos gerados nessa etapa, 83.24% representa os rejeitos, 10.77% os recicláveis e 5.99% os orgânicos dispostos na composteira. Pode-se observar que houve uma diminuição no percentual de resíduos recicláveis recuperados e que o percentual de orgânicos recuperados ficou muito abaixo do percentual de orgânicos presentes nos RSD gerados no edifício que é de 58.42%, segundo a composição gravimétrica. Essa discrepância se deu, devido apenas um apartamento ter aderido a esta estratégia, o que sugere a necessidade de uma maior conscientização por parte dos moradores.

Tabela 3. Geração de RSD média do edifício após a compostagem doméstica

Rejeito – 83.24%	
quantidade de RSD (kg/dia)	2.154
taxa de geração <i>per capita</i> (kg/hab.dia)	0.327
Recicláveis – 10.77%	
quantidade de RSD (kg/dia)	0.279
taxa de geração <i>per capita</i> (kg/hab.dia)	0.043
Compostáveis – 5.99%	
quantidade de RSD (kg/dia)	0.155
taxa de geração <i>per capita</i> (kg/hab.dia)	0.024
Rejeito + Recicláveis + Compostáveis – 100%	
quantidade de RSD (kg/dia)	2.587
taxa de geração <i>per capita</i> (kg/hab.dia)	0.394

Potencial de recuperação de recicláveis

A Figura 6 mostra o potencial de recuperação de recicláveis durante a adoção de cada uma das estratégias.

A composição gravimétrica dos RSD do edifício mostrou, conforme Figura 2, que 26.59% dos resíduos gerados no edifício são recicláveis. Logo, de acordo com o cálculo do potencial de recuperação de recicláveis durante cada etapa, tem-se que desses 26.59%, mais da metade, 56.63%, estava sendo separada durante a adoção da primeira estratégia (12/03/2019 a 20/05/2019). Porém durante a segunda (21/05/2019 a 29/07/2019) e a terceira estratégia (30/07/2019 a 07/10/2019), esse potencial foi de 49.66% e 40.49%, respectivamente em cada período. Com isso, percebe-se que esse percentual foi caindo com o tempo, sugerindo uma adoção constante de sensibilização ambiental.

Porém durante todos os períodos, esse potencial se encontrou bem acima do potencial de recuperação encontrado por Pinto e Mondelli (2017), onde o potencial real de recuperação com a coleta seletiva foi de 13.7%.

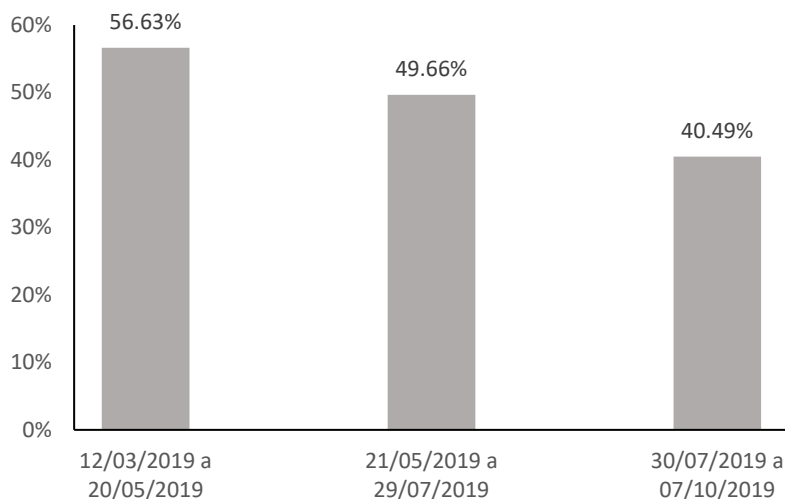


Figura 6. Potencial de recuperação de recicláveis médio durante cada estratégia adotada

Análise de variância para os fluxos de resíduos provenientes do edifício a serem dispostos em aterro sanitário

A análise de variância segundo o método gráfico GT-2 com nível de significância de 5% para os fluxos de resíduos provenientes do edifício a serem dispostos em aterro sanitário, após a adoção de cada uma das estratégias de minimização, pode ser observada na Figura 7. E os valores mínimo, médio e máximo encontrados com a análise de variância encontram-se na Tabela 4.

