

III-163 - RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS EM BELO HORIZONTE (MG): IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS COM POTENCIAL PARA INSTALAÇÃO DE LEV (LOCAIS DE ENTREGA VOLUNTÁRIA) EM CURTO PRAZO

Eduardo Coutinho de Paula⁽¹⁾

Engenheiro Químico pela Escola de Engenharia Mauá, São Paulo. Mestre em Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Itajubá, Minas Gerais. Doutor em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA/UFMG).

Raphael Tobias de Vasconcelos Barros⁽²⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais. Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos. Doutor pelo *Institut National des Sciences Appliquées* (INSA) de Lyon (França). Professor da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) desde 1993.

Anderson Paulino de Souza⁽³⁾

Engenheiro Ambiental, mestrando em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), pós-graduado em Geoprocessamento pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (2017) e Perícia Ambiental, Auditoria e Análise Ambiental pela UNA (2014).

Endereço⁽¹⁾: Avenida Antônio Carlos, 6.627 - Bloco 1 - Sala 4618 - Pampulha - Belo Horizonte - MG - CEP: 31270-901 - Brasil - Tel: (31) 3409-3630 - e-mail: ecoutinho@desa.ufmg.br

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo identificar áreas com potencial para instalação de Locais de Entrega Voluntária (LEV) de resíduos recicláveis no município de Belo Horizonte, Minas Gerais, em curto prazo. Para tanto, procedeu-se a análise do sistema de coleta seletiva de resíduos sólidos domiciliares, identificando suas potencialidades e fragilidades, bem como o uso de técnicas de análise espacial e geoprocessamento. Mediante os critérios adotados (densidade habitacional, proximidade a escolas/prças, distância mínima de estruturas existentes e estar fora de áreas com alto risco de inundação), bem como restrições administrativas/financeiras consideradas, foram identificados 5.609 logradouros (subdivididos em trechos) com potencial para instalação de LEV. Diante do desafio de gestão sustentável, o município apresenta condições efetivas para promover a ampliação das taxas de reciclagem por meio da otimização da infraestrutura dos sistemas de coleta, inserção e integração social de catadores/cooperativas e valorização econômica de resíduos.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão de resíduos sólidos, Reciclagem, LEV (Locais de Entrega Voluntária).

INTRODUÇÃO

O aumento da população e sua respectiva concentração nos centros urbanos traz consigo uma série de problemas de ordem ambiental, cultural, econômica e social. Estes fatores, associados à crescente geração *per capita* de resíduos sólidos reflete-se na disposição inadequada dos mesmos, que por sua vez, propiciam a contaminação dos recursos solo, água e ar, desvalorização imobiliária, desencadeamento de vetores de doenças e enchentes (MUCELIN e BELLINI, 2008). Estima-se que metade da população urbana de países em desenvolvimento não é atendida por serviços de coleta de resíduos e o volume de resíduos municipais gerados deve continuar a crescer de forma acelerada até 2025 (DAMBROS e CRUZ, 2012). Os problemas de gestão de resíduos são evidenciados em grandes cidades e representam um desafio aos órgãos governamentais (THOMAS, 2010), uma vez que investimentos em infraestrutura adequada e educação são frequentemente escassos.

Os impactos negativos causados pela disposição inadequada de resíduos podem ser mitigados com campanhas de educação/conscientização ambiental, incentivos à indústria para produção de itens mais sustentáveis, reutilização de recursos naturais e uso de embalagens recicláveis. Sob este contexto, a coleta seletiva apresenta-se como opção razoável para prover a redução do volume de resíduos sólidos descartados no meio ambiente e

reinseri-los na cadeia produtiva como insumos/matéria-prima ou mesmo como produtos (THEISEN, 1993). Entende-se como coleta seletiva a separação de materiais recicláveis, orgânicos e inorgânicos nas fontes geradoras, sendo coletados e encaminhados para a reciclagem (IBGE, 2008).

A reciclagem em grandes centros urbanos tem como direcionamento resíduos com maior potencial de comercialização e geração de receita (papel, vidro, metal e plástico), estes materiais, além do potencial econômico, propiciam a inserção social (catadores e associações de reciclagem), mitigação da poluição e redução da emissão de gases de efeito estufa (GEE). A fim de evidenciar a relevância econômica da reciclagem, a Tabela 1 apresenta os custos financeiros com a produção primária destes materiais e os respectivos custos de produção tendo como origem materiais reciclados recuperados (os valores foram atualizados considerando o índice IGP-M, tendo como referência inicial dezembro/2010 e final julho/2018). Observa-se que a reciclagem do plástico é a que apresenta melhor retorno financeiro, com custo de produção a partir de material reciclado representando 34,33% do custo da produção primária, seguida por celulose (papel), vidro, alumínio e aço. Em relação à emissão de GEE, disponível na Tabela 2, a produção do alumínio a partir do material recuperado apresenta o menor índice de emissão de GEE, apenas 0,39% das emissões oriundas dos processos de produção primária, seguida por aço, celulose (papel), plástico e vidro. A redução dos consumos de água e energia são outros fatores importantes observados nos processos produtivos que envolvem reciclagem (IPEA, 2010).

