

ANÁLISE ESPACIAL DA PRODUÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NOS MUNICÍPIOS DO RIO GRANDE DO SUL – 2014

Natássia Molina Bayer¹

Paulo Ricardo Ricco Uranga²

Adelar Fochezatto³

Resumo: Este trabalho tem por objetivo realizar uma análise da disposição espacial da geração de resíduos sólidos per capita nos municípios do estado gaúcho para o ano de 2014. Além disso, averiguar a correspondência desta produção com as variáveis de PIB per capita, Taxa de urbanização, percentuais de mulheres nos municípios, de crianças com até dois anos, da população maior de 60 anos, em uma proxy para o turismo e o IDESE educação. A metodologia utilizada foi a Análise Exploratória de Dados Espaciais através do I de Moran Global e Local (LISA), sendo possível observar formação de clusters, principalmente, nas cidades do litoral norte do Rio Grande do Sul.

Palavras-chave: resíduos sólidos; análise espacial; Rio Grande do Sul.

Área Temática EEG: Estudos urbanos

¹ Mestranda no PPGE/PUCRS. E-mail: natassia.bayer@acad.pucrs.br

² Mestrando no PPGE/PUCRS. E-mail: paulo.uranga@acad.pucrs.br

³ Doutor em Economia. Professor Titular da PUCRS. Pesquisador do CNPq. E-mail: adelar@pucrs.br

1 INTRODUÇÃO

A sociedade sempre se apropriou dos recursos naturais ao longo da sua história. No início existia uma economia fundamentada basicamente na caça e na pesca, posteriormente se estendeu à agricultura e ao artesanato. Foi, no entanto, a partir do século XVIII, durante a Revolução Industrial, que a extração e a utilização destes recursos se tornou mais intensiva, assim trazendo grandes impactos ao meio ambiente (DANTAS; JÚNIOR, 2013).

A apropriação desenfreada dos recursos naturais motivou, em 1987, o lançamento (edição) do Relatório de Brundtland, intitulado também por Nosso Futuro Comum. Este relatório conceituou a ideia de desenvolvimento sustentável como “o desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades”. Sendo assim, os objetivos do desenvolvimento social e econômico em todos os países devem (deveriam) estar alinhados com práticas sustentáveis, priorizando o equilíbrio ambiental. Para tal, as indústrias deveriam produzir mais utilizando menos recursos naturais (Rel. Brundtland, 1987).

Foi a partir da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, conhecida por Rio-92, que o tema ambiental se tornou ainda mais relevante na vida da sociedade moderna. Percebeu-se que o descuido com o meio ambiente pode acarretar impactos negativos nos ecossistemas, apressar o desmatamento, aumentar os índices de poluição do ar, além de acelerar a mudança climática do planeta. Essa degradação ambiental é agravada, na maioria das vezes, por fatores ligados ao crescimento demográfico e o processo de urbanização, dos avanços tecnológicos e das alterações no padrão de consumo dos indivíduos (GOUVEIA, 2012).

Estes eventos impactam também a geração de resíduos sólidos, que vem crescendo ao longo dos anos devido ao aumento da quantidade ofertada, bem como a ampliação na variedade de modelos de bens e serviços que é disponibilizada no mercado. O uso de tecnologias avançadas permitiu a criação de materiais de decomposição lenta e nocivos à saúde, os quais são cada vez mais utilizados e tem impacto negativo no meio ambiente (GOMES; STEINBRUCK, 2012). Os avanços tecnológicos têm grande influência no aumento da variedade de produtos ofertados no mercado para o consumo dos indivíduos. Como

decorrência deste processo algumas empresas adotam a obsolescência programada⁴ como estratégia, com o objetivo de estimular o consumo, assim gerando maiores lucros. Essa obsolescência programada provoca o crescimento da demanda por produtos mais novos, acarretando maiores quantidades de resíduos sólidos produzidos no mundo.

Desde a Rio-92 acontecem debates entre os países desenvolvidos e em desenvolvimento sobre como promover o aprimoramento na gestão sustentável dos resíduos sólidos. Existe uma preocupação das nações em reduzir a formação de resíduos nas fontes geradoras (consumidores, indústrias) e implementar melhorias no gerenciamento sustentável (a coleta seletiva, reciclagem, reutilização, compostagem, disposição final), a fim de minimizar os impactos danosos à natureza e à saúde da população (JACOBI; BESEN, 2011).

No cenário brasileiro, os estudos sobre a geração de resíduos sólidos tomaram fôlego a partir dos anos 2000, principalmente após a homologação da Lei Federal nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que determinou as regras nacionais para o saneamento básico, reforçando a necessidade de pesquisas sobre o tema. Diante disso, surgem diversas publicações buscando representar a quantidade de resíduos gerados pela população (MOREIRA, 2013).

A coleta domiciliar de lixo em 2014 cobriu 98,6% das residências brasileiras. Em 2010 a massa média per capita de resíduos sólidos era de 0,93 Kg/hab./dia, crescendo para 1,04 Kg/hab./dia no ano de 2014. Outra observação importante é que apenas 30% dos resíduos gerados no Brasil são comumente pesados, assim trazendo problemas na mensuração (BESEN; JACOBI; FREITAS, 2017).

