



TERRITORIALIDADE DA COLETA SELETIVA DE RESÍDUOS SÓLIDOS: ESTUDO DE CASO NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO COMO SUBSÍDIO À GESTÃO PÚBLICA

Moises Leão Gil

moisesgil@hotmail.com

Universidade Federal Fluminense –
UFF, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil.

Marcelo Pompermayer de Almeida

marcelo@valorainova.com.br

Universidade Federal Fluminense –
UFF, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil.

Claudia Daza Andrade

dazaclau@gmail.com

Universidade Federal Rural do Rio
de Janeiro – UFRJ, Rio de Janeiro,
Rio de Janeiro, Brasil.

Sidney Luiz de Matos Mello

smello@id.uff.br

Universidade Federal Fluminense –
UFF, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil.

Giovani Manso Ávila

giovaniavila@gmail.com

Universidade Federal do Rio de
Janeiro – UFRJ, Rio de Janeiro, Rio
de Janeiro, Brasil.

Estefan Monteiro da Fonseca

oceano25@hotmail.com

Universidade Federal Fluminense –
UFF, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil.

RESUMO

Uma análise territorial do município do Rio de Janeiro é apresentada com o objetivo de contribuir com o planejamento da coleta seletiva de resíduos sólidos e a tomada de decisão na gestão pública de limpeza urbana. A metodologia aplicada levou em consideração dados primários e secundários do atual sistema de coleta de resíduos sólidos no contexto da geografia metropolitana, cruzando essas informações com os dados de infraestrutura viária, demografia e perfil socioeconômico da população municipal, por meio de ferramentas de geoprocessamento. Estas informações, conjugadas e espacializadas, indicaram que o uso de diferentes modais, conforme as características de cada região, podem otimizar o processo de coleta, reduzindo custos da operação e melhorando a prestação de serviços. Esses resultados corroboram a importância da análise de dados geográficos para a otimização de recursos, eficiência e qualidade dos programas de coleta seletiva, tendo em vista o atendimento à Política Nacional dos Resíduos Sólidos.

Palavras-chave: Planejamento Urbano; Resíduos Sólidos; Coleta Seletiva.



1. INTRODUÇÃO

O processo de industrialização e avanços tecnológicos ocorridos nos últimos quatro séculos resultou num aumento exponencial da população e concentração em áreas urbanas, acarretando graves problemas ao meio ambiente, dentre eles a geração desenfreada de resíduos sólidos. A concentração de geração desses resíduos agrava-se onde é alta a concentração populacional, e de consumo. A problemática do lixo urbano resulta, assim, da associação entre a precária ou total inexistência de infraestruturas adequadas às cidades e à falta de consciência ecológica, conduzindo a um quadro de caos (Silva *et al*, 2001).

Quadros de crise financeira e a limitação de recursos naturais, associados ao prejuízo ao meio ambiente e à saúde pública, devido à disposição inadequada dos resíduos, fizeram com que a sociedade se conscientizasse quanto à necessidade da reciclagem. Com isso, o retorno dos resíduos recicláveis à cadeia produtiva como matéria-prima para a produção de novos produtos estabeleceu-se por necessidades eventuais, como em épocas de crise e escassez, vivenciadas durante as duas últimas grandes guerras (Wells, 1995 apud Periotto; Frulan, 2013).

Os primeiros relatos quanto ao reaproveitamento da fração reciclável do lixo por meio do uso de usinas de triagem decorrem do século XIX (Eigenheer; Ferreira, 2009). Porém, a coleta seletiva de lixo inicia mesmo nos Estados Unidos e chega depois à Europa, com os primeiros registros de programas de coleta seletiva e reciclagem sendo datados no período da Segunda Guerra Mundial (Santos, 1995 apud Lima; Ribeiro, 2000).

Martins (2002) apud Besen (2006) aponta que nos países desenvolvidos a gestão dos resíduos sólidos passou por 3 momentos específicos: o primeiro, durante os anos 1970, centrado na destinação final; o segundo, durante os anos 1980, na redução e reciclagem; e o terceiro, depois da década de 1990, com o estabelecimento de leis e normas para a implantação da coleta seletiva, reciclagem e aproveitamento energético.

No Brasil, com Política Nacional dos Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010), todos os municípios da federação ficam obrigados a encerrar seus lixões e destinar os seus resíduos, que não forem passíveis de reciclagem, para aterros sanitários. A lei também prevê a implantação e expansão progressiva da coleta seletiva solidária municipal com a participação de organizações de catadores de materiais recicláveis. A coleta seletiva solidária é um instrumento de gestão ambiental que deve ser implementado visando à recuperação de material reciclável para fins de reciclagem (Brasil, 2010).

A coleta seletiva no Brasil tem sido resultado de iniciativas e ações informais realizadas por organizações de ca-

tadores de materiais recicláveis. No País, apenas 16,66% dos 5.561 municípios estão operando programas de coleta seletiva, o que corresponde a 927 experiências implantadas e em funcionamento, conforme demonstra uma pesquisa sobre o tema desenvolvida pelo Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE, 2014).

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2016) divulga anualmente o “Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos”, que em sua décima terceira edição referente ao ano de 2014, aponta que de um total de 3.765 municípios pesquisados, 1.322 informaram realizar qualquer tipo de coleta seletiva, seja por Ponto de Entrega Voluntária (PEV) ou porta-a-porta. Contudo, não foi feita uma avaliação da abrangência da coleta seletiva nesses municípios, podendo ser apenas em uma localidade, em parte do município, ou em toda a cidade. Destes 1.322 municípios, 1.178 disseram que realizam a coleta seletiva porta-a-porta, atendendo a um total de 52 milhões de habitantes, valor bem superior ao exposto pelo CEMPRE (2014), que indicou 28 milhões de pessoas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A coleta seletiva: importância e técnica

Segundo Ribeiro e Besen (2011), a coleta seletiva desempenha uma função fundamental na gestão integrada dos resíduos sólidos sob diversos modos: promove a prática da segregação dos resíduos sólidos diretamente no gerador para posterior aproveitamento, fomenta a prática de ações de redução de consumo e desperdício através da educação ambiental, promove a inclusão socioeconômica de catadores de materiais recicláveis e propicia um melhor resíduo orgânico para a compostagem.

Para Cunha e Caixeta Filho (2002), a operação da coleta de resíduos inicia-se com a saída do veículo da garagem, seguido do deslocamento até roteiro de coleta, abrangendo todo o trajeto gasto na viagem para remoção dos resíduos dos pontos de coleta, transporte até transbordos e/ou destino final (usinas de triagens, aterros, cooperativas de catadores), até o retorno ao ponto de partida. Todavia, os sistemas de coleta implantados são distintos, podendo variar de sistemas sem organização nenhuma a sistemas onde o material é separado na fonte em mais de 10 tipos e coletados por veículos especializados. Essa variação entre os modelos existentes torna a comparação muitas vezes complexa.

Os sistemas operacionais utilizados, de forma geral, são o sistema de coleta realizado diretamente na propriedade e o sistema de pontos de entrega (Dahlén; Lagerkvist, 2010). Para Kogler (2007), o sistema de coleta realizado direta-



mente na propriedade é aquele onde o material é coletado com o produtor individual (residências). Este serviço pode ser dividido em dois: sistema *kerbside*, em que cada moradia possui um ou mais containers posicionados nas calçadas, nos quais o morador é obrigado a colocar os resíduos para posterior coleta; e o sistema *full-service*, também conhecido como sistema porta-a-porta, em que é facultativo ao morador adotar o uso de containers, coletores ou sacos para dispor os resíduos, que podem ficar armazenados dentro ou fora da residência. No sistema de pontos de entrega o morador leva o material produzido para locais específicos para o descarte correto, que também pode ser dividido em duas categorias: postos de entrega, que se tratam de containers de diversos tamanhos situados próximos às residências, com abrangência de um posto para cada 600 habitantes, como no caso de Aarhus, Dinamarca (Larsen et al., 2010), ou um posto para entre 400 e 1000 habitantes, como nos municípios suecos (Dahlén et al., 2007). O outro sistema de entrega são os centros de reciclagem, que se tratam de áreas maiores, com possibilidade de entrega de diversos tipos de materiais, incluindo resíduos volumosos e perigosos, onde cada centro cobre em torno de 6.000 moradores (Larsen et al., 2010).