Tabela 1: Custo Primário x Custo a Partir da Reciclagem (2018)

Material	Custo da Produção Primária (R\$/t)	Custo da Produção a Partir da Reciclagem (R\$/t)	Benefício Líquido (R\$/t)	Relação Custo Reciclagem/Custo Primário (%)
Aço	860,26	662,34	197,92	76,99%
Alumínio	9603,14	5371,96	4231,18	55,94%
Celulose	1070,65	556,36	514,29	51,96%
Plástico	2789,62	957,59	1832,03	34,33%
Vidro	409,87	222,86	187,01	54,37%

Tabela 2: Emissão de GEE: Produção Primária x Produção a partir da Reciclagem

Material	Custos ambientais associados à emissão de GEE para Produção Primária (t COeq/t)	Custos ambientais associados à emissão de GEE para Reciclagem (t COeq/t)	Benefício Líquido da Reciclagem (t COeq/t)	Relação Emissão Reciclagem/Produção Primária (%)
Aço	1,46	0,02	1,44	1,37%
Alumínio	5,1	0,02	5,08	0,39%
Celulose	0,28	0,01	0,27	3,57%
Plástico	1,94	0,41	1,53	21,13%
Vidro	0,6	0,35	0,25	58,33%

Este trabalho teve como objetivos: analisar elementos da política e práticas de reciclagem de resíduos sólidos implementadas no município de Belo Horizonte, Minas Gerais; identificar áreas com potencial para instalação de LEV (Locais de Entrega Voluntária), a fim de ampliar a estrutura de coleta de resíduos servíveis e a taxa de reciclagem na capital mineira.

Belo Horizonte compõe um dos principais eixos econômicos do Brasil, a população residente no município é de 2.513.451 habitantes, distribuídos em uma área de 331 km², 96% é atendida por serviços de coleta de resíduos sólidos urbanos domiciliares (RDO). Os padrões de consumo da população apresentaram crescimento substancial nas últimas décadas, refletindo-se diretamente na geração de resíduos sólidos em grandes quantidades, contudo, a capacidade de gestão, educação ambiental e reciclagem não acompanharam as taxas de geração de resíduos, resultando em graves problemas socioambientais e altos custos de tratamento/destinação adequada de resíduos. Grandes cidades brasileiras têm o desafio de internalizar em seus sistemas de manejo de resíduos conceitos de minimização, prevenção e reciclagem. Em Belo Horizonte, estes problemas têm requisitado uma enorme quantidade de recursos humanos, técnicos e financeiros, ao passo que urge o desenvolvimento e implementação de sistemas sustentáveis embasados em tratativas multidisciplinares, levando em consideração fatores ambientais, sociais, econômicos, políticos e culturais. O sistema de coleta seletiva carece de maior atenção no município, conforme apresentado na Tabela 3, a cidade apresentou o pior

desempenho em relação à taxa de reciclagem e massa *per capita* recolhida entre as capitais das regiões Sul e Sudeste:

Tabela 3: Dados Gerais da Coleta Seletiva em Capitais das Regiões Sul e Sudeste, SNIS (2016)

Dados Gerais da Coleta Seletiva em Capitais da Região Sul e Sudeste do Brasil - SNIS - 2016						
Município	Massa Total de resíduos coletada <i>per capita</i> em relação à população total atendida (kg/habitante/dia)	Quantidade recolhida (exceto matéria orgânica) (t)	Massa per capita recolhida via coleta seletiva (kg/habitante/dia)	Relação entre quantidade via coleta seletiva e RDO (%)	Taxa de cobertura da coleta seletiva porta-a-porta (%)	Valor contratual do serviço de coleta seletiva (R\$/t)
São Paulo	0,87	86.064,00	7,21	2,32	70,00	100,00
Belo Horizonte	0,93	7.281,90	2,90	1,08	14,95	613,98
Curitiba	0,88	25.543,90	13,49	4,96	99,23	1000,00
Vitória	0,93	2.670,80	7,43		4,21	595,10
Rio de Janeiro	1,33	32.546,10	5,01	1,65	63,35	
Florianópolis	1,15	11.700,00	25,45		80,32	
Porto Alegre	1,10	21.463,00	14,49	5,38	100,00	450,86

Sob a ótica de promoção da gestão sustentável de resíduos sólidos, a promulgação da Lei 12.305/2010 (PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos) é um marco regulamentar para a gestão de resíduos, definindo mecanismos, responsabilidades e diretrizes fundamentais para sustentabilidade ambiental, social e econômica dos serviços vinculados à operação e administração de resíduos. Dentre suas diversas prerrogativas, a PNRS torna obrigatória para municípios de grande porte econômico e/ou estratégico a elaboração do Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010). Apesar de figurar entre as capitais brasileiras mais economicamente representativas, o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Belo Horizonte (PMGIRS-BH) foi concluído somente em 2017 e mostra um ritmo lento de implementação. Com horizonte de 20 anos, o PMGIRS-BH é um instrumento de planejamento estratégico municipal que contempla as diretrizes e ações para o manejo adequado e sustentável dos resíduos, educação ambiental, inclusão e mobilização social e sustentabilidade econômica.