Este trabalho tem como objetivo realizar uma Análise Exploratória de Dados Espaciais, ou seja, a existência de dependência ou dissociação espacial global e local dos municípios do Rio Grande do Sul na produção de resíduos sólidos per capita. Os dados sobre a quantidade e a coleta domiciliar foram coletados junto ao Ministério das Cidades (MCid), no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), o qual recolhe anualmente informações dos órgãos responsáveis pelo gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos nos municípios brasileiros.

⁴ É uma estratégia da indústria para “encurtar” o ciclo de vida dos produtos, visando a sua substituição por novos e, assim, fazendo girar a roda da sociedade de consumo (SILVA, 2012).

2 RESÍDUOS SÓLIDOS

É válido definir o conceito de resíduos sólidos segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que estipula o lixo como os "restos das atividades humanas, considerados pelos geradores como inúteis, indesejáveis ou descartáveis, podendo-se apresentar no estado sólido, semissólido ou líquido, desde que não seja passível de tratamento convencional". A sua classificação em relação a periculosidade também pode ser consultada nas normas da ABNT.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos⁵ (PNRS) definiu resíduos como:

[...] resíduos sólidos: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível. BRASIL (2010).

Além disso, a PNRS define como rejeitos, aqueles resíduos sólidos que, após exauridas a viabilidade de tratamento e recuperação do material, serão necessariamente dispostos em lugares ambientalmente adequados. Esta política objetiva a proteção à saúde e a qualidade ambiental, como também o estímulo a padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços, entre outras metas.

Existe uma grande preocupação ambiental relacionada aos resíduos sólidos urbanos, especialmente nas grandes cidades dos países em desenvolvimento. Um dos motivos é o fato da geração de resíduos normalmente estar ligada ao crescimento demográfico, que demanda mais bens e serviços. Quando os serviços não são realizados com qualidade (coleta e tratamento adequados, entre outros), incorrem em problemas na saúde e no meio ambiente (SANTOS; SILVA, 2009). Em muitos casos o *boom* do crescimento populacional superou a capacidade dos agentes públicos municipais de fornecer serviços básicos. O processo de urbanização impacta não apenas a geração de resíduos, mas também provoca falhas e/ou até mesmo a falta de gerenciamento adequado no manejo de resíduos (SIMATELE; DLAMINI; KUBANZA, 2017).

Outro grave problema enfrentado pelos gestores é a destinação final dos resíduos. Estes, ao não serem depositados num espaço ambientalmente adequado, podem colaborar para propagação de patógenos⁶, os quais tem maiores chances de ocorrer em grupos mais

⁵ Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010.

⁶ Organismos responsáveis pela propagação de doenças.

vulneráveis, como crianças e idosos, acarretando em morbidade hospitalar⁷ e, até mesmo, causando a morte (MENDONÇA; SAIANI; KUWAHARA, 2015).

A respeito disso, existem riscos ligados aos profissionais que realizam atividades relacionadas ao lixo (catadores e garis) que muitas vezes não utilizam equipamentos de proteção (luvas, sapatos etc.) necessários para minimizar os riscos ligados à saúde no manuseio dos resíduos sólidos. Além destes, os indivíduos que trabalham na reciclagem também ficam expostos a espaços e materiais insalubres (GOUVEIA, 2012). Estes trabalhadores cumprem um papel social muito importante, pois evitam a acumulação de lixo, a geração de chorume⁸ nas cidades e a poluição do ar, diminuindo os danos ao meio ambiente (SANTOS; SILVA, 2009).

A inexistência, ou até mesmo a desorganizada gestão de resíduos sólidos, gera reflexos negativos no que tange a saúde coletiva, já que o contato com os resíduos sólidos causa patologias infectocontagiosas como disenteria, cólera, leptospirose etc., assim como a degradação do meio ambiente, como a contaminação do solo e a poluição das águas (CHAVES; SOUZA, 2013).

Destarte, o lixo é um problema bastante frequente na sociedade moderna. Compreender quais as variáveis que impactam a geração de resíduos sólidos, permite aplicar políticas de gerenciamento sustentável que minimizam os danos à qualidade de vida e a deterioração da natureza.

2.1 VARIÁVEIS SOCIOECONÔMICAS E A GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Diversos estudos objetivam identificar a quantidade de resíduos sólidos produzidos em diversas localidades, bem como as variáveis que impactam sua geração, para assim possibilitar a criação de sistemas de gerenciamento eficientes e sustentáveis que fomentam a redução de resíduos. À vista disso é pertinente apresentar alguns diagnósticos encontrados em diversas nações do mundo.

Em pesquisa realizada no estado da Carolina do Norte, nos Estados Unidos, utilizou-se a produção de resíduos sólidos per capita como a variável de entrada e como variáveis independentes a população, base econômica, renda, uso da terra e rotas disponíveis de transporte. Dentre estas, a base econômica, como as vendas de varejo per capita e a taxa de

⁷ Variável que corresponde ao número de internações no SUS.

⁸ Líquido de cor escura, geralmente com elevado potencial poluidor, proveniente da decomposição da parcela orgânica biodegradável existente nos resíduos sólidos e das águas pluviais que perpassam a massa dos mesmos, quando acumulados em depósitos de quaisquer categorias ou dispostos em aterros (controlados ou sanitários).

cobrança pelo serviço de coleta de lixo, foram significativas para explicar a geração de resíduos sólidos. Esta análise é pertinente, pois enfatiza a importância relativa das características estruturais da gestão de resíduos e a sua geração e disposição (HOCKETT; LOBER; PILGRIM, 1995).

