

REVISTA AIDIS

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

COLETA SELETIVA SOLIDÁRIA: UMA PROPOSTA PARA O CENTRO NACIONAL DE PRIMATAS DO BRASIL

* Marcello Ádamis Andrade ¹
Risete Maria Queiroz Leão Braga ¹
Potira Fernandes Silva ²
Ana Karolyna Ferreira Pereira ²
Juliana Belmiro Gonçalves ¹

SOLIDARY SELECTIVE COLLECTION: A PROPOSAL FOR THE NATIONAL PRIMATE CENTER OF BRAZIL

Recibido el 26 de enero de 2021. Aceptado el 27 de mayo de 2021

Abstract

In recent years, federal regulations have been established in Brazil with respect to the issue of solid waste and recycling, including Federal Decree nº. 5940/06, which instituted the need for the separation of recyclable materials discarded by federal public administration bodies and entities. The objective of the study was to characterize the solid waste generated at the National Primate Center (CENP) for the purposes of technical planning for the implementation of a Solidary Selective Collection (CSS). The study methodology consisted of collecting data on the physical characterization of the waste generated at CENP and identifying possible recycling materials. Based on the results, a mathematical modeling was proposed to quantify Voluntary Delivery Locations (LEV) of recyclable materials in the area covered by this institution. Economic viability was also identified, using the V.E.R.D.E.S software, for the implementation of CSS and the marketing of these materials by an association or cooperative of collectors. It was found that it is possible to implement CSS at CENP. The economic feasibility analysis allowed to identify that the commercialization of the materials can be representative when incorporated to other materials collected in organs located in the region covered by CENP.

Keywords: Software V.E.R.D.E.S, recycling, solid waste.

¹ Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Brasil.

² Centro Nacional de Primatas, Brasil.

* *Autor correspondente:* Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará. Rua Deodoro de Mendonça, 233 - São Brás, Belém, Pará. 66090-150, Brasil. Email: marcello.andrade@itec.ufpa.br

Resumo

Nos últimos anos leis federais, decretos e normas foram estabelecidas no Brasil com relação à questão de resíduos sólidos e a reciclagem, dentre eles o Decreto Federal nº 5940/06 que instituiu a necessidade da separação dos materiais recicláveis descartados pelos órgãos e entidades da administração pública federal. Nesse contexto, o objetivo do estudo foi caracterizar os resíduos sólidos gerados no Centro Nacional de Primatas (CENP) para fins de planejamento técnico da implantação de uma Coleta Seletiva Solidária (CSS). A metodologia proposta para o trabalho foi o levantamento quali-quantitativo dos resíduos gerados no CENP para identificar os materiais possíveis de reciclagem. Foi empregada uma modelagem matemática para quantificar e identificar Locais de Entrega Voluntária (LEV) dos materiais recicláveis na área de abrangência dessa instituição. Também foi verificada a viabilidade econômica, empregando-se o software V.E.R.D.E.S, da implantação da CSS e a comercialização desses materiais por uma associação ou cooperativa de catadores. Constatou-se que é possível a implantação da CSS no CENP. A análise de viabilidade econômica permitiu identificar que a comercialização dos materiais pode ser representativa quando incorporada a outros materiais coletados em órgãos situados na região de abrangência do CENP.

Palavras chave: Software V.E.R.D.E.S, reciclagem, resíduos sólidos.

Introdução

Nas últimas décadas a preocupação mundial acerca dos resíduos sólidos tem aumentado devido à constante expansão populacional nos grandes centros urbanos, que entrelaçada ao crescimento da produção industrial vem proporcionando uma intensa geração desses materiais. Os dados do Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil de 2018 da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) revelam que no Brasil foram gerados 79 milhões de toneladas de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) neste ano. No entanto, o montante coletado foi de 72.7 milhões de toneladas, registrando um índice de cobertura de coleta de 92.01%, o que evidencia que 5.8 milhões de toneladas de resíduos não foram objeto de coleta e, conseqüentemente, tiveram destino inadequado (ABRELPE, 2019).

Nesse sentido, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei Federal 12305/2010, constituiu o marco para a gestão integrada e sustentável de resíduos sólidos no país, e apresenta princípios, objetivos e instrumentos, bem como diretrizes para o gerenciamento desses resíduos, e lança desafios e perspectivas para a implantação e aprimoramento dos processos que visem o estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços, como a reciclagem e a coleta seletiva (Brasil, 2010).

A coleta seletiva de resíduos (definida como a segregação prévia, conforme a sua constituição ou composição, de resíduos passíveis de reciclagem) e a reciclagem contribuem para a sustentabilidade urbana com reflexos na saúde ambiental e humana. Portanto, a universalização e a eficiência do serviço dessa coleta são fundamentais para a redução da extração de recursos necessários na obtenção de novos materiais, além de cumprir a meta de haver disposição final apenas de rejeitos em aterros sanitários (Besen et.al, 2014; Rada; Zatelli; Mattolin, 2014).

Para começar a etapa de planejamento de um programa de coleta seletiva devem-se levantar as informações do diagnóstico da área objeto de estudo, a partir de então será possível escolher o melhor método de coleta. Os modelos de coleta seletiva mais aplicados no Brasil são a coleta porta-a-porta, a coleta em Locais de Entrega Voluntária (LEV) e a coleta por trabalhadores autônomos (Miranda; Matos, 2018).

Bernardo e Lima (2017) apontam que o planejamento para a implantação de uma coleta seletiva envolve algumas considerações que devem ser verificadas, como a frequência, o ponto de coleta, o horário e a forma da coleta, para que causem menos transtornos possíveis para a população e seja sanitária e economicamente adequada. Já Toso e Alem (2014) alertam sobre fatores técnicos, econômicos, ambientais e jurídicos relacionados ao lugar onde a coleta será implantada.

No Brasil, 4070 municípios apresentaram alguma iniciativa de coleta seletiva em 2018, o que corresponde a 73.1% dos 5570 municípios existentes no país. Em muitos deles, porém, essas atividades são incipientes e não abrange todos os bairros. No Norte, esse percentual é ainda menor, apenas 63.6% dos municípios possuem alguma iniciativa nesse sentido (ABRELPE, 2019).

Além da PNRS, o Decreto Federal nº 5940/06, destaca a necessidade da separação dos resíduos recicláveis descartados pelos órgãos e entidades da administração pública federal direta e indireta, na fonte geradora, devendo implantar uma Coleta Seletiva Solidária (CSS), haja vista que os materiais segregados e separados na fonte geradora serão destinados às associações e cooperativas dos catadores de materiais recicláveis, contribuindo assim com a qualidade ambiental e com a melhoria de renda para os trabalhadores dessa associação e cooperativas (Freitas et al, 2020). O decreto possui o intuito de fortalecer a Coleta Seletiva, gerando renda para associações e cooperativas de catadores, sem fins lucrativos para quem o gera, sendo essa a origem do termo “solidária” (Brasil, 2006).

O Centro Nacional de Primatas (CENP), órgão vinculado à Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS) do Ministério da Saúde (MS) e subordinado técnica e administrativamente ao Instituto Evandro Chagas (IEC) no estado do Pará, tem procurado se adequar as legislações vigentes, principalmente ao Decreto Federal nº 5940/06, quanto ao correto gerenciamento dos resíduos gerados em atividades administrativas e atuação nas áreas de conservação, reprodução e pesquisa com primatas não humanos.