Planos de gestão de resíduos têm como requisito o diagnóstico da atual conjuntura setorial. A fim de atender exigências da PNRS, a prefeitura de Belo Horizonte promulgou a Lei Municipal 10.534/2012, que classifica os resíduos sólidos em: **I. Resíduos sólidos públicos** (resíduos lançados em logradouros públicos, recolhidos por serviços regulares de limpeza urbana); **II. RDO - Resíduos sólidos domiciliares** (resíduos originários de residências, edifícios públicos e coletivos, de comércio e indústrias, desde que apresentem características típicas de residências); **III. Resíduos sólidos especiais** (requerem manipulação técnica diferenciada, resíduos de serviços de saúde, resíduos da construção civil, volumosos, perigosos, entre outros). O município de Belo Horizonte é legalmente reconhecido por dispor apenas de áreas urbanas, tendo seus resíduos sólidos domiciliares (RDO) grande relevância e complexidade de gestão, pelo que esta categoria de resíduo é o enfoque deste trabalho.

Em 2016, a geração de RDO em Belo Horizonte foi de 671.803,70 t/ano, dos quais 99,80% foram coletados por empresas privadas (SLU, 2016). A taxa de geração diária média de RDO foi de 0,73 kg/habitante.dia. O gasto com manejo de resíduos sólidos urbanos foi de R\$ 387.874.197,93, a arrecadação, porém, foi suficiente para suprir apenas 53,53% das despesas relacionadas à gestão de resíduos, sendo necessário, portanto, prover recursos de orçamentos de outras áreas da prefeitura (SNIS, 2016). O sistema de coleta de RDO está organizado da seguinte maneira:

- **Coleta Indiferenciada de Resíduos Domiciliares:** Áreas de urbanização formal, Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS) – Vilas e Favelas. Coletas podem ser diárias, duas ou três vezes por semana.
- **Coleta Seletiva de Materiais Recicláveis:** Papel, Metal, Plástico e Vidro (PMPV): Porta a Porta, Ponto a Ponto. Coletas normalmente agendadas, frequência semanal ou quinzenal.

O fluxo básico de gestão de RDO e síntese das principais lacunas e fatores limitantes são apresentados na Figura 1 (ano de referência 2013). A destinação do RDO varia de acordo com suas características e

potencialidades de recuperação/reciclagem (limitadas por restrições financeiras, técnicas e operacionais): a) Materiais recicláveis coletados por meio das ações da prefeitura são repassados às associações e cooperativas de catadores, que são responsáveis pelo recebimento, pesagem, segregação, armazenamento, prensagem, enfardamento e comercialização; b) Resíduos sólidos urbanos não triados para reciclagem (coleta indiferenciada) e rejeitos são destinados à Central de Tratamento de Resíduos Sólidos (CTRS) Macaúbas (aterro sanitário responsável pela destinação de resíduos sólidos de Belo Horizonte, localizado no município de Sabará, MG, distante 17 km da capital). O elevado percentual de recicláveis (papel, metal, plástico e vidro), 35%, evidencia grandes oportunidades para valorização econômica e inserção social (PMGIRS-BH, 2016).

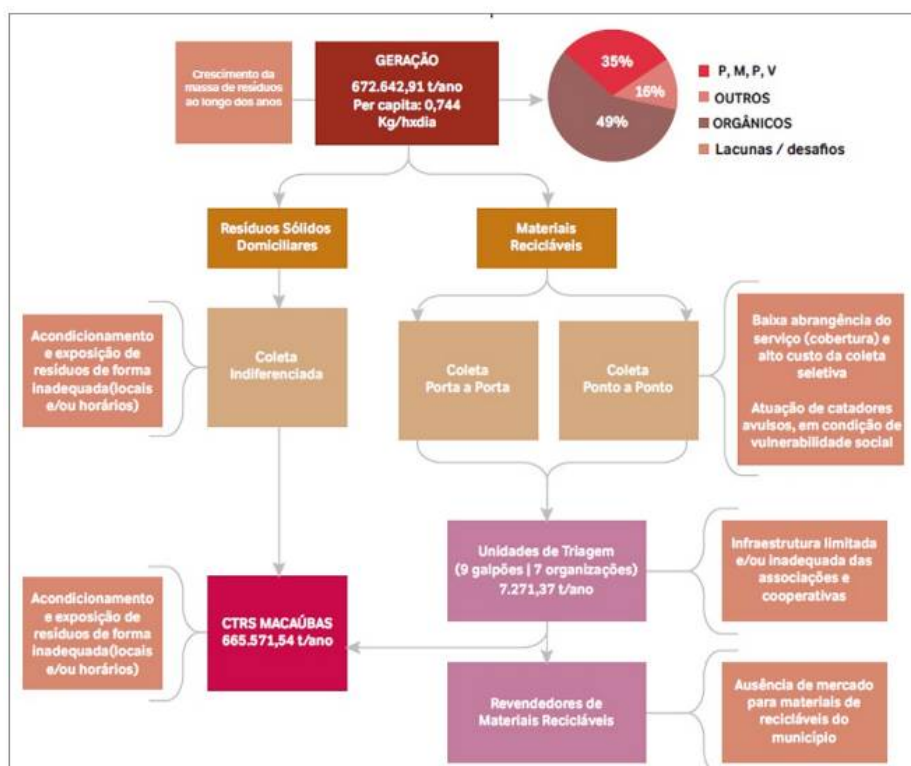


Figura 1: Fluxo de RDO (Referência 2013)