Uma pesquisa similar foi empreendida em Taiwan, com um modelo de regressão múltipla desenvolvido para quantificar a relação entre vários fatores, sendo definida como variáveis independentes a renda pessoal disponível, densidade populacional, número de pessoas idosas, nível educacional, além de utilizar uma *dummy* 0 para regiões urbanas e 1 para espaços rurais e resíduos sólidos per capita como variável dependente. Nesta pesquisa defende-se que maiores níveis de educação desempenham um papel crucial no comportamento mais sustentável em prol do meio ambiente. Os autores apontam que a renda explica apenas uma parte da variação, e que os aspectos sociais e geográficos contribuem ainda mais na geração de resíduos sólidos, portanto não podem ser ignorados no processo de formulação de políticas. Na realidade, muitos fatores influenciam a geração e reciclagem de resíduos, como crescimento econômico e demográfico, mudanças tecnológicas, dotações de recursos, estruturas institucionais e estilos de vida da população (CHEN, 2010).

Para análise da geração de resíduos sólidos na Nigéria, foi desenvolvido um modelo espacial com base em variáveis socioeconômicas, demográficas e climáticas. Este modelo proposto explica 65% da variação total na variável dependente. Além disso, as estimativas para taxa de desemprego, emprego na agricultura, adultos alfabetizados acima de 15 anos, a despesa familiar média per capita em alimentos e itens não alimentares e produtos derivados do petróleo apresentam uma relação positiva para a criação de resíduos sólidos em todo o país. Considerando que, apenas variável chuva apresentou uma relação positiva e negativa no norte e no sul do país, respectivamente (ISMAILA et al., 2015).

Na Polônia, foram analisados os seguintes parâmetros de gênero e estrutura etária: quantidade de homens e mulheres, proporção de sexo feminino, número de homens/mulheres que trabalham, número de homens/mulheres desempregadas. Os resultados mostraram que a taxa de geração de resíduos depende mais da proporção de homens e mulheres que no tamanho quantitativo de cada grupo. Utilizando a análise de regressão, foi estimado um modelo que descreve a dependência dos resíduos sólidos da proporção entre mulheres e homens, número de mulheres desempregadas e quantidade de resíduos. O modelo explica 70% da variação da quantidade de resíduos. Os resultados obtidos podem ser usados tanto

para melhorar o gerenciamento de resíduos, quanto para uma compreensão mais completa do comportamento de gênero (TALALAJ; WALERY, 2015).

Em Belo Horizonte, alguns pesquisadores buscaram determinar se as variáveis socioeconômicas (especificamente renda e educação) e as demográficas (domicílios e faixa etária) são relevantes na geração de resíduos sólidos em alguns bairros de BH. Foi possível observar que indivíduos acima de 60 anos, associados a renda e elevada escolaridade impactam na criação de lixo, pois tem seu consumo, muitas vezes, embasado na alimentação industrializada resultam em uma maior proporção de resíduos sólidos recicláveis (SILVA; ALISSON FLÁVIO BARBIERI; MONTE-MÓR, 2010).

Em vista das pesquisas apresentadas é possível perceber que cada modelo busca encontrar diferentes variáveis independentes a fim de explicar a geração de resíduos sólidos, sendo que muitas vezes as características referentes à renda per capita, ao nível educacional, às taxas de cobrança pelo serviço de coleta, entre outras, conseguem validar o modelo testado.

3 METODOLOGIA E BASE DE DADOS

3.1 Análise Exploratória dos Dados Espaciais

A Análise Exploratória dos Dados Espaciais (AEDE) é utilizada com o intuito de descrever os efeitos resultantes da dependência espacial, além da heterogeneidade espacial existente entre as regiões (ALMEIDA, 2012). A autocorrelação espacial ou dependência espacial é identificada no momento em que o valor de uma variável de determinada região possui relação com o valor da mesma variável em outra região, mostrando que existe certa dependência espacial. Conforme Anselin (1988) a heterogeneidade espacial é encontrada quando se usam informações de entidades espaciais muito diferentes para elucidar sobre o mesmo fenômeno existente nessas duas regiões. O cerne da AEDE é explicar, demonstrar como se dá a distribuição espacial, quais são os determinantes para tal associação espacial (clusters), bem como identificar características atípicas entre as regiões (outliers) (ALMEIDA; PEROBELLI; FERREIRA, 2008).

Para aplicação da AEDE é importante escolher uma matriz de pesos espaciais (W) que seja capaz de informar um arranjo espacial das interações decorrentes do fenômeno a ser estudado. Vale supor que, para o estudo de diversos fenômenos, as regiões limítrofes tenham mais interações e relacionem-se melhor entre si quando comparadas àquelas regiões que não

fazem fronteira. Da mesma forma, regiões com maiores distâncias entre si apresentam menor interação entre si. É fundamental eleger uma matriz espacial para a aplicação da AEDE, já que os resultados de tal análise dependem da seleção escolhida (ALMEIDA; PEROBELLI; FERREIRA, 2008).