Kuhn *et al.* (2018) constaram, por meio de revisão sistemática integrativa, que a maioria dos municípios brasileiros possuem limitações para cumprir a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, especialmente para a implantação da coleta seletiva de forma efetiva.

Conke e Nascimento (2018), analisando as quatro principais pesquisas brasileiras sobre gestão de resíduos sólidos, concluíram que apenas 41% dos municípios brasileiros possuem coleta seletiva, e só 10% do material que é potencialmente reciclável é coletado.

Grimberg e Blauth (1998) apontam que no Brasil existem duas modalidades básicas de coleta seletiva: a de porta-a-porta, onde agentes de limpeza e/ou agentes ambientais percorrem as ruas juntamente com o veículo coletor, recolhendo os materiais recicláveis previamente separados e dispostos na frente dos domicílios e estabelecimentos comerciais; e os PEV, no qual a população se desloca até locais estrategicamente definidos para dispor o material segregado em casa. Entretanto, os mesmos autores observam que é difícil mensurar a adesão da comunidade à coleta seletiva através dos PEV, bem como o risco de vandalismo que pode se apresentar, como o depósito de lixo orgânico e/ou animais mortos e a danificação e destruição dos coletores.

Quanto à coleta seletiva porta-a-porta, embora necessite de maior infraestrutura e apresente custos mais elevados para coleta e transporte, proporciona uma maior comodidade à população, que resulta numa maior participação da sociedade nos programas de coleta seletiva, além de pos-

sibilitar um melhor controle e fiscalização por parte dos órgãos responsáveis pela execução do serviço, permitindo a tomada de medidas específicas para que se tenha uma maior participação popular (Grimberg; Blauth, 1998).

Bernardo e Lima (2017) elencam que os pontos-chaves a serem considerados no momento do planejamento para implantação da coleta seletiva, como a frequência, horário e a forma da coleta, para evitar transtornos à população, sejam economicamente viáveis.

Desta forma, um dos principais gargalos para que a reciclagem se torne eficiente é a etapa de coleta e transporte dos materiais recicláveis. Devido ao planejamento inadequado por parte do poder público e ao fato dos materiais recicláveis possuírem um volume elevado em relação ao seu peso, muitas vezes a coleta acaba não sendo economicamente viável. Assim sendo, a escolha dos veículos utilizados para o transporte dos materiais recicláveis, dispositivos de armazenamento e áreas para transbordo são fundamentais para que a operação seja economicamente viável.

No Brasil, são utilizados vários modais para realização da coleta seletiva porta-a-porta, entre eles o caminhão sem compactação (carroceria gaiola ou baú), caminhão compactador e carroças (tração humana ou motorizada).

Gil e Avila (2017) analisou os meios utilizados para execução da coleta seletiva no Brasil, comparando o caminhão compactador, caminhão baú e veículo motorizado não tripulado associado a um transbordo. Encontraram que o veículo não tripulado apresentou menor custo e menor impacto no tráfego local, tendo em vista as dimensões do equipamento. No entanto, são necessárias mais estruturas para cobrir a mesma área que um caminhão baú e/ou compactador cobre. O caminhão compactador apresenta maior eficiência, porém, maior custo, podendo causar impactos significativos no trânsito, principalmente em vias locais ou áreas comerciais cujas vias são estreitas, muitas vezes bloqueando-as enquanto a coleta é realizada.

O presente estudo discute o planejamento da coleta seletiva urbana, a partir da análise territorial e do sistema de transporte de coleta em meio a uma das mais importantes cidades do País, Rio de Janeiro, que possui uma população da ordem de 6,2 milhões de habitantes.

3. MATERIAIS E MÉTODO

Pesquisa exploratória de caráter quali-quantitativo, baseada em dados e informações pré-existentes com respeito a coleta seletiva na cidade do Rio de Janeiro e Brasil, bem como por obtenção de novos dados.



Área de estudo

O município do Rio de Janeiro, capital do estado do Rio de Janeiro, está localizado na região Sudeste do País (Figura 1), tem como municípios limítrofes Duque de Caxias, Itaguaí, Seropédica, Mesquita, Nilópolis, Niterói, Nova Iguaçu e São João do Meriti.

Com uma área de 1.200,179 km² e aproximadamente 6.453.682 habitantes, a cidade tem uma densidade demográfica de 5.265,82 hab./km², um Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0,799 (IBGE, 2010), e é subdividida em cinco Áreas de Planejamento (AP), 34 regiões administrativas e 160 bairros (Rio de Janeiro, 2015).

Gestão dos resíduos sólidos no Rio de Janeiro/RJ

Com relação aos resíduos sólidos, a regulamentação do processo de gestão de resíduos é conferida na Lei Municipal nº 3.273, de 6 de setembro de 2001, que trata da Gestão do Sistema de Limpeza Urbana no Município do Rio de Janeiro. O artigo 30 da referida lei confere ao órgão ou entidade pública a autonomia para “estabelecer e determinar as normas e procedimentos que se façam necessários à garantia das boas condições operacionais e qualidade dos serviços relativos à remoção dos resíduos sólidos urbanos” (Rio de Janeiro, 2001).

No Rio de Janeiro, a gestão dos resíduos sólidos está a cargo da Companhia Municipal de Limpeza Urbana (Comlurb).

O Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) da cidade, elaborado seguindo as orientações das Leis nº 11.450/2007 (que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico) e nº 12.305/2010 (Política Nacional dos Resíduos Sólidos), apresenta o “diagnóstico da situação atual dos resíduos sólidos na Cidade do Rio de Janeiro no cenário do ano de 2014”.

Segundo os dados do PMGIRS-RJ (Rio de Janeiro, 2015), a produção per capita média de resíduos sólidos urbanos foi de 1,43 kg, perfazendo cerca de 9.277 toneladas/dia de resíduos sólidos coletados, sendo que em torno de 8.370 toneladas foram de resíduos coletados de competência municipal. As 907 toneladas restantes são compostas por resíduos de grandes geradores e de construção civil. Deste montante de 8.370 toneladas de resíduos coletados de competência municipal, 4.900 toneladas correspondem à lixo domiciliar, representando 58,54% do total.

Dessa maneira, ao considerarmos apenas a produção de origem domiciliar, essa geração cai para 0,76 kg/hab./dia. A Tabela 1 apresenta a geração per capita de resíduos sólidos urbanos por área de planejamento do município, sendo a AP 1, que corresponde ao centro do município, a área com maior geração de resíduos per capita, com 1,22 kg/hab./dia.