Em 2016, do total de RDO recolhidos (671.803,70 t), apenas 7.281,90 t foram via coleta seletiva: 943 t via SLU, 6.244,50 t por empresas contratadas e 94,20 t por catadores com apoio da prefeitura. A taxa de recuperação de resíduos recicláveis recolhidos foi de 78,24%, resultando na recuperação de 5.697,20 t de recicláveis (943,20 t de vidro e 4.754,00 t de outros materiais). A massa de recicláveis recuperada *per capita* foi de 2,27 kg/habitante.ano. A taxa de material recolhido pela coleta seletiva em relação à quantidade total coletada de resíduos sólidos domésticos é de 1,08%, indicando grande ineficiência. Em relação aos custos, o valor contratual pago a empresas contratadas para recolhimento de recicláveis foi de R\$ 614,00/t, já o valor pago contratual pago associações de catadores foi de R\$ 329,40/t, representando maior índice de economicidade e potencial de inserção social (SNIS, 2016). O sistema de coleta seletiva concentra-se nos resíduos de papel, plástico, metal e vidro, e atende 15,42% da população, sendo executado sob duas modalidades:

- **Porta a Porta:** população segrega em seu domicílio os recicláveis (papel, metal, plástico e vidro), acondiciona todos juntos no mesmo saco plástico e dispõe no passeio para o recolhimento semanal, em dia e horário pré-determinados. Abrange 36 bairros; em média são coletadas 470 t/mês (SLU, 2014).
- **Ponto a Ponto:** pressupõe que a população separe os recicláveis (papel, metal, plástico e vidro) em sua fonte geradora (residência, local de trabalho) e os deposite em contentores instalados pela prefeitura em locais estratégicos da cidade - Locais de Entrega Voluntária (LEV). Em meados de 2014, existiam 70 LEV ativos e 225 contentores para deposição dos recicláveis, sendo coletadas, em média, 143 t/mês (SLU, 2014).

A reciclagem também tem importante papel na integração e inserção social, visando preservar o trabalho dos catadores e trabalhadores com materiais recicláveis e, conseqüentemente, seu meio de vida, os materiais

coletados através da SLU são repassados às associações e cooperativas, ficando a cargo destas, sua segregação, armazenamento, enfardamento e comercialização. Os recursos provenientes dessas atividades são distribuídos entre os associados/cooperados de acordo com critérios definidos no regimento interno das entidades a que se encontram vinculados. Atualmente, nove unidades integram o programa de reciclagem da prefeitura de Belo Horizonte, elas estão vinculadas a sete associações/cooperativas: ASMARE, ASSOCIARECICLE, COOPEMAR, COOMARP, COOPERSOLI, COOPERSOL Venda Nova e COOPESOL LESTE. A Figura 2 apresenta a distribuição geográfica das unidades básicas que compõem o sistema de reciclagem de resíduos em Belo Horizonte:



Figura 2: Sistema de Reciclagem em Belo Horizonte

O quantitativo de resíduos destinados à reciclagem entre os anos 2007 e 2013 são apresentados na Figura 3, as associações/cooperativas têm papel muito importante na reciclagem da cidade, contudo, há de se salientar que a taxa de reciclagem (1,08%, em 2016) não considera resíduos diretamente recolhidos por associações, a contabilização considera resíduos coletados repassados às cooperativas (por meio da prefeitura ou agentes contratados). A maior parte dos resíduos reciclados é recolhida via a modalidade Porta a Porta (SLU, Relatório Anual de Atividades da Limpeza Urbana, 2007-2013).

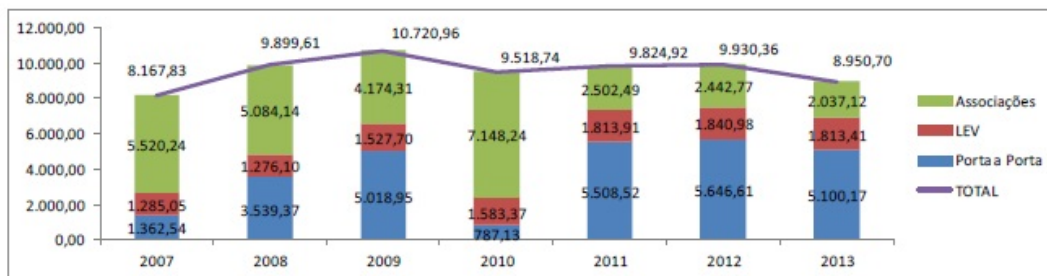


Figura 3: Quantitativo de material reciclável coletado

O valor médio das operações de coleta e triagem de resíduos domésticos da coleta convencional é de US\$40,22 e o referente à coleta seletiva é de US\$ 240,00, ou seja, superior em mais de cinco vezes (CEMPRE, 2015). Para tornar-se uma prática viável, a relação de custo da coleta convencional/coleta seletiva deve ser de pelo menos 3:1 (BRASIL, 2010). De acordo com informações da SLU, em 2017 o custo médio da coleta seletiva foi de R\$ 980,00/t coletada. Para a coleta em LEV exclusivos para vidro, o custo foi de R\$ 244,99. A coleta seletiva tem custo bastante superior ao serviço de coleta convencional, ao passo que deve ser analisada além do custo financeiro, considerando no balanço os benefícios sociais e ambientais decorrentes da reciclagem.