Para se determinar a autocorrelação espacial é preciso ser considerado o grau de vizinhança que se pretende realizar a análise de dependência espacial (SABATER; TUR; AZORÍN, 2011). Segundo Almeida (2012) as matrizes de pesos espaciais podem ser baseadas na ideia de contiguidade ou de acordo com a vizinhança, com a ideia de distância geográfica, bem como socioeconômica. Para ideia de contiguidade, é atribuído o valor 1 quando as regiões fazem fronteira e nulo quando não são limítrofes. Segundo Rêgo e Pena (2012), as matrizes de vizinhança binárias se resumem em quatro: a) Rook: é considerado vizinho aquele que possui pelo menos um lado em comum; b) Queen: são considerados vizinhos se possuem pelo menos um ponto em comum; c) Distância: possuiu uma determinada distância do centroide; e d) K: leva em consideração determinados números de vizinhos mais próximos.

O teste do I de Moran pode ser um critério de seleção para eleger a matriz de pesos espaciais que representa da melhor maneira a interação entre as regiões, essa escolha se dará pelo maior número encontrado no teste. Segundo Almeida (2012) para conferir se os dados são autocorrelacionados no espaço utiliza-se a estatística de Moran, usando a medida de autocovariância na forma de produto cruzado. A equação do I de Moran é comumente representada como:

$$I = \frac{Z'WZ}{Z'Z} \quad (1)$$

A variável de interesse é padronizada e representada pela letra Z, já o WZ apresenta a variável estudada padronizada nos vizinhos, de acordo com a matriz de ponderação espacial denominada W (SABATER; TUR; AZORÍN, 2011). Dentro do campo de estudo da Análise Exploratória dos Dados Espaciais (AEDE) existe a possibilidade de obter um coeficiente de autocorrelação espacial global bivariado. Nesta análise busca-se identificar se o valor de uma variável numa determinada região possui relação espacial com os valores de outra variável observada em regiões adjacentes (Almeida, 2012). Desta maneira, surge a possibilidade de mensurar o I de Moran para duas variáveis distintas. A equação é dada por:

$$I^{z_1z_2} = \frac{Z'_1WZ_2}{Z'_1Z_1} \quad (2)$$

A letra W representa a matriz de pesos espaciais; Z_1 é identificada como a variável de interesse e o Z_2 representa o valor de outra variável qualquer, a qual se encontra defasada na

região vizinha. O valor do resultado é capaz de apontar o grau de associação linear entre o valor de uma variável num determinado local i e a média de uma variável distinta nas regiões vizinhas j . Esta estatística pode apresentar uma relação positiva ou negativa entre os espaços estudados.

Muitas vezes a análise global da dependência espacial tende a desconsiderar algumas características e resultados que são específicos do espaço geográfico estudado. Por isso, o Indicador Local de Associação Espacial (LISA) é o método mais indicado para analisar a autocorrelação espacial local (SABATER; TUR; AZORÍN, 2011). A expressão 3 representa o coeficiente do I_i de Moran Local.

$$I_i = Z_i \sum_j W_{ij} Z_j \quad (3)$$

Nesta equação são utilizados somente os vizinhos da observação i que foram escolhidos de acordo com a matriz de pesos espaciais. Segundo Anselin (1995), para aplicação do LISA é preciso que esse índice satisfaça a dois critérios: 1) para cada observação apontar a existência de clusters espaciais que sejam significantes de valores parecidos ao redor da observação; 2) a soma dos indicadores locais, para o conjunto total das regiões estudadas, precisa, necessariamente, ser proporcional ao índice de autocorrelação espacial global correspondente.

Conforme Almeida (2012), o I de Moran Local pode ser considerado uma decomposição da associação espacial global, sendo possível a sua divisão em quatro classes: Alto- Alto (AA), Baixo-Baixo (BB), Alto-Baixo (AB), Baixo-Alto (BA). O modo (AA) e (BB) apresentam relação positiva (clusters), no primeiro, as regiões apresentam a variável pesquisada acima da média e é rodeada por vizinhos que também exibem grandezas com nível superior à média. Já o (BB) no entanto, contém médias abaixo do esperado, além de ser cercada por vizinhos com valores inferiores à média. Os *outliers* (autocorrelação negativa) são identificados por dois padrões o (AB) e (BA). Nos dois casos, os valores da variável estudada se encontram num patamar superior ou inferior da média, sendo que seus vizinhos apresentam média corresponde a valores abaixo ou acima da média, ou seja, a região estudada e os vizinhos apresentam valores contrários.

Dentro da Análise Explanatória de Dados Espaciais (AEDE) existe ainda a possibilidade de encontrar uma medida de associação espacial local multivariada. Segundo Almeida (2012) julgando possível a análise de duas variáveis de empenho Z_1 e Z_2 . A equação 4 denota o I de Moran e pode ser definida da seguinte maneira:

$$I_i^{Z_1 Z_2} = Z_{1i} W Z_{2i} \quad (4)$$

A variável de estudo é definida pela incógnita Z_{1i} e WZ_{2i} representa o valor defasado espacialmente da outra variável de empenho Z_{2i} na região vizinha. Desta forma, apenas são incluídos no cálculo os vizinhos da observação i , o quais foram determinados pela matriz de pesos espaciais. O LISA neste caso indica o grau de associação espacial que seja estatisticamente significativo, para cada entidade regional (PIMENTEL e HADDAD, 2004).