Portanto, o estudo teve como objetivo realizar um diagnóstico, a partir da caracterização física (análise gravimétrica, geração per capita e massa específica) dos resíduos sólidos gerados no CENP, a fim de identificar a qualidade, quantidade e volume dos materiais passíveis de reciclagem, tendo o compromisso do órgão de encaminhá-los as associações e cooperativas de catadores de materiais recicláveis, para fins de comercialização no mercado paraense de recicláveis e, por conseguinte, auferir renda a essa classe de trabalhadores. Além de promover a consciência

ambiental e social a todos os funcionários envolvidos e diminuir o volume de resíduos que seriam destinados ao aterro sanitário, o que promove o aumento de vida útil do mesmo. Assim, justifica-se a importância do trabalho, quanto à proposta de implantação de uma CSS no CENP.

Metodologia

A primeira etapa da metodologia consistiu em uma revisão sistemática de literatura para a coleta de dados secundários a partir de fontes como Scielo, Web Of Science e Periódicos Capes, quanto à questão do gerenciamento adequado dos resíduos sólidos e a coleta seletiva.

A segunda etapa tratou do levantamento de dados primários no local de estudo, através de uma visita in loco ao CENP, para entender a configuração atual da geração, acondicionamento, armazenamento e a dinâmica da coleta dos resíduos, a fim de indicar a possível instalação de LEV. Também foram obtidos dados, junto a Associação de Catadores da Coleta Seletiva de Belém (ACCSB), dos tipos de resíduos mais comercializados na Região Metropolitana de Belém.

O Centro Nacional de Primatas

O CENP está localizado no município de Ananindeua, Região Metropolitana de Belém do Pará (Figura 1).

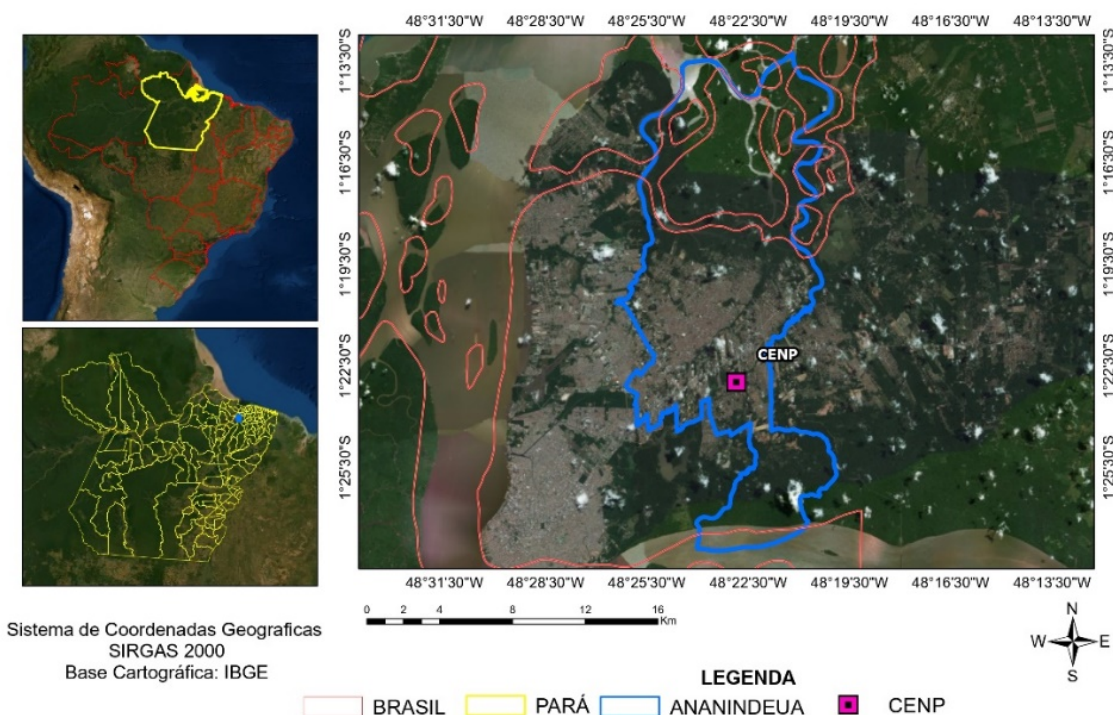


Figura1. Localização do CENP.

O órgão foi criado com o objetivo principal de planejar e executar a política de desenvolvimento de pesquisas científicas voltadas para as populações de primatas não humanos no Brasil. É considerado um dos maiores Centros de Primatologia da América Latina em diversidade de espécies, possuindo um plantel com 25 espécies, totalizando 615 primatas não humanos. A estrutura organizacional do CENP é composta por duas grandes áreas, a administrativa e a técnica. A área administrativa gerencia os processos relacionados ao regimento do órgão e a área técnica ocupa-se com o manejo e pesquisas relacionadas aos primatas. Estão lotados nas duas áreas 204 funcionários, divididos em servidores, vigilantes, terceirizados e estagiários (CENP, 2017).

Caracterização física dos resíduos

Na caracterização física dos resíduos sólidos gerados no CENP, os resíduos foram separados de acordo com a sua procedência, funcionários ou primatas, haja vista que grande parte da parcela orgânica (ração, frutas, etc.) é proveniente da alimentação dos primatas. A análise gravimétrica foi obtida de acordo com o Manual Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos, elaborado pelo Instituto Brasileiro de Administração Municipal (IBAM, 2001), que a define como sendo a obtenção do percentual de cada tipo de resíduo segregado em relação ao peso total da amostra analisada.

Para conseguir resultados o mais próximo possível da realidade do CENP foram realizadas análises gravimétricas dos resíduos gerados em dois grupos, no ano de 2018: o primeiro grupo (GRAV 1) das análises ocorreu nos dias 19, 20, 21, 25, 26 e com os resíduos acumulados do final de semana do mês de junho. O segundo grupo (GRAV 2) de análises ocorreu nos dias 6, 7, 8, 9 e 10 e com os resíduos acumulados do final de semana do mês de agosto. O mês de julho foi descartado da análise por se tratar de um período com maior frequência de marcação de férias de funcionários no órgão, o que poderia provocar equívocos nos resultados.

Todos os resíduos gerados e coletados nas áreas técnica (TÉC), administrativa (ADM) e do final de semana (FDS) foram colocados em sacos plásticos e identificados (Figura 2), sendo seguir alocados em um galpão até a execução das análises gravimétricas. A identificação em todos os sacos do local de proveniência dos resíduos foi necessária para que não houvesse misturas com os resíduos da semana, uma vez que não houve permissão do órgão para realizá-la nos FDS.

No dia da execução da análise gravimétrica os sacos eram abertos e os materiais segregados de acordo as classificações pré-estabelecidas: papel/papelão, vidro, plástico, metal, orgânicos e rejeitos (Figura 3), sendo em seguida pesados com o auxílio de uma balança mecânica. A partir das massas obtidas determinou-se o percentual de cada fração em relação a massa total.



Figura 2. Resíduos coletados por área: (a) administrativa (ADM); (b) técnica (TEC); (c) final de semana (FDS).



Figura 3. Recipientes revestidos com sacos plásticos utilizados em cada análise gravimétrica.