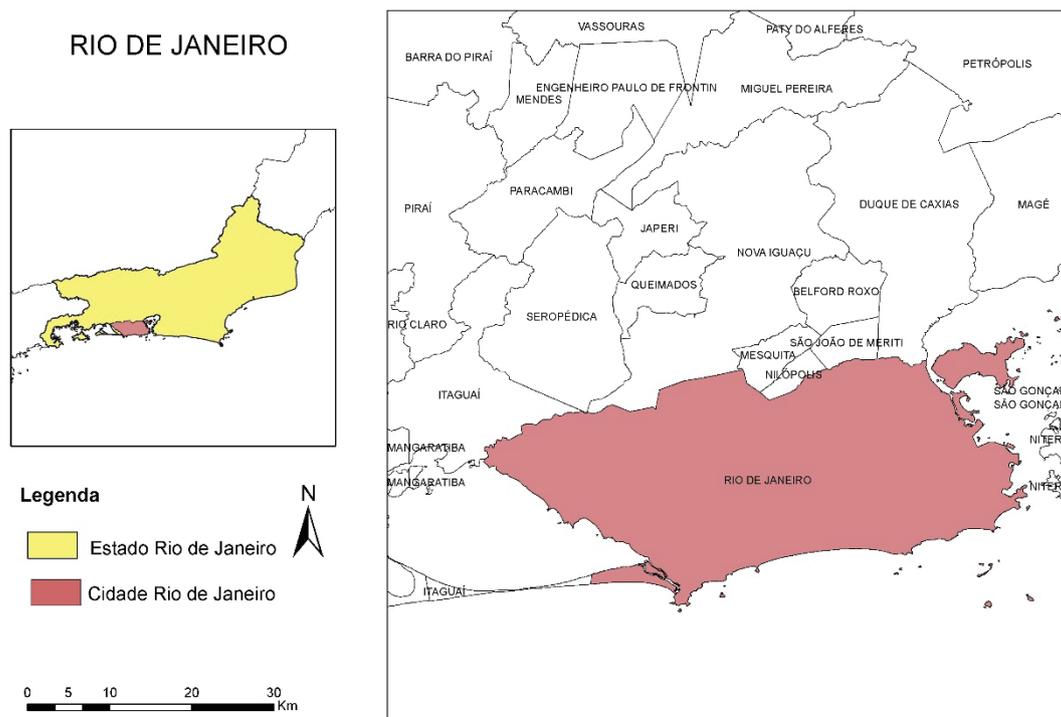


Figura 1. Localização do município do Rio de Janeiro/RJ.



Tabela 1. Produção per capita de lixo domiciliar por Área de Planejamento

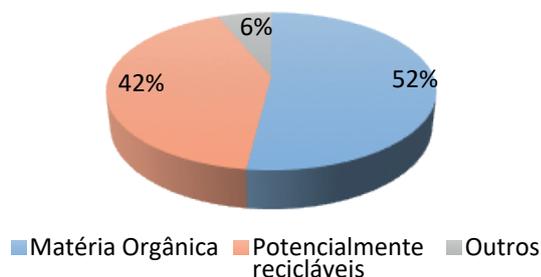
Dados		AP 1	AP 2	AP 3	AP 4	AP 5	TOTAL
População	Hab	307261	1006780	2399437	990545	1749659	6453682
	(%)	4,8	15,6	37,2	15,3	27,1	100,0
Resíduos Coletados	Ton/dia RSU	707	1338	3379	1388	2415	9227
	Ton/dia RSD	375	709	1791	736	1280	4890
	(%)	7,7	14,5	36,6	15,0	26,2	100,0
Per Capita RSD (kg/hab/dia)		1,22	0,70	0,75	0,74	0,73	0,76

Fonte: Adaptado de Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PMGIRS da cidade do Rio de Janeiro (2015).

RSU: Resíduos Sólidos Urbanos; RSD: Resíduos Sólidos Domiciliares

A Figura 2 apresenta a composição dos resíduos referentes ao lixo domiciliar, relativos ao ano de 2014. Do total das 4.900 toneladas/dia de resíduos domiciliar, 41,7% é composta por materiais potencialmente recicláveis. Contudo, 25% são efetivamente recicláveis. Destes, 36,9% corresponde à papel, 4,0% à metal, 8,4% à vidro e 50,7% à plástico.

Composição do lixo domiciliar do Rio de Janeiro/ RJ



Composição da Fração Reciclável

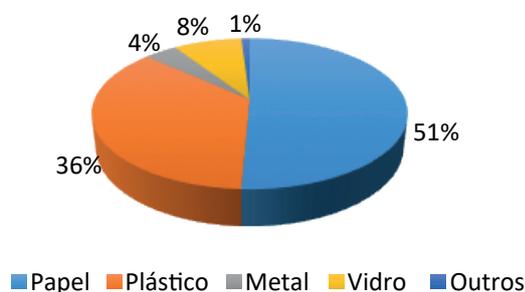


Figura 2. Composição do lixo domiciliar e de sua fração reciclável.

Fonte: Adaptado de Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PMGIRS da cidade do Rio de Janeiro, 2015.

Visando atender à PNRS, com a desativação do lixão do Jardim Gramacho, em Duque de Caxias/RJ, os resíduos sólidos gerados no município do Rio de Janeiro passaram a ser destinados para a Central de Tratamento de Resíduos de Seropédica/RJ, que é gerido pela empresa CICLUS, e também atende aos municípios de Itaguaí, Seropédica e Mangaratiba.

Com o objetivo de reduzir os custos de investimento, custos operacionais, os impactos no tráfego e a emissão de gases que contribuem para o efeito estufa, tendo em vista

que Seropédica se localiza à aproximadamente 80 quilômetros do Rio de Janeiro, o plano prevê a implantação de sete Estações de Transferência de Resíduos (ETR), das quais cinco já estão implementadas (Caju, Jacarepaguá, Marechal Hermes, Santa Cruz e Bangu), ficando pendente as ETR da Penha e de Taquara.

A Figura 3 esquematiza o fluxo dos resíduos coletados na cidade do Rio de Janeiro, passando pelas ETR e sendo encaminhado para a Central de Tratamento de Resíduos (CTR) de Seropédica/RJ.

Coleta seletiva no Rio de Janeiro/RJ

Embora iniciada em 1993, logo após a Rio 92, a coleta seletiva do Rio de Janeiro só foi impulsionada a partir de 2010, por meio de um contrato firmado entre a prefeitura e o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) no valor de dez milhões de reais, para a implantação do Programa de “Ampliação da Coleta Seletiva na Cidade do Rio de Janeiro”, que teve como objetivo a construção de Centrais de Triagem e a ampliação da frota de veículos para a coleta seletiva.

Embora a previsão fosse construir seis Centrais de Triagem, com capacidade total de recebimento e triagem de 150 toneladas/dia e a geração de 1.500 postos de trabalho para catadores e catadoras do município, apenas duas centrais foram construídas, a de Irajá e a de Bangu. Por conta do não cumprimento das metas e prazos, o contrato foi encerrado e o recurso devolvido.

A ampliação da frota veio em 2012, por meio do edital de Pregão Presencial Nº 083/2012, para contratação de Prestação de Serviços de Locação de Veículos e Equipamentos para Controle Urbano e Coleta Seletiva. Por meio do referido edital foram cotados e contratados 13 caminhões com as seguintes especificações: veículo para coleta de recicláveis, tipo compactador 15m³, chassi 16t, motor eletrônico e transmissão automática, caixa compactadoras de laterais lisas e carregamento traseiro, com basculamento automático e simultâneo de dois contêineres plásticos e 2 rodas/240



Figura 3. Fluxo dos resíduos coletados no município do Rio de Janeiro.

Fonte: Adaptado de Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PMGIRS da cidade do Rio de Janeiro (2015).



Figura 4. Caminhão utilizado na coleta seletiva do Rio de Janeiro.

litros (Figura 4); e três veículos para coleta de recicláveis, tipo carroceria fixa 20m³, dotado de guindaste hidráulico veicular de 3.500 kg x m de momento, chassi 14,5t.

Atualmente a coleta é realizada, ainda que parcialmente, em 113 dos 160 bairros do município. Entre 2011 e 2015, foram coletadas, em média, 12.560 toneladas por ano. A coleta é realizada com uso de caminhões compactadores que encaminham o material coletado para as duas centrais de triagem e 22 cooperativas de catadores localizadas no município. A grande maioria das cooperativas estão localizadas na Zona Oeste da cidade, com 13 grupos, seguido da Zona Norte com sete grupos e Centro, com quatro cooperativas (Rio de Janeiro, 2015).

Os dias e horários de coleta por localidade encontram-se disponíveis no site da Secretaria de Meio Ambiente do município. Cabe à população não misturar a fração orgânica e rejeito com os materiais recicláveis, que devem ser armazenados em sacos transparentes ou translúcidos nas cores azul e verde, para que o agente de coleta possa verificar se não há materiais indesejados junto com o material reciclável

(resíduos orgânicos ou de higiene pessoal) e colocar na frente de seu estabelecimento no dia e horário correto.