3.2 Bases de Dados

Os dados de resíduos sólidos foram obtidos através do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), que está vinculado ao Ministério das Cidades, para o ano de 2014. Este sistema possui um conjunto de referências sobre os serviços prestados no manejo de resíduos sólidos no Brasil. As variáveis socioeconômicas utilizadas foram buscadas junto à Fundação de Economia e Estatística do Rio Grande do Sul (FEE), além disso foi utilizado neste trabalho a Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) do Ministério do Trabalho. O recorte para análise espacial será feito nos 398 municípios que transmitiram ao SNIS sobre a sua situação referente ao gerenciamento de lixo. Conforme os trabalhos apresentados na revisão de literatura, algumas variáveis foram selecionadas para analisar a dependência global e a associação local para os municípios, sendo elas:

Tabela 1 – Relação das variáveis utilizadas – 2014

Nome	Descrição	Fonte
RSU_pc	Resíduos Sólidos Urbanos per capita estimado	SNIS
População_feminina	Percentual da população feminina	FEE
População_2anos	Percentual da população com idade de até dois anos	FEE
População_60anos	Percentual da população com idade superior a 60 anos	FEE
Idese_edu	Índice de educação do IDESE (FEE)	FEE
PIB_pc	Produto Interno Bruto per capita	FEE
Tx_urb	Taxa de Urbanização	FEE
Emprego_hotéis_similares	Percentual de empregos em hotéis e similares	RAIS

Fonte: elaboração própria.

A variável Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) é a soma dos Resíduos Sólidos Domiciliares⁹ (RDO) e dos Resíduos Sólidos Públicos¹⁰ (RPU). Para estimar a produção total

⁹ Resíduos Sólidos Domiciliares (RDO): Resíduos sólidos resultantes das atividades domiciliares ou atividades comerciais cujas características sejam similares aos resíduos domiciliares. Vale notar que em diversos municípios não há dados exclusivos de resíduos domiciliares e resíduos públicos.

¹⁰ Resíduos Sólidos Públicos (RPU): Resíduos sólidos resultantes das atividades de varrição, roçada, capina e raspagem de vias e logradouros públicos, desobstrução de bocas-de-lobo, limpeza de praias e/ou margens de rios

de lixo, a base da SNIS fornece 4 informações: a) o volume total de RDO; b) o volume total de RPU; c) a soma de RDO e RPU informados; d) a taxa de coleta de RDO. Como essas informações não estavam completas para todas as cidades alguns procedimentos foram tomados com intuito de estimar a produção de lixo municipal. Para os municípios que possuíam as informações de RDO e RPU, os RSU totais do município foram dados pela divisão dos RDO pela taxa de coleta e somada aos RPU. No caso das cidades que apresentaram apenas a quantidade total (RPO mais RPU informados), esta foi dividida pela taxa de coleta como forma de compor os RPU totais. Quando o município informou apenas os RPU, este foi tratado como RDO e dividido pela taxa de coleta.

As variáveis referentes a taxa de urbanização, percentual da população abaixo de dois anos, percentual da população acima de 60 anos e percentual da população feminina, foi feita a divisão dessas populações pela população total do município. O mesmo procedimento foi realizado com o PIB municipal para o cálculo do PIB per capita dos municípios.

Tabela 2 – Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas – 2014

Variáveis	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão
RSU_pc	398	0,0097	1,2391	0,2049	0,1412
População_feminina	398	0,3996	0,6089	0,4930	0,0281
População_2anos	398	0,0107	0,0570	0,0309	0,0077
População_60anos	398	0,0917	0,3299	0,1831	0,0390
Idese_edu	398	0,4870	0,8420	0,7152	0,0659
PIB_pc	398	10637,6000	184668,7000	28785,8947	15537,8577
Tx_urb	398	0,0550	1,0000	0,5801	0,2481
Emprego_hoteis_similares	398	0,0000	0,1343	0,0033	0,0096
N válido (de lista)	398				

Fonte: elaboração própria.

A partir das variáveis apresentadas espera-se compreender por meio da análise investigativa da distribuição espacial a geração de resíduos sólidos nos municípios gaúchos para o ano de 2014. Na próxima seção serão apresentados os resultados acerca a pesquisa realizada para este tema.

e córregos, poda da arborização pública, e outros. Vale notar que em diversos municípios não há dados exclusivos de resíduos domiciliares e resíduos públicos.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para melhor visualizar a distribuição espacial dos resíduos sólidos per capita mostra os valores desta variável em cada município gaúcho. A Figura 1 apresenta a classificação/agrupamento de intervalos em que foi dividido o total de municípios gaúchos (497) em 10 subgrupos, este método pode ser chamado de Quebras Naturais (Natural Breaks). A cidade com maior RSU por habitante é Balneário Pinhal, possivelmente isso se deve ao fato de ser um município litorâneo que recebe um grande fluxo de pessoas no período de férias (janeiro e fevereiro). Além disso, possui um IDESE educação abaixo da média dos municípios estudados, assim como uma taxa de urbanização próxima a 1.