Através da Figura 7 é possível observar que com a implantação da coleta seletiva, da sensibilização ambiental e da compostagem houve uma redução significativa na taxa de geração *per capita* de RSD que são efetivamente destinados ao aterro sanitário no edifício. Porém, entre cada estratégia não há uma diferença significativa entre as médias. Pode-se observar também, que a maior redução ocorreu após a compostagem.

Esta redução da geração *per capita* de rejeitos no edifício, em termos de valor médio (de 0.490 kg/hab.dia para 0.327 kg/hab.dia), representa uma diminuição expressiva na quantidade de resíduos que seriam dispostos em aterros sanitários na cidade de João Pessoa. E portanto, prolongando bastante a vida útil do mesmo.

No entanto, este cenário positivo, não pode ser considerado como resultado definitivo e inalterável. Ainda se faz necessário manter o trabalho de educação ambiental, de forma que os moradores do edifício se mantenham sensíveis à questão ambiental, e permaneçam atuando como entes ativos na busca de um ambiente sustentável e saudável para todos.

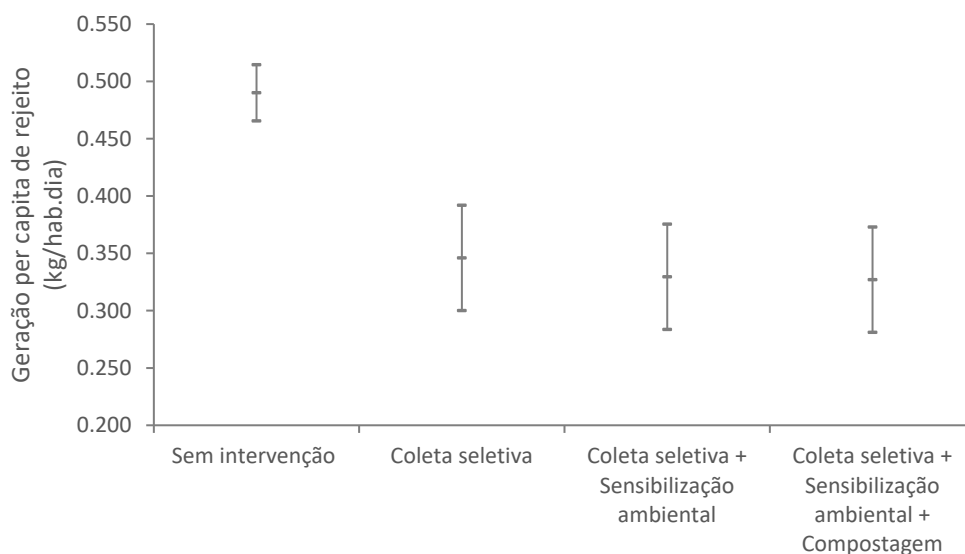


Figura 7. Análise de variância para os fluxos de resíduos provenientes do edifício a serem dispostos em aterro sanitário, após a adoção de cada uma das estratégias de minimização

Tabela 4. Valores mínimo, médio e máximo de cada etapa encontrados com a análise de variância para a geração *per capita* de resíduos do edifício a serem dispostos em aterro sanitário

	Sem intervenção	Coleta seletiva	Coleta seletiva + Sensibilização ambiental	Coleta seletiva + Sensibilização ambiental + Compostagem
Máximo (kg/hab.dia)	0.515	0.392	0.375	0.373
Médias (kg/hab.dia)	0.490	0.346	0.329	0.327
Mínimo (kg/hab.dia)	0.465	0.300	0.284	0.281

Conclusões

A taxa de geração *per capita* média de RSD no edifício sem a adoção de nenhuma estratégia de minimização foi de 0.490 kg/hab.dia, sendo constituídos por matéria orgânica (58.4%) itens recicláveis (26.6%) e rejeitos (15.0%). Esta composição demonstra o grande potencial para diminuição da quantidade de RSD a ser destinada a aterros sanitários, através das práticas da coleta seletiva atrelada a reciclagem, bem como da compostagem domiciliar.