Análise territorial

Os dados foram obtidos a partir do IBGE (2010), malha viária do Rio de Janeiro/RJ (material disponibilizado pela Organização não Governamental Instituto de Políticas de Transporte & Desenvolvimento – ITDP Brasil) e informações do PMGIRS 2014. O software utilizado para as análises territoriais e populacionais do município do Rio de Janeiro/RJ foi o ArcGis 10.1.

O primeiro passo para o desenvolvimento da análise territorial foi definir elementos gerais para a construção de uma metodologia voltada para definir sistemas de coleta de resíduos sólidos recicláveis no município do Rio de Janeiro.

A análise foi, assim, baseada em aspectos territoriais que ajudam a avaliar e a definir o método de coleta para um território com diferentes características socioambientais, sen-



do os aspectos ambientais relativos ao relevo, declividade das encostas que exercem importante papel sobre a mobilidade urbana e consequentemente o desejo viário implantado sobre este relevo.

Em seguida, foram analisados os aspectos sociais relacionados à distribuição da população por bairros, considerando a população total e a densidade demográfica, pois os bairros apresentam dimensões variáveis, sendo necessário avaliar os dois tipos de relações para o entendimento da distribuição populacional. Associado a isto, foram verificados os rendimentos médios familiares dos bairros e os quantitativos totais de vias em quilômetros por bairros. Esta correlação permite estabelecer algum tipo de relação entre renda e mobilidade, apesar de não ser um indicador definitivo, ajudar a entender as possibilidades de acesso a áreas de maior renda e onde o consumo é proporcional à produção de materiais recicláveis em maior quantidade e valor.

Por fim, para minimizar os efeitos das relações entre tamanho de bairros e a distribuição viária, foram quantificadas a relação da extensão viária em quilômetros por hectare, a quantidade de habitantes por quilômetro de via, a estimativa de materiais recicláveis gerados por bairro e a estimativa de materiais recicláveis gerados por quilometro, possibilitando identificar bairros onde um maior ou menor número de habitantes produtores de resíduos sólidos estão mais acessíveis à coleta e aos diferentes tipos de coleta.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Análise do relevo

Ao analisar o mapa hipsométrico e de declividade do município do Rio de Janeiro é possível verificar uma cidade subdividida em quatro compartimentos morfológicos delimitados por um relevo montanhoso em forma de arco, que inicia-se nas imediações do bairro do Recreio (porção sudoeste - SW), na proximidade do mar, estendendo-se até Jacarepaguá (porção central), delimitando um paredão rochoso que separa a porção sul (S) da porção norte (N) do Município, estendendo-se até o Alto da Boa Vista (porção sudeste - SE) quando delimita a Zona Sul e Centro (compartimento leste - L) em contato com a Baía da Guanabara (Figura 5).

Esta configuração morfológica implica em fatores que impactam diretamente nas dinâmicas urbanas da cidade, pois além de existir um relevo que dificulta a conexão entre os diversos espaços, este relevo apresenta declividades bastante acentuadas nas vertentes destes morros, gerando, com isto, um vazio urbano significativo na porção central do município.

Assim, estas condições de relevo impõem restrições à implantação de vias, interferindo diretamente nas possibilidades dos sistemas de coleta para as diferentes condições de relevo.

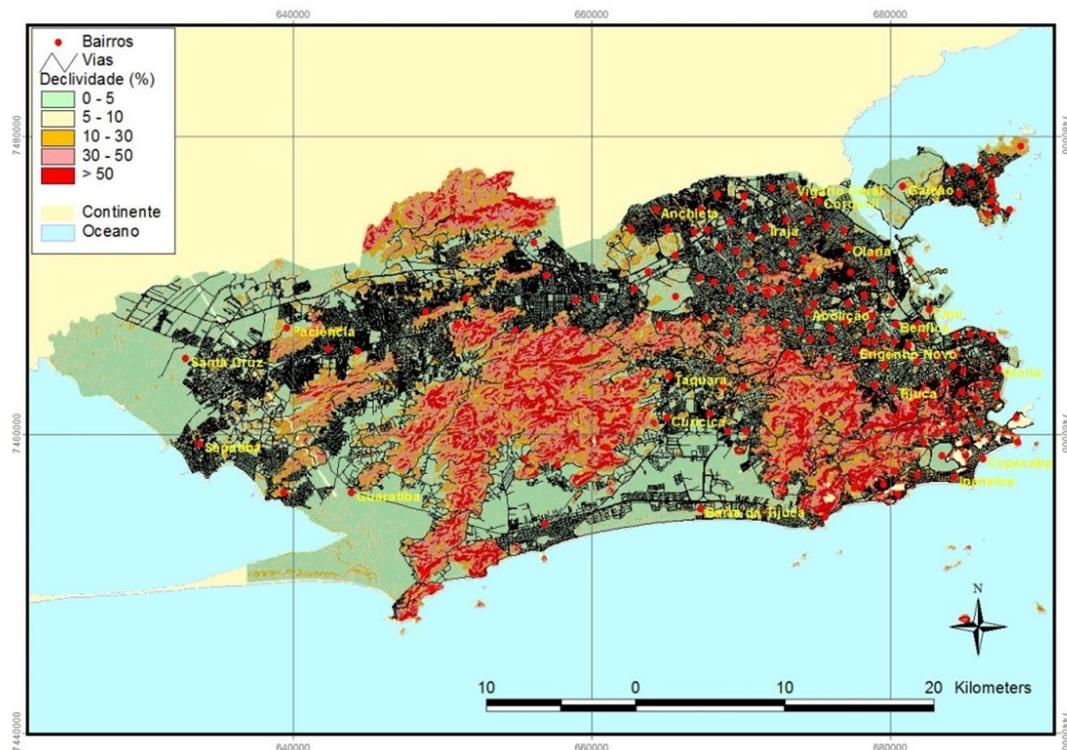


Figura 5. Mapa hipsométrico e de declividade e suas implicações sobre o desenho viário e urbano da cidade.

Fonte: Elaborada pelos autores a partir das bases cartográficas do IBGE (2010).



Análise populacional

Tendo sido analisadas as macro características de relevo da cidade, é importante compreender de que forma estas influenciam a distribuição das populações em seu tecido urbano.

Apesar de não ser a unidade territorial mais indicada, pois não desagrega suficientemente as informações para análises mais específicas, a unidade bairro atende satisfatoriamente os objetivos deste trabalho, já que permite identificar bairros onde os diferentes sistemas de coleta podem ser mais adequados com as condições socioambientais e operacionais dos equipamentos de coleta utilizados na cidade.

Uma breve análise da distribuição espacial das populações por bairros revela maiores quantitativos na Barra da Tijuca e Zona Sul (porção sul - S) e Zona Oeste (noroeste - NW) da cidade (Figura 6). Tais resultados se justificam em função de nestas áreas existirem bairros com áreas expressivamente superiores aos bairros da região central e Zona Norte (porção leste - E e nordeste - NE da cidade). Uma análise isolada desta representação poderia dar uma visão distorcida sobre a distribuição da população das demandas de serviços e sistemas de coleta para estas áreas.

Visando entender melhor a distribuição da população pelos bairros da cidade, foram calculadas as densidades de-

mográficas e de habitantes por hectare por bairro (Figura 7), o que revelou informações que possibilitam um melhor planejamento referente a qual sistema de coleta seletiva adotar com base nas características locais.

A análise do mapa de densidade demográfica dos bairros indica uma maior concentração populacional, exatamente nas Zonas Sul, Centro e Norte (porção leste - E) da cidade, justamente pelo fato de serem bairros com menores áreas. Portanto, por meio da densidade demográfica (hab/ha), verifica-se que a porção leste do município concentra a maior parte da população da cidade, ou seja, um maior contingente populacional por área.

Densidade viária

A extensão do sistema viário da área estudada é outro fator a ser considerado no planejamento da coleta seletiva, podendo ser usados diferentes modelos conforme a região. Foram calculadas as extensões viárias em metros por hectare que, da mesma forma que a análise das populações, revelou-se uma maior densidade (capilaridade) viária nas Zonas Sul, Centro e Norte da cidade (Figura 8).