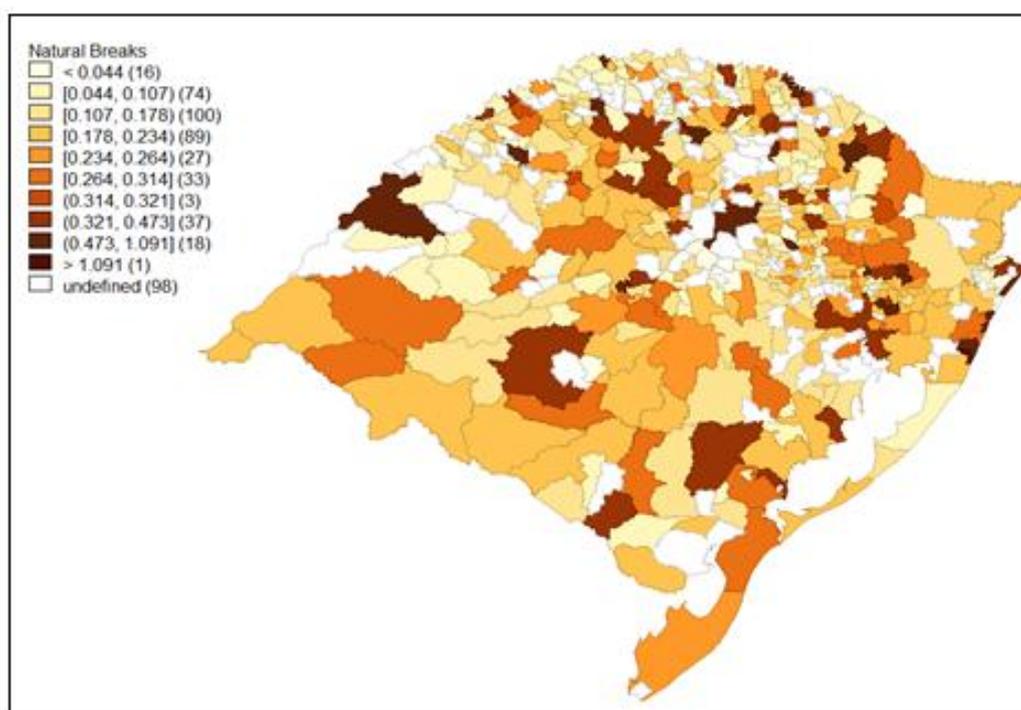


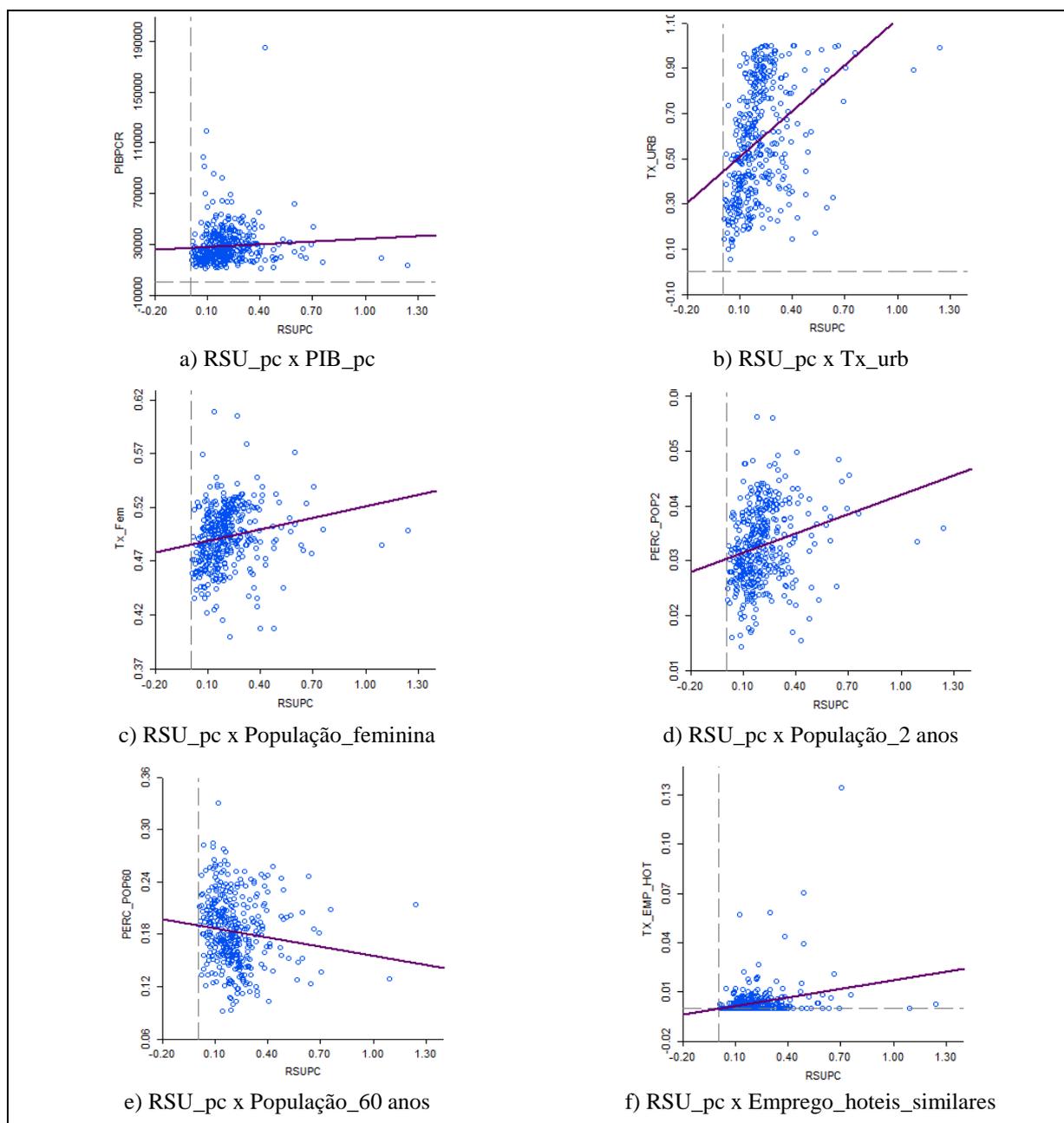
Figura 1 – Mapa da distribuição espacial da produção de RSU municipais per capita – 2014.