Planejamento da coleta seletiva solidária no cenp

Como sugestão técnica para implantar uma CSS no CENP foi necessário definir algumas características, como: a modalidade de coleta seletiva a ser empregada, que nesse estudo foi o uso de LEV e onde serão dispostos; a quantidade de recipientes necessários em cada LEV; a abrangência da coleta e frequência, ou seja, quem deverá coletar esses materiais e onde serão armazenados.

A proposta da quantificação dos LEV foi baseada no estudo de Peixoto (2006), com algumas adaptações, que desenvolveu um procedimento para a coleta seletiva de resíduos domiciliares e comerciais em áreas urbanas, a partir das características da cidade e da sua produção de resíduos. Nesse estudo as adaptações se referem à capacidade volumétrica, pois trata-se de um volume menor de resíduos e não haverá o recebimento de materiais volumosos e entulhos. Entende-se

que no CENP os materiais possíveis de reciclar são papel, papelão, vidro, garrafas PET, latas e embalagens em geral e que serão dispostos em LEV. Assim, para o cálculo do número de LEV foi empregada a Equação 1.

$$NLEV = \frac{QrT}{Cc * F} \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

NLEV : número de LEV a serem instalados;

QrT : quantidade total de recicláveis gerada semanalmente, em quilogramas;

Cc : capacidade de carga do coletor, em quilogramas;

F : frequência de coleta, por semana.

Com relação à capacidade dos coletores e frequência de coleta foram simulados dois cenários, levando em conta a possibilidade da variação do volume dos coletores (50 litros e 100 litros) e a frequência de coleta (1 e 2 vezes por semana), a fim de se obter a quantidade de LEV necessários para atender a demanda da geração de materiais recicláveis.

Para a determinação dos possíveis pontos de alocação dos LEV foi utilizado o método proposto por Calache e Camargo (2016) que abordaram uma estratégia de recolhimento de material reciclável, com foco no problema de localização de contentores em LEV no bairro de Abadia, o mais populoso da cidade de Uberaba/MG. O estudo foi baseado em um modelo matemático para auxiliar na decisão de localização dos LEV, buscando um atendimento satisfatório para que a população esteja disposta a aderir a um programa de coleta seletiva.

O modelo analisa a alocação de LEV através de uma programação linear inteira e foi conduzido para minimização da distância total percorrida por toda a população a ser atendida. O modelo consiste em um indicador de desempenho (S_i), que é a soma das distâncias dos pontos atendidos pelo LEV localizado no ponto i , e leva em consideração os parâmetros como o número de LEV a ser instalados e a distância entre o eixo o e o ponto i e o ponto j . Para tanto foi utilizado o software MATLAB. A função objetivo é dada pela Equação 2.

$$\text{minimizar } \sum_{i=1}^b S_i \quad \text{Equação (2)}$$

Nem todas as restrições usadas no método de Calache e Camargo (2016) foram empregadas neste estudo, como: a soma das distâncias entre cada LEV instalado e os pontos atendidos, a somatória do número de LEV ser igual ao número de LEV disponíveis, cada ponto a ser atendido por um único LEV e distância máxima limitada para o atendimento dos usuários. O único parâmetro empregado foi à aproximação dos LEV da população atendida, pois são pontos de maior aglomeração de pessoas. Assim, o modelo foi adaptado para melhor se adequar a realidade do estudo em questão.

Viabilidade econômica da reciclagem dos materiais gerados no CENP

A perspectiva de aferir a possibilidade de renda aos catadores a partir dos materiais recicláveis encaminhados pelo CENP, assim como os ganhos ambientais do processo de reciclagem, foi identificada a partir da metodologia desenvolvida por Magera, Roble e Fiocco (2017) de estudo de viabilidade econômica da reciclagem de resíduos sólidos empregando-se o Software V.E.R.D.E.S. - Versão 1.5. O software visa proporcionar ao usuário uma análise da viabilidade advinda da reciclagem de RSU, baseado na recuperação dos resíduos inorgânicos tais como: latas de alumínio e aço, papéis e papelões, plásticos e vidros que representam aproximadamente 95% dos valores mercadológicos dos resíduos.

O programa funciona com uma aproximação do valor real da viabilidade econômica da reciclagem. A margem de acerto é superior a 80%, enquanto a margem de erro é de 3% para mais ou para menos. Entretanto, quanto maior a precisão dos dados, menor a margem de erro. Seu uso é simples e o resultado é confiável. O software V.E.R.D.E.S pode ser utilizado desde a orientação para a geração de renda para as famílias carentes até para mostrar aos empreendedores os resultados da viabilidade comercial da reciclagem (Silva, 2016).

Na alimentação do programa os dados de entrada são de extrema importância, sendo sua exatidão essencial para alcançar o resultado esperado, sendo eles: a população do local de estudo (habitantes); a geração per capita de resíduos (kg/dia); o salário mínimo vigente no país (R\$); cotação do dólar; custo do processo de reciclagem (R\$/tonelada) e custo evitado com a coleta (R\$/tonelada); os preços de mercado, em tonelada, dos cinco produtos utilizados, o percentual de geração de cada resíduo no local, o percentual de reciclagem desses materiais além do consumo per capita de água e óleo de cozinha. Havendo a falta de alguns dos dados utiliza-se as informações disponibilizadas pelo próprio software.

Resultados

Caracterização física dos resíduos

Os resultados da caracterização dos resíduos sólidos permitiram identificar seis classes de resíduos gerados no CENP: papel/papelão, vidro, plástico, metal, orgânicos e rejeitos; como previamente selecionadas. A parcela considerada "rejeitos" foi atribuída aos resíduos que não existia a possibilidade de reciclagem como, uniformes inutilizados, sapatos, papéis provenientes do banheiro, embalagens Tetra Pak, sacos de ração e outros materiais misturados com restos de alimentos, que não apresenta potencial para reutilização e comercialização no mercado paraense de materiais recicláveis.

Dentre esses materiais, os sacos de rações de alimentação dos primatas foram os que apresentaram um valor considerável em termos de volume em relação aos demais rejeitos. A dificuldade da reciclagem desse material está na composição da embalagem por apresentar um material misto (superfície externa em plástico e parte interior metalizado, similar às embalagens Tetra Pak) e não ser comercializado em Belém.

Estados no Brasil, como São Paulo, que possuem instalação de fábricas da Tetra Pak, já apresentam programas de educação ambiental (ações compartilhadas entre população, catadores de materiais recicláveis e governantes) e realizam a reciclagem desse produto (Maradini; Silva; Botezell, 2018).

O resultado da gravimetria (Tabela 1) permitiu identificar uma variação de valores médios para a massa e volume de resíduos gerados com as seis análises gravimétricas denominada GRAV 1, totalizando um valor médio, em massa, de 355.30 kg. Para a GRAV 2, com seis análises gravimétricas, também, o valor total médio em massa foi de 244.65 kg. Ou seja, houve uma maior geração de resíduos para o mês de junho, GRAV 1, demonstrando que é necessário realizar gravimetrias em períodos distintos para que haja uma maior representatividade dos materiais recicláveis no encaminhamento as associações e cooperativas de catadores, em caso de implantação de uma CSS no órgão.

Tabela 1. Valores médios em massa, volume, percentual e estimativas média mensal e anual de resíduos gerados no CENP.