Para refinar o modelo, ou para testá-lo foi observada a quantidade de habitantes por quilômetro de vias (Figura 9). Os resultados destas análises revelaram que as Zonas

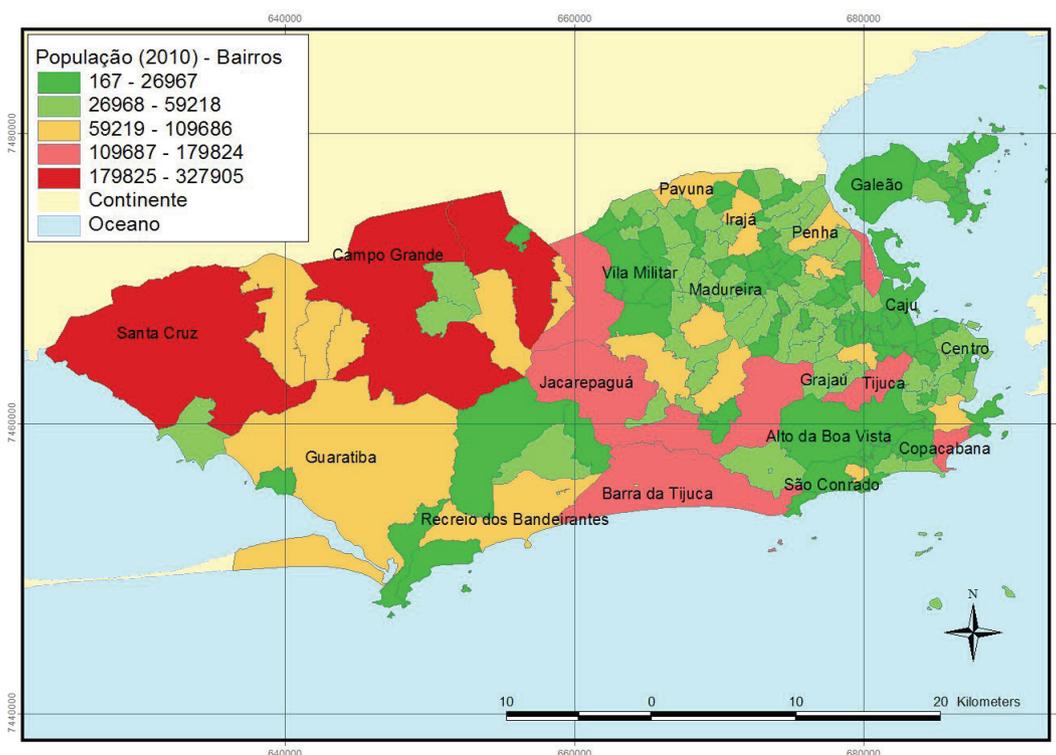


Figura 6. Mapa de população por Bairro.

Fonte: Elaborada pelos autores a partir dos dados do censo do IBGE (2010).

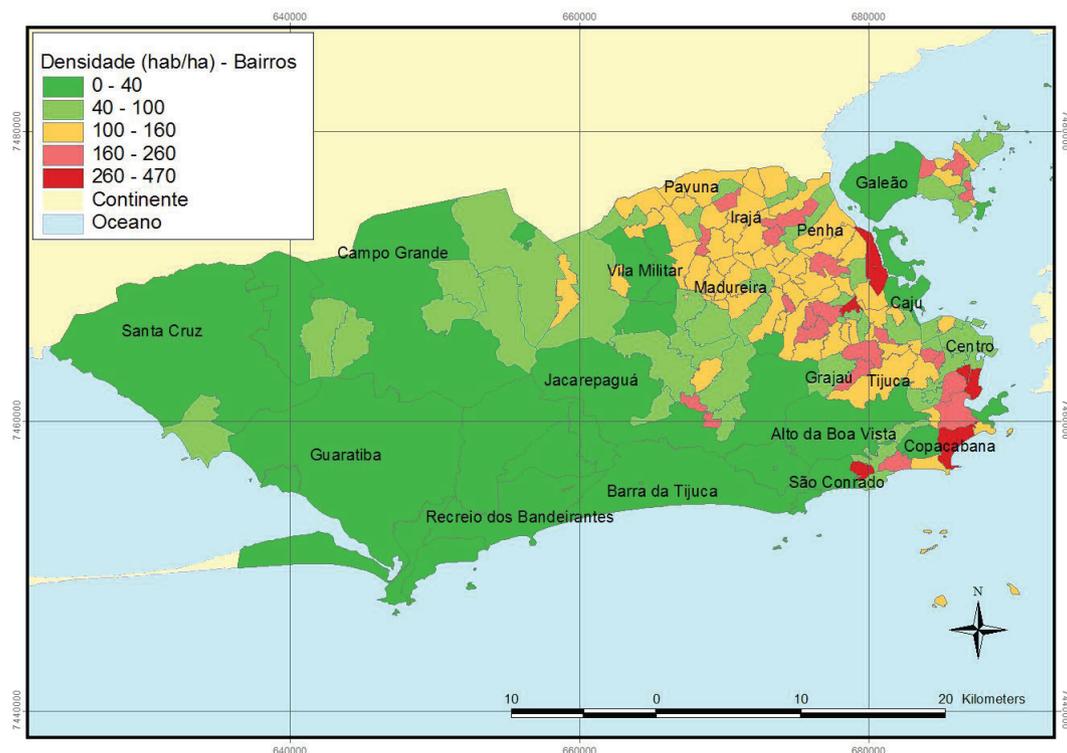


Figura 7. Mapa de densidade demográfica (hab/ha) por Bairro.
 Fonte: Elaborada pelos autores a partir dos dados do censo do IBGE (2010).

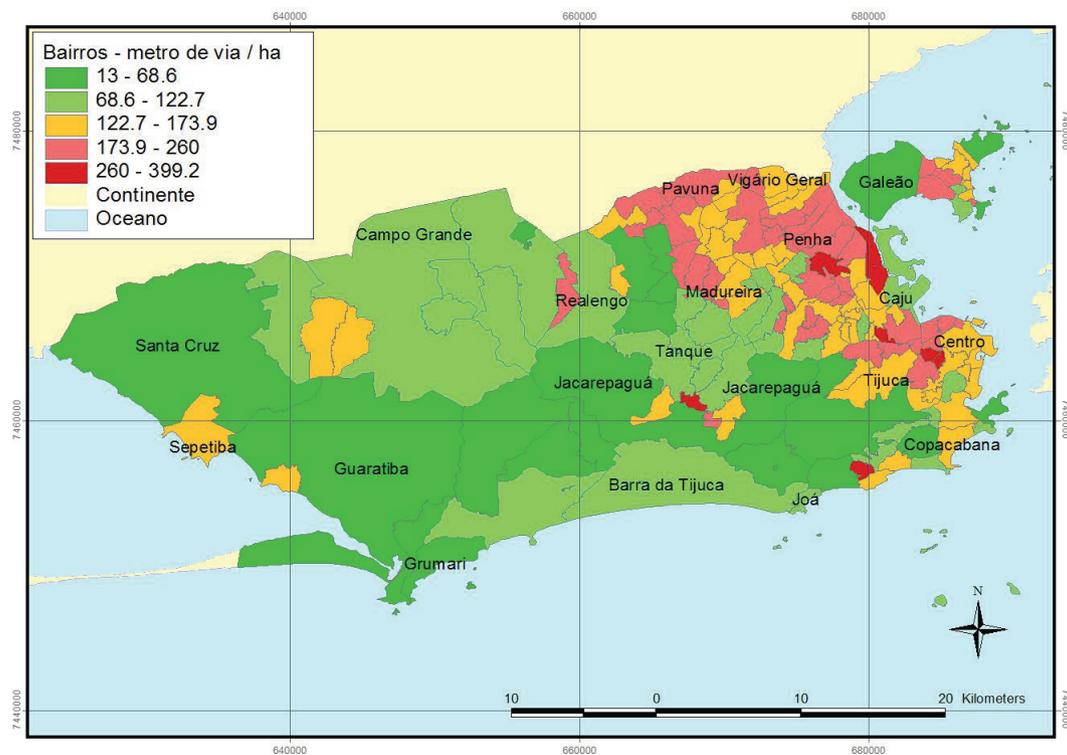


Figura 8. Mapa das extensões viárias em quilômetros por hectare nos bairros.
 Fonte: Elaborada pelos autores a partir dos dados do censo do IBGE (2010).