Fonte: Elaboração própria.

Segundo Hockett, Lober e Pilgrim (1995), normalmente localidades turísticas apresentam altos índices de resíduos sólidos per capita, pois há uma população que frequenta o espaço, porém não são contabilizados no número de residentes, assim superestimando o índice.

O diagrama de dispersão possui a finalidade de verificar a distribuição interna das variáveis, ou seja, a relação existente entre a variável de interesse e uma outra qualquer dentro do espaço geográfico estudado, as quais são encontradas no Gráfico 1. Os diagramas de dispersão foram estatisticamente significantes, sendo a única exceção a variável IDESE. Na

relação correspondente em: a) a relação entre RSU e PIB per capita é positiva, isto é, quanto mais elevado o índice per capita do município maior será a produção de lixo. Em b) A taxa de urbanização dos municípios apresenta uma correspondência positiva, sendo assim municípios mais urbanizados, geralmente, geram mais rejeitos per capita. Em c) e d) o percentual da população feminina e de crianças com idade de até dois anos, possuem influência no crescimento da produção de lixo per capita municipal. Já o diagrama e) indica que população com idade superior a 60 anos tem uma relação negativa com a produção de resíduos. Em f) os indivíduos empregados em hotéis e similares mostra uma relação positiva com o lixo produzido nos municípios.



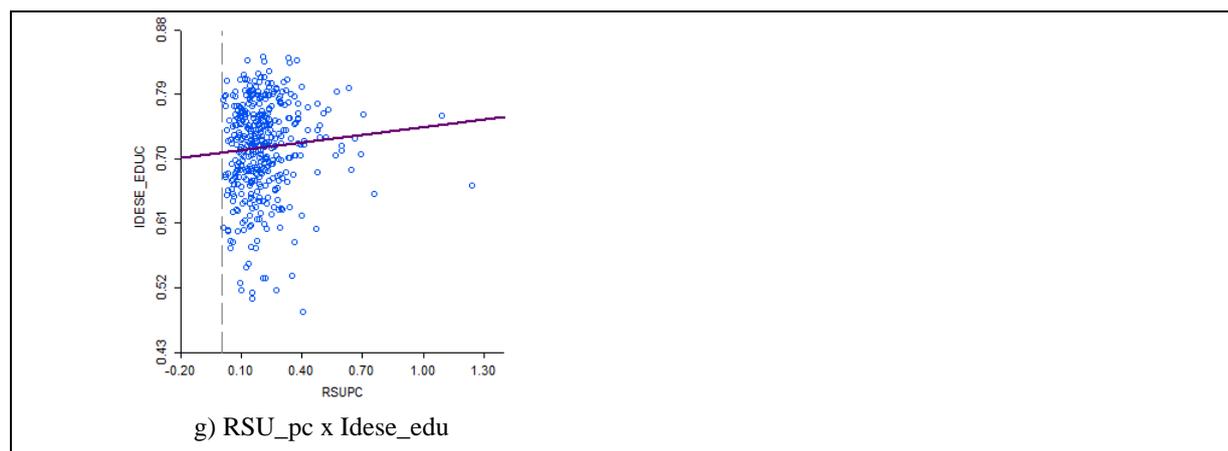


Figura 3 – Diagramas de Dispersão das variáveis utilizadas

Fonte: elaboração própria.

Para escolha da matriz foram testadas as matrizes *queen*, *rook*, de 1, 2, 3, 5, 7 e 10 vizinhos mais próximos. O critério usado foi o de maior I de Moran Global, sendo assim se utilizou a matriz de 1 vizinho mais próximo, com autocorrelação de 0,1474340, de acordo com a Tabela 3.

Tabela 3 – Associação Espacial Global

Matriz de contiguidade	I de Moran	Significância
Queen	0,1044310	0,26
Rook	0,1095030	0,21
k1	0,1474340	0,05
k2	0,1388040	0,06
k3	0,0903527	0,43
k5	0,1116080	0,18
k7	0,0927260	0,30
k10	0,0891650	0,32

Fonte: elaboração própria

A identificação de clusters pode ajudar a compreender as características relacionadas à produção de RSU. A Figura 2 mostra o LISA univariado para a produção de lixo per capita dos municípios gaúchos. Para o litoral norte é observada a formação de um cluster do tipo Alto-Alto, formado pelas cidades de Imbé, Tramandaí, Balneário Pinhal e Cidreira, indicando que existe uma alta geração de RSU per capita nessa região. Abaixo está a cidade de Palmares do Sul, um outlier na região, tendo baixa produção de RSU comparada a seus vizinhos.