Material	GERAÇÃO DE RESÍDUOS POR MASSA						
	GRAV 1 (kg)	GRAV2 (kg)	Média (kg)	Desvio médio	Porcentagem (%)	Estimativa média mensal (kg)	Estimativa média anual (kg)
Papel/papelão	14.9	9.2	12.05	4.03	4%	48.2	578.4
Plástico	19.9	16.2	18.05	2.62	6%	72.2	866.4
Metal	3.3	2.95	3.125	0.25	1%	12.5	150
Orgânicos	222.4	120.1	171.25	72.34	57%	685	8220
Rejeitos	94.8	96.2	95.5	0.99	32%	382	4584
TOTAL	355.30	244.65	299.98	78.24	100%	1199.9	14398.8
Material	GERAÇÃO DE RESÍDUOS POR VOLUME						
	GRAV 1 (litros)	GRAV 2 (litros)	Média (litros)	Desvio médio	Porcentagem (%)	Estimativa média mensal (litros)	Estimativa média anual (litros)
Papel/papelão	336.96	292.06	314.51	31.75	9%	1258.04	15096.48
Plástico	936.18	724.8	830.49	149.47	24%	3321.96	39863.52
Metal	25.05	49.19	37.12	17.07	1%	148.48	1781.76
Orgânicos	668.01	267.80	467.91	282.99	14%	1871.62	22459.44
Rejeitos	1.700.34	1816.10	1758.22	81.85	52%	7032.88	84394.56
TOTAL	3666.54	3149.95	3408.25	365.28	100%	13633.00	163595.8

Fonte: Autores (2019)

Não houve aferição da parcela “vidro”, pois esse tipo de resíduo é proveniente da medicação ministrada aos primatas, ou seja, trata-se de resíduos de serviço de saúde, e que são encaminhados a uma empresa contratada pelo CENP para receber descarte adequado e não poderão ser comercializados pelos catadores.

Nota-se, que a parcela “rejeitos” apresentou um valor considerável, em termos de massa e volume, em relação às demais parcelas, sendo possível constatar que os sacos de ração foram os maiores responsáveis por esse resultado em termos de volume, pois em média são gerados 12 sacos por semana.

A parcela de metal apresentou um aumento perceptível de uma gravimetria para a outra em termos de volume. Constatou-se, que no período de realização da gravimetria houve uma atividade social no órgão, resultando na geração de latas de refrigerante. Também foi possível constatar resto de metal utilizado na confecção de gaiolas dos primatas.

No que se refere ao percentual de cada material nas duas gravimetrias (Figura 4) percebe-se que não houve variação nas frações de papel/papelão e metal, e sim um leve aumento na fração de plásticos na GRAV 2. No entanto, as frações de orgânicos e rejeitos, ambas influenciadas pela alimentação dos primatas, apresentaram uma grande diferença, com um aumento significativo dos rejeitos em detrimento aos materiais orgânicos.

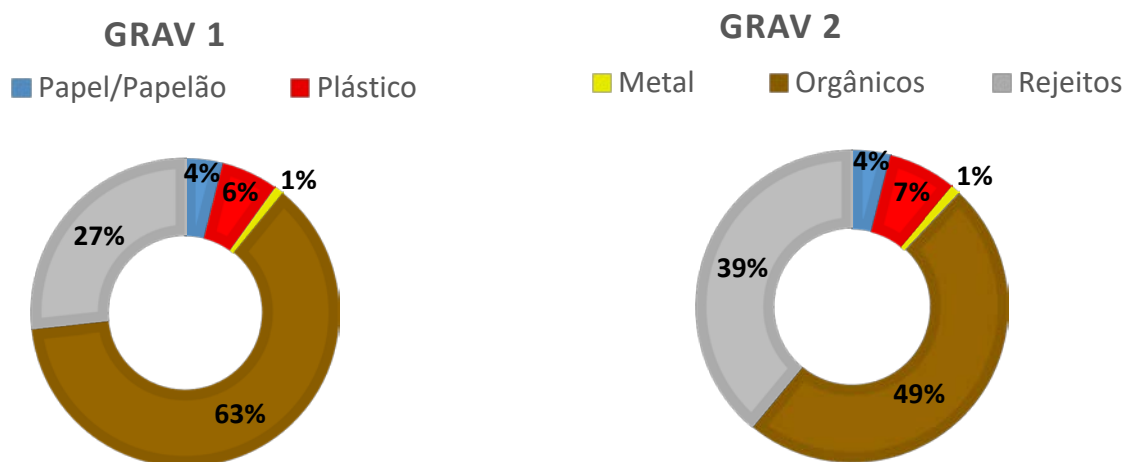


Figura 4. Composição gravimétrica no CENP: A) GRAV 1; B) GRAV 2.

O percentual de frações recicláveis para a GRAV 1 foi de 11% enquanto na GRAV 2 foi de 12%, que são percentuais pequenos em relação aos percentuais de resíduos orgânicos (63% e 49%) e rejeitos (27% e 39%), respectivamente para as GRAV 1 e GRAV 2.

Resultado similar foi encontrado por Oduardo (2017) no Parque Zoológico Nacional de Cuba, local de estudo que se assemelha ao CENP, devido as suas características institucionais análogas, ou seja, com a presença de animais, onde os resíduos sólidos orgânicos corresponderam a 93%, os perigosos a 6%, e os recicláveis apenas 1%.

Quando se refere à análise gravimétrica para RSU de municípios, o percentual de materiais recicláveis geralmente é maior. Feitosa et al (2018) apresentaram uma revisão sistemática de literatura sobre análise gravimétrica na gestão dos RSU, nos últimos 10 anos, no período de 2006 a 2015, de artigos sobre temas pertinentes à análise gravimétrica e gestão de RSU nas bases SciELO e Portal de Periódicos da CAPES contemplando o Brasil, México, Colômbia, Portugal, Argentina, Chile, Bolívia, Venezuela, Cuba, Costa Rica e Espanha. Os artigos mostraram que a parcela dos resíduos orgânicos apresentou uma variação percentual média de 48%; enquanto o potencial de materiais passíveis de reciclagem oscilou entre 8.87% e 76%.

Já no caso de análises gravimétricas realizadas em Instituições de Ensino Superior (IES), como em Universidades da Califórnia, Norte da Columbia e da Arábia Saudita foi verificado que a parcela de papel, dentre outras frações, foi a mais significativa entre os materiais recicláveis (SMYTH et al., 2010; SALEEM et al., 2019). No Brasil também se observa percentuais maiores para a parcela papel, em relação às demais frações recicláveis, de gravimetrias realizadas em IES brasileiras (CIRNE et al., 2015; GRANDO et al., 2016).

Portanto, dependendo das atividades realizadas em cada local de estudo (órgãos federais, municípios, IES ou qualquer outra fonte geradora de resíduos) têm-se percentuais de frações recicláveis diferenciadas em análises gravimétricas. Além disso, fatores como quantidade de geradores, educação ambiental, socioeconômicos, condições climáticas, padrões de vida, cultura e hábitos, também podem influenciar nessas frações obtidas.

Quanto à estimativa da geração per capita, foram observados dois cenários, com e sem o número de primatas (Tabela 2). No momento do estudo, para o cenário considerado os primatas, identificou-se um total de 811 habitantes (615 primatas e 196 funcionários).