O PMGIRS-BH estima que no ano 2036 a geração de recicláveis alcance a marca de 216.163 t/ano (papel, plástico, metal e vidro). A projeção é que sejam coletadas 76.813 t/ano (35,5% do total gerado) de recicláveis sob as modalidades Porta a Porta (7.681 t/ano), Ponto a Ponto (30.725 t/ano) e Ponto a Ponto Containerizada Automatizada (38.407 t/ano). Projeta-se que, no prazo de 20 anos, haverá alteração significativa nas modalidades e abrangência do serviço de coleta de materiais recicláveis: serão utilizadas as modalidades de coleta Porta a Porta para 10% da população (redução em relação ao atendimento atual, 15%), a modalidade Ponto a Ponto Containerizada Mecanizada deverá atender 40% da população (ampliação) e a modalidade Ponto a Ponto Binária Containerizada Automatizada atenderá 50% da população (ampliação), resultando no atendimento de 100% da população por serviços de coleta seletiva. Em relação à taxa de reciclagem de RDO, espera-se que a taxa salte de 1,08% para 11,3% em 2036. A meta para a taxa de recuperação de recicláveis é avançar de 78% para 90%.

Para aumentar a efetividade do sistema de coleta seletiva a infraestrutura é item fundamental para alcançar resultados de gestão mais expressivos, ao passo que a instalação de equipamentos destinados ao recebimento/armazenamento de resíduos recicláveis tem papel importante no processo, que inicialmente deve se direcionar à conscientização e acessibilidade. Sob este aspecto, o PMGIRS-BH estima que o total de resíduos a serem recolhidos pelo sistema de coleta seletiva Ponto a Ponto (LEV) será de 69.139 t/ano no ano de 2036. Para atender esta demanda será necessário dispor de cerca de 2.820 LEV (número cerca de 40 vezes superior ao atual). Assim, a utilização de técnicas de análise espacial e geoprocessamento constitui uma importante ferramenta na gestão urbana e auxilia na identificação e seleção de localidades com maior potencial para instalação em curto prazo de LEV, visando a respeitar restrições técnicas e orçamentárias.

OBJETIVOS

- Identificar áreas no município de Belo Horizonte com potencial para instalação de equipamentos destinados ao recebimento/armazenamento de resíduos recicláveis em curto prazo: LEV (Locais de Entrega Voluntária).
- Analisar potencialidades e fatores limitantes relacionados à gestão de resíduos recicláveis em Belo Horizonte/MG.

METODOLOGIA

- **Consultas, obtenção de dados e informações** extraídas de referências digitais, bibliográficas, legislação, bases cartográficas, dados georreferenciados, mapas temáticos, documentos oficiais e acadêmicos e relatórios técnicos relacionados à gestão de resíduos sólidos no município de Belo Horizonte/MG.

- **Aplicação de técnicas de geoprocessamento:** utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) para análises espaciais, confecção de mapas e determinação das áreas com potencial para implantação de LEV em curto prazo. As análises espaciais e processamentos foram executados por meio dos *softwares ArcGis 10.5.1 e QGis 3.1.0* e utilizaram dados vetoriais (*shapefile*) obtidos junto ao setor de geoprocessamento da Empresa de Informática e Informação do Município de Belo Horizonte (PRODABEL). As técnicas aplicadas consistiram basicamente no uso de Álgebra de Mapas e Superposição. Os critérios adotados para seleção de localidades com maior potencial para instalação de LEV são apresentados a seguir:

- a) **Bairros com densidade populacional superior à densidade populacional média** identificada no município de Belo Horizonte (7.593 habitantes/km²), disponível no CENSO 2010 - IBGE;
- b) **Proximidade a escolas e/ou praças:** distância máxima de 200 m;
- c) **Áreas situadas fora da região de abrangência usual de LEV instalados:** distância mínima de 1.000 m;
- d) **Áreas situadas fora de regiões associadas a alto risco de inundação e/ou enchentes.**

RESULTADOS

Um dos focos do PMGIRS-BH é prover avanços na taxa de reciclagem de RDO, ao passo que uma das principais ações será ampliar a disposição de LEV. Em 2016, apenas 7.281,90 t/ano de RDO foram recolhidas via coleta seletiva. Em 2014, 1.716 t/ano de recicláveis foram recolhidas em LEV. A projeção é de que no ano de 2036 a quantidade de recicláveis recolhidos será de 76.813 t/ano, dos quais 30.725 t/ano serão via sistema

Ponto a Ponto e 38.407 t/ano via coleta Ponto a Ponto Conteneirizada Automatizada. Para fins de análises de potencialidade de instalação de LEV e projeções subsequentes, as coletas Ponto a Ponto e Ponto a Ponto Conteneirizada Automatizada serão consideradas LEV (resíduos recicláveis coletados via modalidade Porta a Porta, 7.681 t/ano, não serão considerados, de modo a totalizar 69.139 t/ano).

Atualmente há 82 LEV (70 ativos, 12 desativados) e 225 contentores para deposição dos recicláveis (papel, metal, plástico e vidro) instalados em todas as regiões da cidade de Belo Horizonte. Considerando que o conjunto de LEV recebe em média 143 t/mês (SLU, 2014), o total recebido anualmente é de 1.716 t. Mediante uma análise expedita, desconsiderando fatores técnicos, socioculturais e políticos que possam interferir nos padrões de gestão e geração de resíduos, estima-se que para alcançar a capacidade de recebimento de 69.139 t/ano (30.725 t/ano Ponto a Ponto + 38.407 t/ano Ponto a Ponto Conteneirizada Automatizada) de resíduos recicláveis por meio dos LEV prevista para o ano 2036, seria necessário dispor de aproximadamente 2.820 LEV, número cerca de 40 vezes superior ao existente.