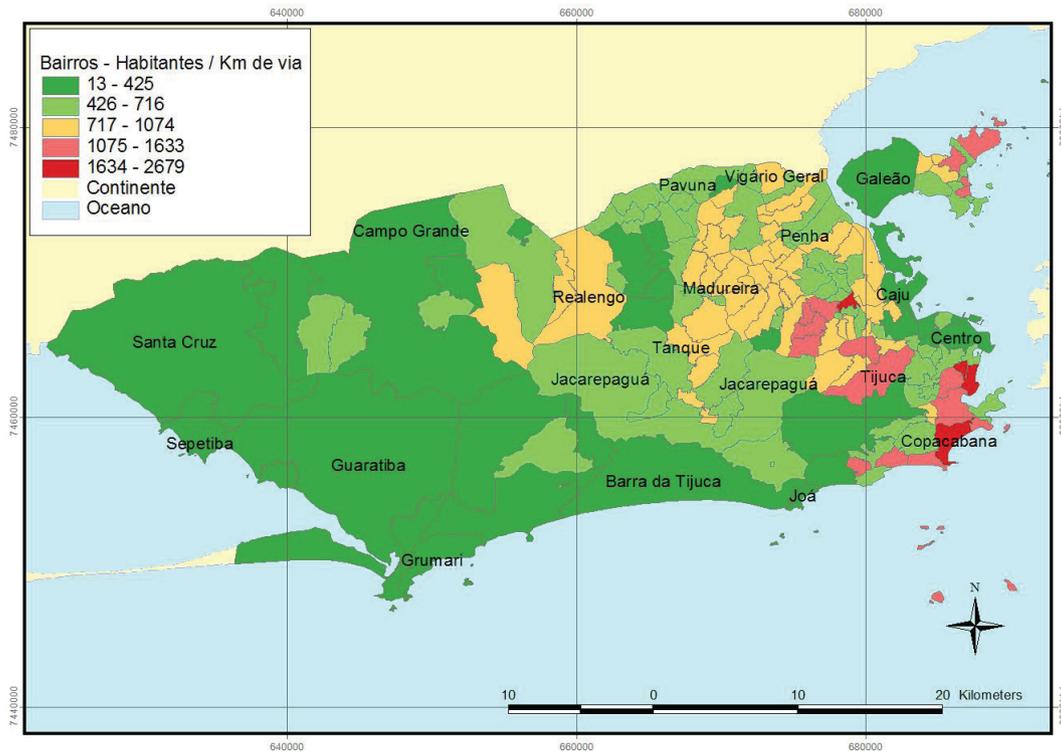


Figura 9. Mapa da relação de habitantes por quilômetros de via por bairros.

Fonte: Elaborada pelos autores a partir dos dados do censo do IBGE (2010).

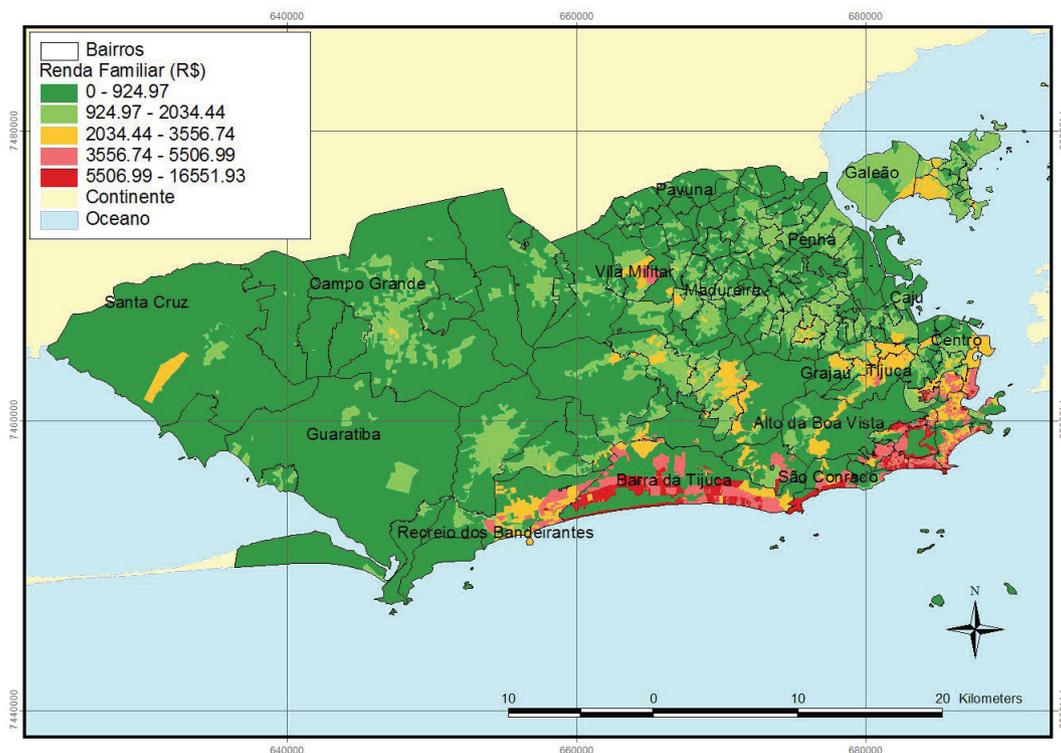


Figura 10. Mapa de Renda Média Familiar (R\$) por Bairro.

Fonte: Elaborada pelos autores a partir dos dados do censo do IBGE (2010).



Sul, Centro e Norte da cidade apresentam concentração de áreas mais viáveis, com indicação de bairros onde existe uma maior população por via; em outras palavras significaria muitos resíduos potencialmente recicláveis em curtas distâncias, o que seria um fator importante para a localização de ecopontos com catadores utilizando equipamentos de coleta de baixo custo.

Correlação vias x renda x recicláveis gerados

Tendo em vista que as maiores densidades demográficas ocorrem nos bairros localizados nas Zonas Sul, Centro e Norte, podemos considerar, por analogia, que estas áreas são as que produzem uma maior quantidade de resíduos sólidos domiciliares por área e, conseqüentemente, os bairros da Barra da Tijuca e os da Zona Oeste produzem uma menor quantidade por área, o que justifica a adoção de sistemas de coleta apropriados para cada local, capazes de atender melhor a população com menos recursos investidos.

Além da densidade, a renda média dos habitantes de cada bairro também merece atenção, já que pessoas com maior poder aquisitivo acabam gerando mais resíduos, principalmente os mais valorados hoje na cadeia produtiva dos recicláveis. Partindo-se desta premissa, investigou-se o rendimento médio das famílias residentes nos bairros, desagregados por setores censitários, onde pode-se observar que as famílias de maior rendimento residem na Barra da Tijuca (porção sul da AP 4) e os bairros mais próximos da orla da Zona Sul (Figura 10). Com isso, o que se vê é que as famílias mais próximas ao mar têm maior renda e, conseqüentemente, podem produzir maiores quantidades de resíduos recicláveis em função do maior potencial de consumo de produtos descartáveis, mas este tipo de inferência não é definitivo e deveria ser objeto de análises mais específicas.