Com relação à massa específica constatou-se que a GRAV1 apresentou valor maior de massa específica que a GRAV2, 0.097 Kg/L e 0.078 Kg/L, respectivamente. Observa-se que estes valores são menores aos obtidos quando se trata de peso específico de RSU. Mota (1997) aponta que geralmente o peso específico de RSU varia em média de 0.2 a 0.30kg/L, pois existe uma maior

quantidade em massa gerada em relação ao volume ocupado, contrário ao observado no CENP onde verifica-se um maior volume em relação a massa de resíduos gerados (Tabela 1), com grande contribuição da parcela “rejeitos”. Para o estudo, foram considerados os valores médios apenas para a gravimetria e geração per capita, pois, a determinação média de massa específica de dois valores não seria representativa.

Tabela 2. Per capita dos resíduos gerados no CENP.

ESTIMATIVA DA GERAÇÃO PER CAPITA	
GRAV1 (kg/hab.dia)	GRAV2 (kg/hab.dia)
Sem os primatas	
0.227	0.178
Com os primatas	
0.054	0.043

Fonte: Autores (2020)

Coletores, frequência e localização dos lev

A partir da Equação 1 e cenários estabelecidos quanto a capacidade volumétrica e frequência de coleta foi possível identificar, como era de se esperar, que a quantidade de recipientes, praticamente dobrou quando se reduziu a frequência de coleta (Tabela 3). Como a capacidade dos recipientes é obtida em litros, houve a necessidade, a partir da massa específica, de converter os valores em quilos para utilização da equação.

Tabela 3. Número de LEV em função da capacidade e frequência de coleta.

NÚMERO DE LEV A SEREM INSTALADOS					
V (litros)	X (kg/L)	Cc(kg)	QrT (kg)	F	NLEV
50	0.087	4.36	33.23	1	8
				2	4
100	0.087	8.73	33.23	1	4
				2	2

V: volume; X: massa específica; Cc: capacidade de carga do coletor, em quilogramas; QrT: quantidade total de recicláveis gerada semanalmente, em quilogramas; F: frequência de coleta, em vezes por semana; NLEV: número de LEV a serem instalados.

Dentre os quatro resultados possíveis, destacam-se os que apresentaram quatro NLEV. A primeira possibilidade seria um coletor com capacidade de 50 litros e frequência de duas coletas por semana. A segunda opção seria um coletor de 100 litros de capacidade, porém com uma frequência de apenas

uma coleta por semana. Entretanto, quanto menor a frequência de coleta maior é a possibilidade de proliferação de vetores e problemas de ordem sanitária. Portanto, é necessário que os resíduos recebam um bom acondicionamento e transporte adequado até o local de armazenamento temporário, cabendo ao órgão e a cooperativa ponderar sobre o assunto.

Quanto ao número de coletores sugere-se que em cada LEV seja disposto apenas um recipiente para receber os materiais recicláveis, sem discriminação por cada categoria de material. Essa proposta está baseada em iniciativas anteriores, realizada pelo CENP, quanto a entrega de materiais previamente segregados por categorias aos catadores, que acabam realizando nova triagem em função da melhor oferta de valor no mercado de recicláveis. Como afirmam Juliatto, Calvo e Cardoso (2011) a segregação dos resíduos secos não sendo misturados com os orgânicos e rejeitos é uma vantagem, já garante outra qualidade aos resíduos para o seu aproveitamento, valorizando assim o material.

Com relação à alocação dos LEV, foi utilizada uma adaptação do método de Calache e Camargo (2016) para se adequar a realidade da instituição. Os modelos matemáticos foram calculados utilizando o resolvidor random walk, para o cenário simulado considerando os 4 LEV.

Inicialmente foi selecionado 1 ponto, denominado P1, localizado na guarita de entrada do Órgão, a partir dele foi traçada a distância em metros no eixo X, de 320 metros e no eixo Y, de 160 metros, que correspondem ao comprimento e largura do CENP, totalizando sua área. A partir do NLEV, calculado previamente, foi utilizado o modelo proposto para localizar os pontos ótimos para a alocação dos LEV de 1 a 4 na área (Tabela 4). No entanto, ao se plotar esses pontos no interior da área do CENP, percebeu-se que o modelo utilizado não levou em conta as vias distribuídas na área do órgão, o que resultou em marcadores na área de mata para os, LEV 3 e LEV 4. Portanto, foi necessária uma readaptação dos locais, também para facilitar o deslocamento dos servidores aos LEV, utilizando-se o programa Google Earth Pro para o georreferenciamento da nova localização dos LEV conforme o “croqui” da Figura 5.

Tabela 4. Localização dos LEV no CENP

LOCAL	RESULTADO DA MODELAGEM	
	Eixo X	Eixo Y
P1	0 m	0 m
LEV 1	64 m	13 m
LEV 2	2 m	27 m
LEV 3	136 m	28 m
LEV 4	17 m	77 m

P1: Ponto inicial; LEV 1 a.4: Pontos de Locais de Entrega Voluntária identificados no CENP.