Com a adoção das estratégias de minimização da geração de resíduos, 33.4% dos RSD gerados no edifício deixaram de ser enviados ao aterro sanitário da cidade. De acordo com a análise de variância, essa diminuição foi significativa, ao nível de 5%, após a adoção do conjunto de estratégias, com a taxa de geração *per capita* passando de 0,490 kg/hab.dia para 0,327 kg/hab.dia.

A redução de apenas 33.6% na massa de RSD destinados a aterro sanitário, quando comparada com o potencial encontrado neste edifício, de 85% (soma de 58.4% da matéria orgânica, com 26.6%, dos itens recicláveis) sugere que a etapa de sensibilização dos moradores deve ser mais intensa e permanente.

Agradecimentos

Este artigo é parte de dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental/PPGECAM da Universidade Federal da Paraíba, com apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior/CAPES – Ministério da Educação.

Referências bibliográficas

- Athayde Junior, G. B., Onofre, F. L., Beserra, L. B. S. (2014) Tax calculation proposal for waste collection based on the amount of residential solid waste. *Acta Scientiarum, Technology*, **36**, 15-21.
- Brasil (2010) *Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010*. Diário Oficial da União de 03/08/2010, Brasília-DF.
- Dangi, M. B., Pretz, C. R., Urynowicz, M. A., Gerow, K. G., Reddy, J. M. (2011) Municipal solid waste generation in Kathmandu, Nepal. *Journal of Environmental Management*, **92**(1), 240-249.
- Luna, Y. H. D. M., Athayde Júnior, G. B., Batista, M. M., Oliveira, M. M. (2010) Avaliação da eficiência da coleta seletiva em condomínio vertical de João Pessoa. III Simpósio Iberoamericano de Ingeniería de Residuo, João Pessoa, Paraíba.
- Mazeto, C. C., Abreu, E. P. (2014) *Implantação de coleta seletiva em um condomínio residencial em Curitiba*. Trabalho de Conclusão de Curso, Tecnólogo em Processos Ambientais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 53 pp.
- Medeiros, J. E. S. F., Paz, A. R., Morais Júnior, J. A. (2015) Analysis of the evolution and future estimates of collected domestic solid waste in João Pessoa and its relation with other consumption indicator. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, **20**(1), 119-130.
- Melo, S. L., Zanta, V. M. (2016) Análise do uso de compostagem doméstica em conjuntos habitacionais de interesse social na cidade de São Domingos – Bahia. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)*, **4**(2), 169-180.
- Oliveira, M. M. (2016) *Modelos para estimativa da geração de resíduos sólidos urbanos em municípios brasileiros*. Dissertação, Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 131 pp.
- Pinto, R. A. F. R., Mondelli, G. (2017) Potencial de recuperação de recicláveis em um condomínio residencial de grande porte de São Caetano do Sul. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, **22**(4), 647-656.



- PMJP, Prefeitura Municipal de João Pessoa (2014) *Plano Municipal de Resíduos Sólidos, PMGIRS*. Acesso em 01 de novembro de 2018, disponível em: <http://www.joaopessoa.pb.gov.br/secretarias/emlur/plano-municipal-de-residuos-solidos/>
- Seixas, M. G., Beserra, L. B. S., Fagundes, G. S., Athayde Júnior, G. B. (2006) Composição gravimétrica e valor econômico de resíduos sólidos exclusivamente domiciliares de bairros de classe média alta em João Pessoa. *VIII Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, Fortaleza, Ceará.
- Silva, A. C. (2014) *Análise da gestão de resíduos sólidos urbanos em capitais do nordeste brasileiro: o caso de Aracaju-SE e João Pessoa-PB*. Dissertação, Mestrado em Engenharia Urbana, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 156 pp.
- Sokal, R. R., Rohlf, F. J. (2012) *Biometry - The Principles and Practice of Statistics in Biological Research*, New York: W. H. Freeman and Company, 4 ed.