Abstraídas as limitações financeiras, técnicas e operacionais, típicas dos sistemas de gestão de resíduos municipais, entende-se que, em um primeiro momento, há de se definir áreas com maior potencial para instalação dos LEV, a fim de propiciar a instalação gradual dos equipamentos, respeitando as capacidades de gestão, orçamento e financiamento disponíveis. Dornelas (2011) apresenta uma série de aplicações e métodos de análise espacial voltados para o gerenciamento e gestão de resíduos sólidos urbanos, o presente trabalho utiliza algumas destas técnicas de geoprocessamento para determinar áreas propícias à instalação de LEV em curto prazo, respeitando os critérios descritos na metodologia. A Figura 4 apresenta os mapas gerados e suas relações lógicas para processamento e identificação das áreas de interesse (os resultados das operações não são apresentados, apenas mapas utilizados e fluxos): A) bairros com densidade populacional superior à densidade populacional média de Belo Horizonte; B) proximidade a escolas e/ou praças; C) áreas situadas fora da região de abrangência usual de LEV já instalados; D) áreas situadas fora de regiões com alto risco de inundação/enchentes.

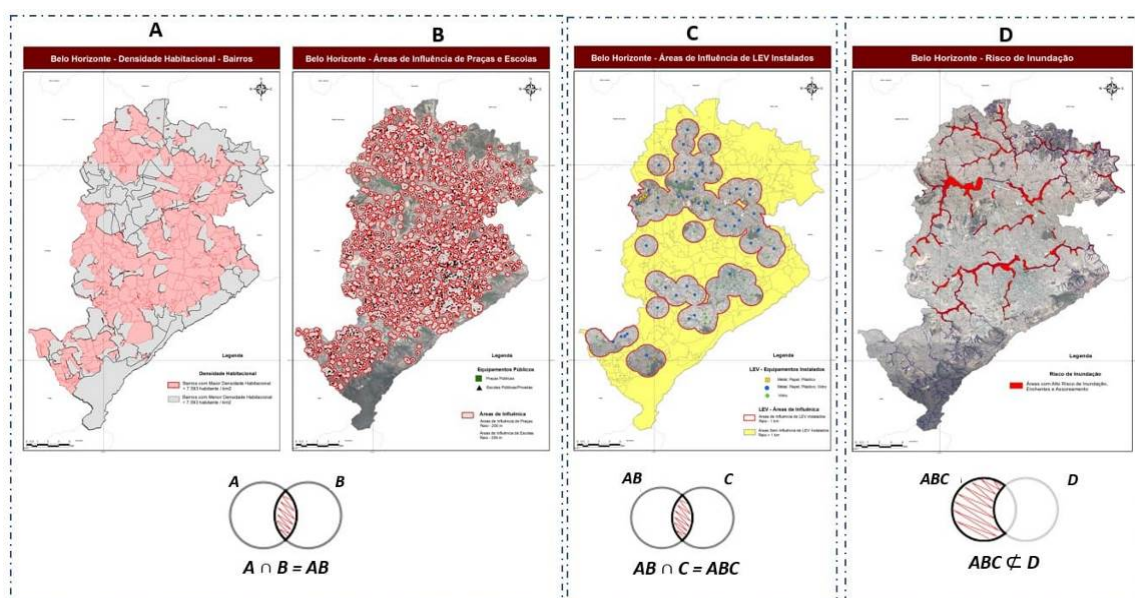


Figura 4: Áreas com Potencial para Instalação de LEV

As Figuras 5 e 6 apresentam o resultado do processamento integrado das variáveis e critérios, identificando os locais com maior potencial para instalação de LEV em curto prazo. Os mapas com as áreas sugeridas para instalação de LEV abrangem 5.609 logradouros (subdivididos em trechos de arruamento), conferindo razoável nível de acessibilidade aos equipamentos de reciclagem, sendo que cerca de 36% dos logradouros registrados na cidade de Belo Horizonte foram contemplados (15.465 logradouros cadastrados, PRODABEL, 2017).