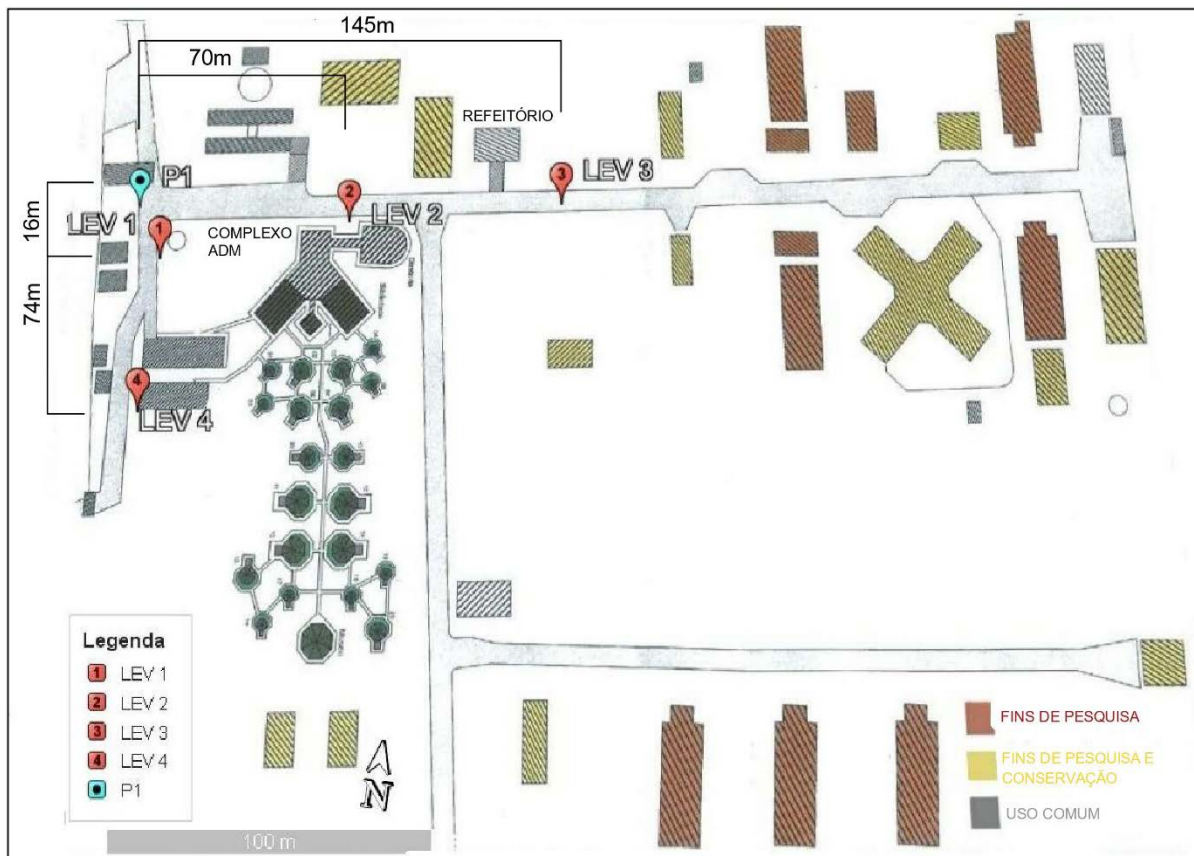


Figura 5. Localização dos LEV após relocação dos pontos iniciais.

O LEV 1, posicionado em uma convergência de vias, próximo ao acesso de entrada e saída do órgão, é estratégico e facilita a diminuição de distância entre os funcionários e o ponto de disposição dos resíduos. O LEV 2, alocado em frente ao complexo administrativo, atenderá a demanda relacionada a maior produção de materiais recicláveis, como papel e plástico, proveniente das atividades administrativas. O refeitório, outro ponto de grande movimentação de pessoas e, portanto, um gerador de materiais recicláveis que poderá ser contemplado com o LEV 3. Já o LEV 4, posicionado próximo ao arquivo/almoxarifado poderá receber todos os materiais recicláveis gerados na área administrativa e de alimentação.

É evidente que quanto menor a distância de caminhada para àquele que irá depositar os resíduos nos LEV, maior será a sua participação no processo. Peixoto (2006) considera que para incentivar a participação popular, a distância ideal para o usuário do LEV é de 300 metros, podendo chegar a 500 metros em locais de maior sensibilização da população. Em

razão de o CENP possuir uma pequena área construída e uma área livre muito grande é importante que os LEV estejam estrategicamente associados aos deslocamentos mais prováveis dos funcionários, a fim de incentivar a proposta dessa dinâmica. Não houve uma proposta de LEV na área de pesquisa (criadouros), pois identificou-se que os resíduos gerados são orgânicos, sobra da alimentação dos primatas, que não é objeto da coleta seletiva. Os demais resíduos gerados são considerados perigosos (fezes dos primatas, vidros e recipientes com fármacos) e recebem uma coleta especial por uma empresa especializada para tratamento e disposição final.

É de extrema importância a colaboração de todos os funcionários no processo, sendo necessário envolvê-los em programas educativos, indicando o novo processo de adequação de materiais recicláveis nos LEV a partir da fonte geradora. Nesse sentido, Freitas et al (2020) afirma que quanto mais efetiva a contribuição de todos na separação dos resíduos, mais eficiente será o processo, e logo maior será o ganho socioeconômico e ambiental, pois dessa forma se garante que um volume maior de resíduos seja reciclado, gerando mais empregos e mais renda para os catadores, portanto, se não for realizada a correta separação e disposição dos resíduos recicláveis, todo o sistema estará comprometido.

Cabe ressaltar, que atualmente, os materiais recicláveis coletados são armazenados por um determinado tempo em um galpão no CENP até que seja recolhido por uma associação ou cooperativa, após contato telefônico. A frequência de coleta varia de acordo com a logística da própria entidade.

Viabilidade econômica

A análise da viabilidade econômica dos materiais recicláveis gerados no CENP foi considerada apenas da parcela produzida pelos 196 funcionários (aqui considerada a nomenclatura CENP 1), tendo em vista que apenas esses habitantes contribuem diretamente na geração de materiais recicláveis. Os dados de entrada para o Software V.E.R.D.E.S foram: geração per capita de 0.202 kg/hab.dia; valor oficial do salário mínimo recebido por um trabalhador no Brasil em 2019, de R\$ 998.00 (novecentos e noventa e oito reais), de acordo com o decreto Nº 9661, de 1º de janeiro de 2019 (BRASIL, 2019); cotação do dólar realizada no dia 12/11/2019 de R\$ 4.17; e, o consumo de água de 155.34l/hab.dia de acordo com dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) em 2017 (SNIS, 2017).

Além desses dados, também foi utilizado, de acordo com dados do próprio software, o custo da reciclagem e o custo evitado com a CSS de R\$ 1042.50/tonelada e R\$ 250.20/tonelada respectivamente, e por fim o consumo de óleo de cozinha de 0.75l.hab/mês.

O índice de reciclagem de cada material no Brasil (Tabela 5) foi obtido a partir do estudo de Besen (2011). O preço de mercado dos materiais recicláveis foi obtido com a ACCSB, de acordo com os valores comercializados em Belém (Tabela 6). É importante ressaltar que o software na identificação da composição gravimétrica emprega um per capita para o alumínio de unidades/mês e para ferro em quilos/ano, no entanto a fração de alumínio não foi computada no trabalho, pois durante a pesquisa no órgão não foi constatada a geração desse material, apenas em um momento de evento social, conforme a tabela 7.

Tabela 5. Índice de reciclagem de cada material no Brasil.

ÍNDICE DE RECICLAGEM (%)	
ALUMÍNIO	92
PLÁSTICO	55
VIDRO	47
PAPEL	44
AÇO	44

Fonte: Besen (2011)

Tabela 6: Preço de mercado de cada material reciclável em Belém.

PREÇO DE MERCADO (R\$/ton)	
PREÇO DO ALUMÍNIO	3500.00
PREÇO DO VIDRO	250.00
PREÇO DO PAPEL	200.00
PREÇO DO PLÁSTICO	787.50
PREÇO DO AÇO	350.00

Fonte: ACCSB (2019)

Tabela 7: Composição gravimétrica de cada material.

COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA	
ALUMÍNIO	0 unidades/hab.mês
PAPEL	4 %
PLÁSTICO	6 %
AÇO	0.76 kg/hab.ano
ORGÂNICO/REJEITOS	89 %

Fonte: Autores (2019)

Os resultados, com a projeção realizada pelo programa V.E.R.D.E.S, que são dados em números inteiros, portanto arredondamentos, apontaram uma geração total de 14 toneladas de materiais recicláveis por ano (Figura 6), confirmando o valor obtido nas análises gravimétricas, com uma geração per capita mensal de resíduos de aproximadamente 6 kg/hab e uma anual de aproximadamente 72 kg/hab.