Em seguida, foram analisadas as extensões viárias em quilômetros por bairros (Figura 11). Neste caso, a dimensão do bairro mostrou um elemento importante na explicação dos quantitativos. Cabe fazer uma breve reflexão nesse ponto, pois bairros com maior distância ao núcleo original da cidade,

como os localizados na Barra da Tijuca e na Zona Oeste, possuem longos eixos lineares para que possam ser acessados, criando vias longas que oneram a coleta dos resíduos sólidos nestas áreas. É importante explicitar que o tecido urbano de melhor renda localizado na porção sul (Barra da Tijuca e Zona Sul) do município, próximo à praia, é bastante denso e verticalizado na estreita planície marinha entre os morros e o mar.

Por fim, foram feitas análises da quantidade de materiais recicláveis gerados por quilometro por dia (Figura 12).

Tendo em vista que o PMGIRS da cidade do Rio de Janeiro apresenta os valores diários per capita de resíduos sólidos domiciliares gerados por habitante em cada AP e que a proporção de materiais efetivamente recicláveis presentes nesses resíduos é de 25%, a Tabela 2 apresenta as informações referentes à população, área e densidade demográfica de cada AP e quantidade de material reciclável prevista a ser gerada em cada AP do Rio de Janeiro.

Com base na quantificação da quilometragem, população e quantidade de materiais recicláveis por bairro, foi feita uma análise da quantidade de materiais recicláveis gerados por quilometro e por bairro (Figura 12), que indica que os bairros da Zona Sul são os que mais geram materiais por quilometro.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um dos maiores limitadores para a sustentabilidade da coleta seletiva está associado ao transporte dos materiais recicláveis. Diferente da coleta convencional, onde é possível otimizar ao máximo o espaço do dispositivo de armazenamento dos resíduos por meio da compactação, a coleta seletiva é onerosa por conta da relação peso/volume do material coletado, sendo o volume o limitador da capacidade de coleta do equipamento utilizado. Com isso, o estudo dos custos associados às peculiaridades socioambientais de cada local são de extrema importância para viabilidade da operação.

Tabela 2. População, densidade demográfica e quantidade de material reciclável prevista a ser gerada em cada área de planejamento do Rio de Janeiro.

Dados		AP 1	AP 2	AP 3	AP 4	AP 5	TOTAL
População	Hab	307261	1006780	2399437	990545	1749659	6453682
	Área (Km ²)	34,39	5,97	203,47	293,79	592,45	1130,07
	Densidade	8935	168640	11793	3372	2953	5711
Resíduos Coletados	Ton/dia RSD	375	709	1791	736	1280	4890
	Ton/dia REC	94	177	448	184	320	1223
Per Capita REC (kg/hab/dia)		0,30	0,18	0,19	0,19	0,18	0,19

Fonte: Elaborada pelo próprio autor (2017).

RSD: Resíduos Sólidos Domiciliares; REC: Resíduos Recicláveis.

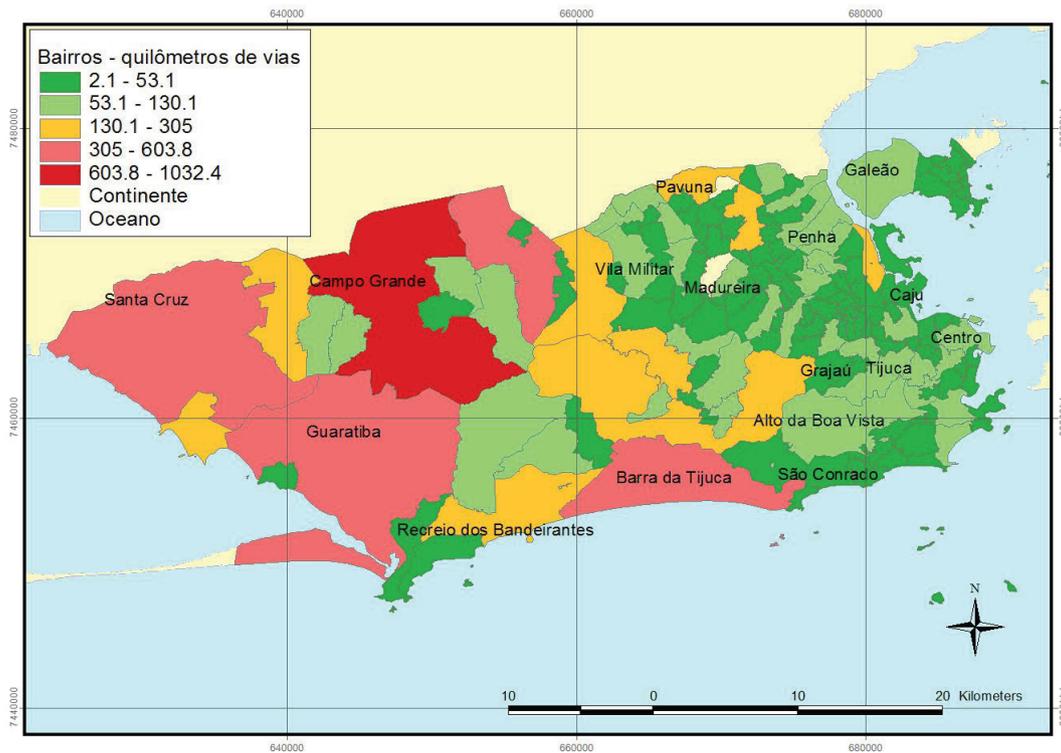


Figura 11. Mapa das extensões viárias em quilômetros por bairros.

Fonte: Elaborada pelos autores a partir dos dados do censo do IBGE (2010).

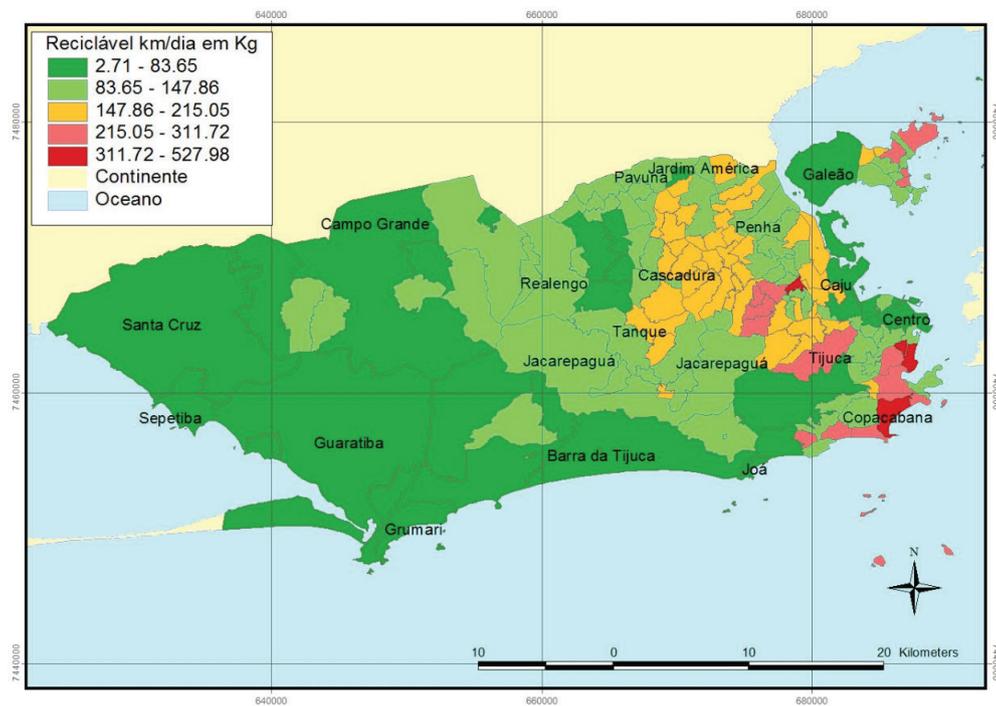


Figura 12. quantidade de materiais recicláveis gerados por quilômetro e por bairro.

Fonte: Elaborada pelo próprio autor a partir dos dados do censo do IBGE (2010) e PMGIRS-RJ (2015).