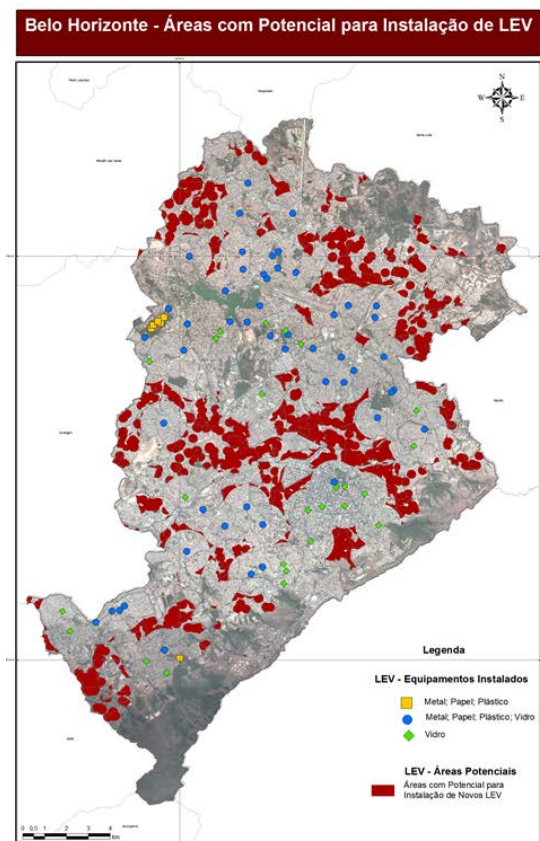


Figura 5: Áreas com Potencial para Instalação de LEV

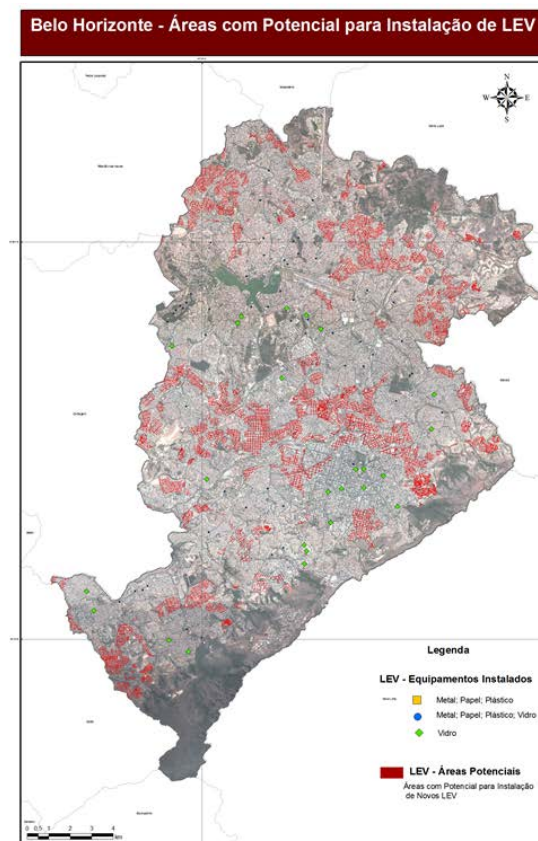


Figura 6: Trechos de Logradouros com Potencial para Instalação de LEV

DISCUSSÃO DE RESULTADOS

De acordo com informações da SLU, ainda não há estudo específico da composição gravimétrica para resíduos recolhidos nos LEV. Desta forma, cálculos de avaliação de custos e/ou receitas embasados em proporção de elementos, quantidade e preços estimados sob esta conjuntura poderiam resultar em análises com grau de imprecisão elevado. Considerando estes aspectos, a análise apresentada no Quadro 1 limitou-se a estimar de forma expedita os custos (evitados e não passíveis de recuperação) vinculados à disposição final de resíduos com potencial de reciclagem: **custos evitados**, referentes aos valores economizados a partir da recuperação de resíduos recicláveis; e **custos não passíveis de recuperação**, custos referentes a gastos com a destinação de resíduos não recuperados para aterro sanitário. Observa-se que, para o ano 2036, os gastos evitados com aterro de recicláveis podem alcançar o valor de R\$ 3.193.193,22, enquanto os custos destinados ao aterro de material não recuperado poderiam chegar a R\$ 354.799,25, tendo como resultado uma economia de R\$ 2.838.393,98 (SLU, 2016). Aliando-se ao fato de que os resíduos que deixarão de ser direcionados ao CTR Macaúbas deverão ser reciclados e comercializados, obtém-se uma relação de recuperação monetária potencial ainda maior. Os cálculos apresentados consideraram o custo de tratamento/aterramento no CTR Macaúbas em 2016 (R\$ 46,19) e devem ser interpretados apenas como informação preliminar em análises expeditas.

Quadro 1: Custos Evitados e Não Recuperados com Aterro/Tratamento de Recicláveis

Projeção de Geração de Resíduos Sólidos Recicláveis - PMGIRS-BH					
Ano	Gerados (t)	Coletados (t)	Taxa de Recuperação	Recuperados (t)	Destinados ao Aterro (t)
2036	216.163,00	76.813,00	90%	69.131,70	7.681,30
2016	(ano base)	7.281,90	78%	5.697,20	1.584,70
Ano	Custos Evitados - Aterro Sanitário CTR Macaúbas: R\$ 46,19 / tonelada (Referência 2016)				
2036	R\$ 3.193.193,22				
2016	R\$ 263.153,67				
Ano	Custos Não Recuperados - Aterro Sanitário CTR Macaúbas: R\$ 46,19 / tonelada (Referência 2016)				
2036	R\$ 354.799,25				
2016	R\$ 73.197,29				
Ano	Saldo (Custo Evitado - Custo Não Recuperado)				
2036	R\$ 2.838.393,98				
2016	R\$ 189.956,38				
Resíduos Totais Gerados em Belo Horizonte (t)				Custo de Tratamento/Aterramento	
Ano de Referência		Geração (t)		CTR Macaúbas, Sabará-MG (2016)	
2036		677.444,00		R\$ 46,19	
2016		671.803,00			

A fim de ampliar seu potencial de utilização, a implantação de LEV deverá superar algumas deficiências e fragilidades: *design* obsoleto; ineficiência da limpeza e organização; uso indevido por grandes geradores que utilizam as estruturas para depositarem seus resíduos; ausência de manutenção de contenedores; recorrente sobrecarga dos contenedores; rejeição por parte da população; deposição incorreta de outros tipos de resíduos; falta de campanhas de educação ambiental.