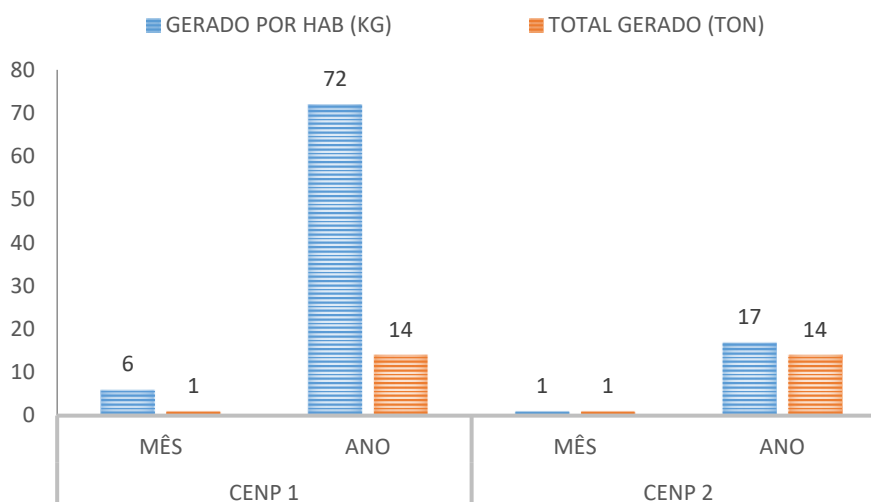


Figura 6. Massa de materiais recicláveis gerados em kg e toneladas para CENP 1.

Os ganhos e custos com a reciclagem, apresentados pelo programa, é baseada em uma análise macro ambiental, onde o ganho é representado pela economia de matéria prima, energia elétrica, água, a diminuição da poluição do ar, da água e do solo além dos custos evitados com a coleta, transporte e disposição final dos resíduos, enquanto que o custo do processo de reciclagem é definido pelos gastos com transporte, armazenamento, enfiamento, trituração, lavagem e custos administrativos (Figura 7).

A possível economia obtida (ganhos) com a reciclagem por mês seria de aproximadamente R\$ 477 (quatrocentos e setenta e sete reais), que resultaria anualmente em R\$ 5733 (cinco mil setecentos e trinta e três reais), enquanto a economia mensal perdida (custos) sem a reciclagem seria de R\$ 412 (quatrocentos e doze reais), resultando em um custo anual de R\$ 4944 (quatro mil novecentos e quarenta e quatro reais).

Em relação à análise mercadológica, que avalia os ganhos reais obtidos com a comercialização dos resíduos provenientes da reciclagem no mercado local, verificou-se que o CENP 1 proporcionou um baixo valor de rendimentos reais com a comercialização dos materiais (Figura 8).

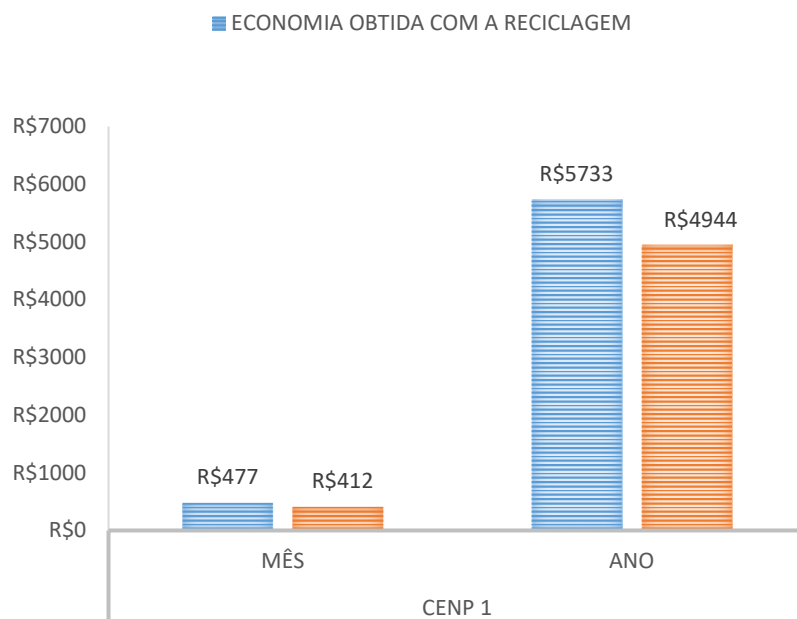


Figura 7. Economia do processo de reciclagem.

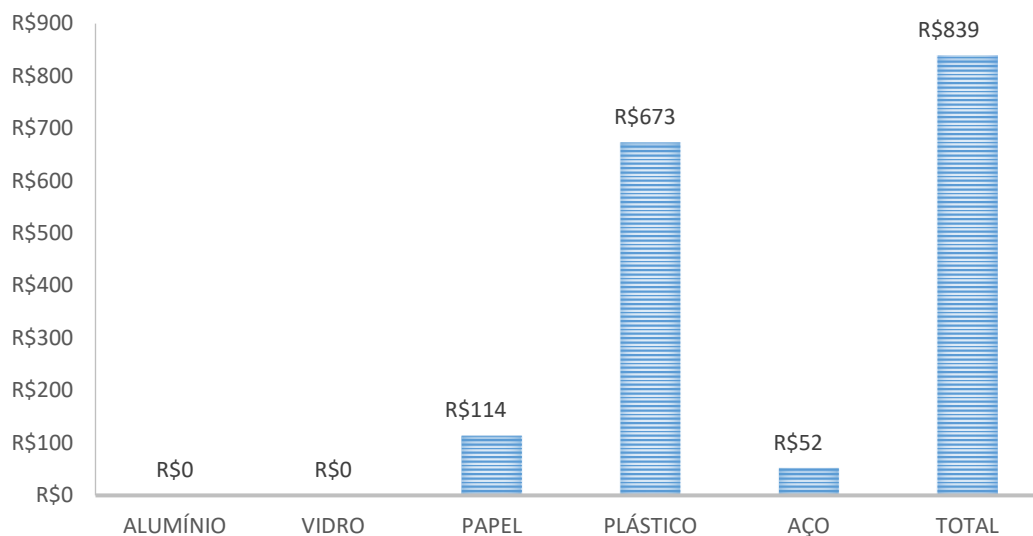


Figura 8. Análise mercadológica para o CENP 1.

Os valores apresentados no CENP 1 demonstram que o potencial econômico a ser conseguido de forma direta com a comercialização dos materiais recicláveis seria de R\$ 839 (oitocentos e trinta e nove reais) ao ano, sendo o plástico o material com maior rendimento econômico, com R\$ 673 (seiscentos e setenta e três reais). Apesar de ser um valor de venda relativamente baixo, esse condiz com o volume de materiais recicláveis gerados no órgão. Ao se fazer uma análise crítica, levando em consideração a margem de erro do software, os resultados são confiáveis e condizem com a realidade da geração de resíduos no CENP.

De acordo com a economia real obtida pelas cooperativas com a venda dos materiais recicláveis gerados no CENP, fica claro que devido a pequena quantidade gerada e ainda o consumo de combustível, desgaste de transporte, hora perdida do trabalhador, etc., é oportuno avaliar a otimização de roteiros de coleta e transporte de materiais recicláveis pelas associações e cooperativas na região, bairros próximos ao CENP, a fim de tornar o sistema mais atrativo e eficaz, gerando mais renda aos catadores.

Bernardo e Lima (2017) realizaram o planejamento e implantação de um programa de coleta seletiva, utilizando um sistema de informação geográfica (SIG) na elaboração das rotas de coleta e transporte de materiais recicláveis para um município de Minas Gerais, São Lourenço, e permitiu a elaboração de roteiros de coleta mais eficazes, quando da utilização dos veículos de coleta, tempos em rota e distâncias percorridas.