Analisando os custos operacionais, impactos no tráfego local e eficiência na coleta, é importante considerar o uso de diferentes modais para realização da coleta seletiva no município do Rio de Janeiro, tendo em vista que, por conta de sua geografia, infraestrutura, densidade demográfica e perfil socioeconômico da população, a cidade apresenta regiões distintas que requerem diferentes tratamentos para otimizar o sistema de coleta seletiva. Em particular, a escolha do meio de transporte é fundamental no planejamento de coleta, considerando as características físicas, sociais e de ocupação por região.

Conforme apontado por Gil e Avila (2017), diferentes modais são utilizados para a realização da coleta seletiva. O uso de veículos de pequeno porte associados a transbordos (estação de transferência) apresenta-se como uma alternativa para reduzir os custos de coleta, causar menos impactos no tráfego local e melhorar os índices de coleta em áreas de elevada densidade demográfica, onde existe uma maior população por via e, conseqüentemente, muitos resíduos potencialmente recicláveis em curtas distâncias, como o caso dos bairros das Zona Sul, Região Central e Zona Norte (AP 1, 2 e 3). Os transbordos também podem ser utilizados como pontos de entrega voluntária de diversos tipos de resíduos (materiais recicláveis, volumosos e entulhos). Para as regiões com maiores áreas, mais vias e menor densidade demográfica, a oferta de recicláveis por quilometro de via é menor, como no caso dos bairros da Barra da Tijuca e Zona Norte (AP 4 e 5). Neste caso, recomenda-se o uso de caminhões sem compactação. Vale destacar, portanto, que o modelo de diferentes modais no sistema de transporte da coleta seletiva, tal como proposta aqui, pode contribuir sobremaneira na melhoria do atual sistema de coleta, visando tempo, eficiência e economia de recursos.

O atual sistema de coleta seletiva, que é porta a porta e semanal, realizado pela empresa Comlurb, atende a 115 bairros, recolhendo 1.700 toneladas por mês de materiais potencialmente recicláveis, em cerca de nove mil logradouros e 26 roteiros diários de coleta com caminhões devidamente identificados e exclusivos para esse serviço. Os materiais recicláveis são colocados em sacos plásticos transparentes, pois assim o recolhedor poderá verificar o conteúdo, evitando a mistura do material reciclável com o lixo domiciliar. Não há a necessidade de separar o material, pois esse trabalho será feito pelas cooperativas de catadores, que realizarão a classificação por tipo de indústria. O material recolhido é destinado a 25 núcleos de cooperativas de catadores credenciados. Com este sistema há a preservação dos recursos naturais não renováveis, gerando frentes de trabalho e renda, por meio do sistema de cooperativismo, no qual todos os catadores são remunerados por meio de rateio da produção de recicláveis, evitando, desta forma, a exploração da mão de obra; conscientização, educação ambiental e aprimoramento da limpeza urbana.

Por fim, vale reiterar que um fator determinante para um bom planejamento e execução dos serviços de coleta seletiva é a participação da população no processo, conforme apresentado por Bringhenti e Gunther (2011), sendo a falta de ações de mobilização, divulgação continuada e informação à população um dos principais motivos para a baixa adesão dos cidadãos.

REFERÊNCIAS

- 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", *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, Vol. 9, No. 1, pp. 385-395, 2017.
- Besen, G. R. (2006), *Programas municipais de coleta seletiva em parceria com organizações de catadores na Região Metropolitana de São Paulo: desafios e perspectivas*. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- Brasil (2010), Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF, Diário Oficial da União, 03 ago. 2010.
- Bringhenti, J. R.; Gunther, W. M. R. (2011), "Participação social em programas de coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos", *Engenharia Sanitária Ambiental*, Vol. 16, No. 4, pp. 421-430.
- Compromisso Empresarial para a Reciclagem – CEMPRE (2014), *Pesquisa CICLOSOFT 2014*, CEMPRE, São Paulo.
- Conceição, L. S.; NASCIMENTO, E. P. (2018), "A coleta seletiva nas pesquisas brasileiras: uma avaliação metodológica", *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, Vol. 10, No. 1, pp. 199-212.
- Cunha, V.; Caixeta Filho, J. V. (2002), "Gerenciamento da coleta de resíduos sólidos urbanos: estruturação e aplicação de modelo não-linear de programação por metas", *Gestão & Produção*, Vol. 9, No. 2, pp. 143-161.
- Dahlén, L.; Lagerkvist, A. (2010), "Evaluation of recycling programmes in household waste collection systems", *Waste Management & Research*, Vol. 28, No. 7, pp. 577-586.
- Dahlén, L.; Vukicevic, S.; Meijer, J. et al. (2007), "Comparison of different collection systems for sorted household waste in Sweden", *Waste Management*, Vol. 27, No. 10, pp. 1298-1305.
- Eigenheer, E. M.; Ferreira, J. A. (2015), "Três décadas de coleta seletiva em São Francisco (Niterói/RJ): lições e perspectivas", *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Vol. 20, No. 4, pp. 677-684.
- Gil, M. L.; Avila, G. M. (2017), "Estudo comparativo dos meios de transporte utilizados na coleta seletiva", *Periódico Técnico e Científico Cidades Verdes*, Vol. 5, No. 11, pp. 61-74.
- Grimberg, E.; Blauth, P. (1998), *Coleta seletiva: reciclando materiais, reciclando valores*, Pólis, Publicação Pólis, No. 31.



- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2010), Censo Demográfico 2010, IBGE, Rio de Janeiro. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em 1 out 2017.
- Kogler, T. (2007), Wastecollection – A report. With support from ISWA Working Group on Collection and Transportation Technology, ISWA Report, Vol. 1.
- Kuhn, N.; Botelho, L. L. R.; Alves, A. A. A. (2018), “A coleta seletiva à luz da PNRS nos estados brasileiros: uma revisão sistemática integrativa”, Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento, Vol. 7, No. 5, pp. 646-669.
- Larsen, A. W.; Merrild, H.; Moller, J. et al. (2010), “Waste collection systems for recyclables: an environmental and economic assessment for the municipality of Aarhus (Denmark)”, Waste Management, Vol. 30, No. 5, pp. 744-754.
- Lima, S. C.; Ribeiro, T. F. (2000), “A coleta seletiva de lixo domiciliar: estudos de casos”, Caminhos de Geografia, Vol. 2, pp. 50-69.
- MCIDADES.SNSA.SNIS, 2016. Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos – 2014. Brasília. Disponível em: <URL: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/diagnostico-rs-2014>> [2016 mai 30].
- Periotto, A. J.; Furlan, L. A. (2013), “Um estudo sobre a gestão de resíduos sólidos no município de Cidade Gaúcha–PR”, Caderno de Administração, Vol. 20, No. 2, pp. 66-82.
- Ribeiro, H.; Rizpah Besen, G. Panorama da coleta seletiva no Brasil: desafios e perspectivas a partir de três estudos de caso. InterfacEHS-Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade, Vol. 2, No. 4, 2011.
- Rio de Janeiro (2001), Lei Municipal no 3.273, de 06 de setembro 2001, que dispõe sobre a Gestão do Sistema de Limpeza Urbana no Município do Rio de Janeiro/RJ. 2001.
- Rio de Janeiro (2015), Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da Cidade do Rio de Janeiro. 2015.
- Silva, E. C. et al. (2001), “Lixo x sobrevivência: uma análise socioeconômica e ambiental do ‘Forno do Lixo’ da Cidade de Natal”, In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 21. Feira Internacional de Tecnologias de Saneamento Ambiental, 4. ABES, 2001. p. 1-10.

Recebido: 03 set. 2019

Aprovado: 09 dez. 2019

DOI: 10.20985/1980-5160.2019.v14n4.1555

Como citar: Gil, M. L.; Almeida, M. P.; Andrade, C. D. et al. (2019), “Territorialidade da coleta seletiva de resíduos sólidos: estudo de caso na cidade do Rio de Janeiro como subsídio à gestão pública”, Sistemas & Gestão, Vol. 14, No. 4, pp. 356-369, disponível em: <http://www.revistasg.uff.br/index.php/sg/article/view/1555> (acesso dia mês abreviado. ano).