Entre os fatores viabilizadores da implantação de LEV, destacam-se: potencial de incorporação de catadores, inserção do cidadão como agente promotor da coleta seletiva, desenvolvimento de novas redes profissionais, novos mercados de produtos e serviços, economia com serviços de disposição final de resíduos, provisão de maior longevidade para aterros sanitários.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A problemática de gestão de resíduos tem caráter multidisciplinar, ao passo que soluções pontuais e não integradas resultam em baixa efetividade nos processos operacionais e de gestão. Sob este contexto, a reciclagem tem papel importante na gestão de resíduos sólidos (redução de custos de coleta e disposição), minimização de impactos negativos (contaminação do solo, ar e água, proliferação de vetores e doenças, desvalorização imobiliária), conservação de recursos naturais/energia e inserção social de pessoas que, por necessidade de subsistência ou afinidade, dependem economicamente da coleta, processamento e venda de resíduos.

Um dos entraves identificados na gestão de resíduos é o baixo investimento em ações de planejamento e ausência ou pouca informação referente às características, quantidade e composição dos resíduos recicláveis gerados nos municípios. O bom diagnóstico do sistema de gestão de resíduos é fator chave para o planejamento e proposição de metas, permitindo estabelecer os recursos técnicos e financeiros necessários para atingir índices de sustentabilidade mais palpáveis. O PMGIRS-BH, embora apresente metas relativamente tímidas referentes à reciclagem, mostrou-se um instrumento de extrema importância para implementação de políticas de gestão de resíduos de longo prazo, de modo a transcender limitações de tempo vinculadas a mandatos políticos.

Além de apresentar-se como prática essencial para o desenvolvimento sustentável das cidades, a reciclagem também propicia grande economia financeira evitando que resíduos com potenciais energéticos e/ou monetários sejam destinados para tratamento/aterro, garantindo maior longevidade de aterros sanitários e a racionalização de recursos públicos, que ser poderão direcionados às áreas de saúde e educação.

Por fim, este estudo evidenciou o enorme potencial de reciclagem vinculado à implantação de LEV, equipamentos com capacidade para prover maior efetividade na recuperação de insumos/matéria-prima,

redução do consumo energético, integração social, geração de renda, desenvolvimento técnico e conservação dos recursos naturais. A ampliação da taxa de reciclagem é fator crucial para o desenvolvimento sustentável das grandes cidades, contudo, a simples vinculação de recursos técnicos e financeiros à área não se refletem diretamente em resultados positivos, sendo necessária a efetiva participação social, com forte valorização dos sistemas de educação e comunicação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BELO HORIZONTE (Município). Lei nº. 10.534, de 11 de setembro de 2012. Disponível em: <<http://www.cmbh.mg.gov.br/leis/legislacao/pesquisa>>. Acesso em: Maio de 2018.
2. BELO HORIZONTE (Município). Prefeitura de Belo Horizonte – PBH. Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Belo Horizonte - PMGIRS/BH. 2015.
3. BELO HORIZONTE (Município). Prefeitura de Belo Horizonte – PBH. Relatório Consolidado do Diagnóstico dos Resíduos Sólidos - PMGIRS/BH. 2016.
4. BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Lei n. 12.305/2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>, acessado em 18. mai. 2018.
5. COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM (CEMPRE), 2015. Cempre Review 2015. [Http://Cempre.Org.Br/Artigo-Publicacao/Artigos](http://Cempre.Org.Br/Artigo-Publicacao/Artigos), 21.
6. DAMBROS, I. V.; CRUZ, S. F. de O. Gestão dos resíduos sólidos. In: SCALOPPE, L. A. E. (Org.) Seminários Regionais Ambientais – Vol. I. Cuiabá: KMC Editora, 2012.
7. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Indicadores de desenvolvimento sustentável: Brasil 2008. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/ids/default_2008.shtm>. Acesso em: 20 mai.
8. INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). Relatório sobre Pagamento por Serviços Urbanos para Gestão de Resíduos Sólidos. Brasília: IPEA 2010. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/100514_relatsau.pdf>. Acesso em: 17 de Julho de 2018.
9. MUCELIN, Carlos Alberto; BELLINI, Marta. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. Sociedade & Natureza, Uberlândia, v.20, N.1, 111-124 p., jun. 2008.
10. SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (2014,2016). Disponível em: <<http://www.snis.gov.br>>. Acesso em: Maio de 2018.
11. ORNELAS, A. R. (2011). Aplicação de métodos de análise espacial na gestão dos resíduos sólidos urbanos, 101.
12. SUPERINTENDÊNCIA DE LIMPEZA URBANA. SLU. Dados. Belo Horizonte, 2012-2018.
13. THEISEN, H. *Integrated solid waste management*. Nova Iorque: McGraw-Hill, 1993.
14. THOMAS, J. M. (2010). Economia Ambiental: Fundamentos, políticas e aplicações. São Paulo: Cengage Learning.