Conclusão

Os resultados do estudo permitiram identificar a possibilidade de implementação da CSS com a distribuição de 4 LEV para a coleta de materiais recicláveis entre os setores administrativo e área técnica no CENP, sendo que em cada ponto deverá dispor apenas um coletor, com uma capacidade volumétrica de 50 litros ou 100 litros, a depender da frequência da coleta.

Em relação à análise econômica, não existe um parâmetro único que meça em reais o valor mínimo para definir a viabilidade econômica da aplicação da coleta seletiva. O CENP, por apresentar um baixo volume de frações recicláveis poderá se tornar pouco atrativo as cooperativas, caso seja visto em uma escala micro. Entretanto, se houver um roteiro eficiente de coleta, por parte da cooperativa, de outras fontes geradoras próximas ao CENP, é eminente à contribuição desta instituição no montante arrecadado na região, para fins de comercialização.

Deve-se destacar que pela grande quantidade de resíduos orgânicos e rejeitos gerados no órgão deve-se investigar uma possível reutilização ou reciclagem para esses materiais, que podem ser desde a compostagem da parcela orgânica até a identificação de possíveis compradores fora do estado.

Com relação à qualidade ambiental, ao se analisar os ganhos ambientais, obtidos com a reciclagem e a perda sem o processo, é possível afirmar que a implantação da CSS no CENP é ambientalmente adequada e viável desde que se adequa o processo a realidade dos funcionários e o funcionamento do órgão.

Referências bibliográficas

- ABRELPE, Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. (2019) *Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2018*. Acesso em 10 de novembro de 2019, disponível em: <http://abrelpe.org.br/download-panorama-2018-2019>
- Bernardo, M., Lima, R. S. (2017) Planejamento e implantação de um programa de coleta seletiva: utilização de um sistema de informação geográfica na elaboração das rotas urbanas, *Rev. Bras. Gest. Urbana*, **9**(1), 385-395. Acesso em 10 de novembro de 2019, disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2175-33692017000400385&lng=en&nrm=iso
- Besen, G. R., Ribeiro, H., Günther, W. M. R., Jacobi, P. R. (2014) Coleta seletiva na Região Metropolitana de São Paulo: impactos da Política Nacional de Resíduos Sólidos, *Ambiente & Sociedade (Online)*, **17**(1), 259-278.
- Besen, G. R. (2011) *Coleta seletiva com inclusão de catadores: construção participativa de indicadores e índices de sustentabilidade*. Tese de doutorado, Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública (Saúde Pública), Universidade de São Paulo, São Paulo, 275 pp.
- Brasil (2006) *Decreto nº 5.940, 25 de outubro de 2006*. Institui a separação dos resíduos recicláveis descartados pelos órgãos e entidades da administração pública federal direta e indireta, na fonte geradora, e a sua destinação às associações e cooperativas dos catadores de materiais recicláveis, e dá outras providências.
- _____. (2010) *Lei nº. 12.305 de 02 de agosto de 2010*. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a lei n.9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília DF.
- _____. (2019) *Decreto nº 9.661, 1º de janeiro de 2019*. Regulamenta a Lei nº 13.152, de 29 de julho de 2015, que dispõe sobre o valor do salário mínimo e a sua política de valorização de longo prazo.
- Calache, L. D. R., Camargo, V. C. B. (2016) Proposta de um método de localização e alocação de pontos de coleta seletiva. *Pesquisa operacional para o desenvolvimento*, **8**(1), 137-162.
- CENP, Centro Nacional de Primatas (2018) *Relatório de Gestão: Exercício 2017*. Acesso em 10 de novembro de 2019, disponível em: http://www.cenp.gov.br/portal/wp-content/uploads/2019/11/28032018_RGE-2017-VERS%C3%83O-FINAL-cenp.pdf
- CIRNE, L. E. M. R., Leite, C. M. A., Souza, D. R., Pederneiras, Y. M., Cirne, M. E. R., Nobrega, R. A., (201) Coleta e caracterização dos resíduos sólidos gerados na UFCG-Campus I: Sensibilização da comunidade acadêmica da problemática socioambiental-Ano referência 2015. *Participação*, **29**, 36-43.
- Feitosa, A. K., Barden, J. E., Konrad, O., (2018) Análise gravimétrica na gestão de resíduos sólidos urbanos: uma revisão sistemática. *Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego*, **12**, 131-146.
- Freitas, T. G., Kocourek, S., Oliveira, J. L., Campos, A. O. (2020) Participação social na coleta seletiva solidária: estudo de caso de uma instituição federal de ensino superior no Brasil. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, **7**(16), 553-573.
- Grando, T., Testolin, R., Zanotti, F., Buss, M. V., (2016) Aplicação de um sistema de gestão de resíduos sólidos no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Catarinense Campus Videira. *Anuário Pesquisa e Extensão Unoesc Videira*, **1**, e12326-e12326.
- IBAM, Instituto Brasileiro de Administração Municipal (2001) *Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos*.

- Juliatto, D. L., Calvo, M. J., Cardoso, T. E. (2011) Gestão integrada de resíduos sólidos para instituições públicas de ensino superior. *Revista Gestão Universitária na América Latina - GUAL*, **4**(1), 170-193.
- Magera, M. C., Robles, D., Fiocco, D. (2017) *VERDES - Viabilidade Econômica da Reciclagem dos Resíduos Sólidos: Primeiro Software Ecológico do Mundo 2007*. Acesso em 20 de outubro de 2019. Disponível em: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnica.html?id=20817>
- Maradini, G. S., Silva, T. A. V. B., Botezelli, L. (2018) Ações de sustentabilidade ambiental empresarial: o caso da tetra pak® em monte mor–sp. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, **7**(1).
- Miranda, N. M., Mattos, U. A. O. (2018) Revisão dos Modelos e Metodologias de Coleta Seletiva no Brasil. *Soc. Nat. Uberlândia*, **30**(2), 1-22.
- Mota, S. (1997) Introdução à engenharia ambiental. Rio de Janeiro: ABES.
- Oduardo, D. M., (2017) Manejo de los residuos sólidos en el parque zoológico nacional de cuba. *Carta Editorial*, 59.
- Peixoto, K. (2006) *Contribuição ao planejamento e operação da coleta seletiva em área urbana*, dissertação de mestrado, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 159 pp.
- Rada, E. C., Zатели, C., Mattolin, P. (2014) Municipal solid waste selective collection and tourism. *WIT Transaction Ecology Environmental*, **180**(1), 187-197.
- Saleem, M., Blaisi, N. I., Alshamrani, O. S. D., Al-Barjis, A. (2019). Fundamental investigation of solid waste generation and disposal behaviour in higher education institute in the Kingdom of Saudi Arabia. *Indoor and Built Environment*, **28**(7), 927-937.
- Silva, I. G. B. (2016) *Análise do potencial econômico dos materiais recicláveis gerados na cidade de Campina Grande-PB*, Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande. 39 pp.
- Smyth, D. P., Fredeen, A. L., Booth, A. L., (2010) Reducing solid waste in higher education: The first step towards 'greening' a university campus. *Resources, Conservation and Recycling*, **54**(11), 1007-1016.
- SNIS (2017). Base de Dados SNIS - Séries Históricas.
- Toso, E. A. V., Alem, D. (2014) Effective location models for sorting recyclables in public management, *European Journal of Operational Research*, **234**(3), 839-860.