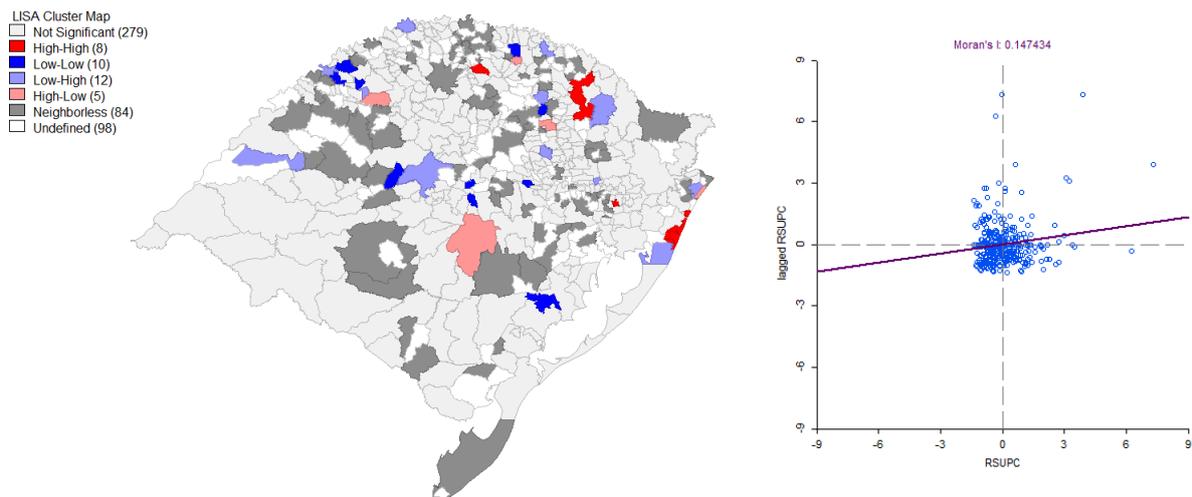
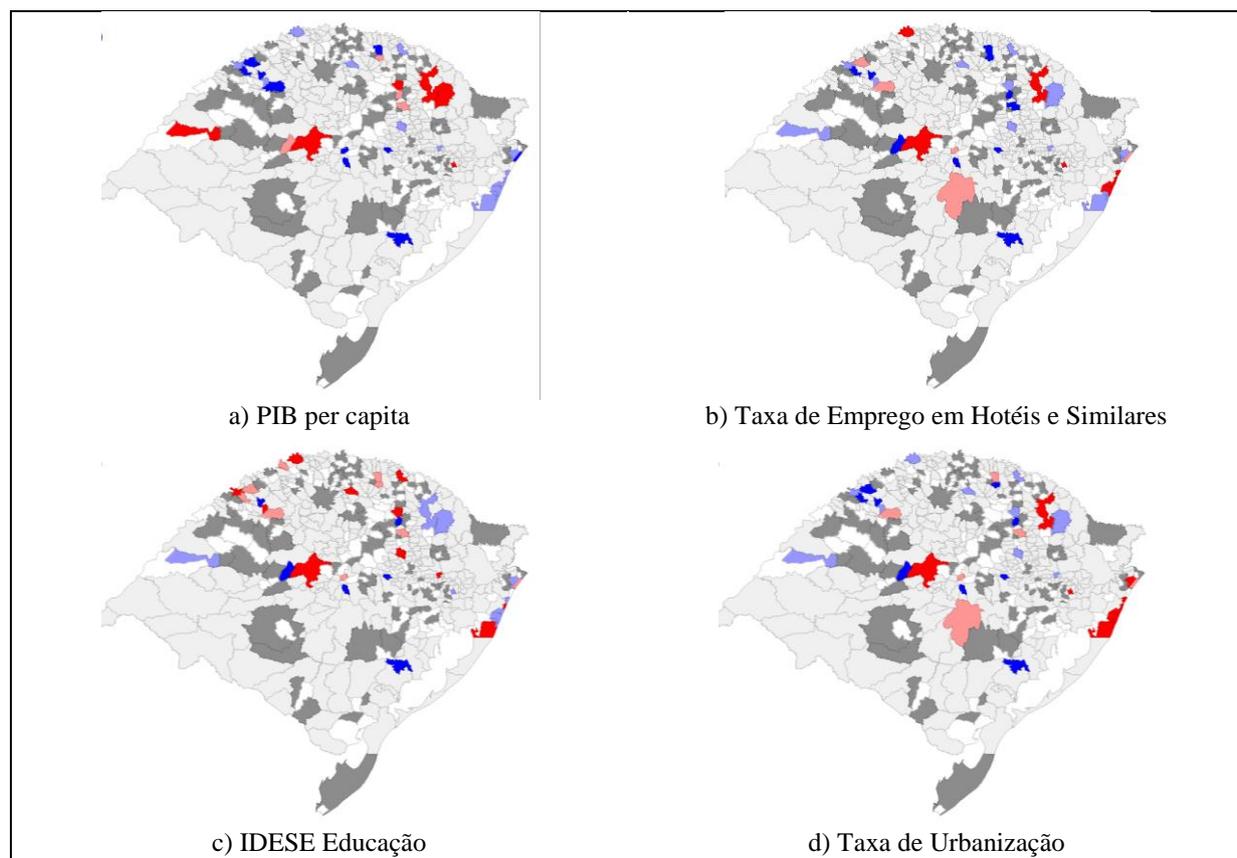


Figura 2 – I de Moran e LISA da geração de resíduos sólidos urbanos (RSU_pc).

Fonte: Elaboração própria

Na análise bivariada (Figura 3) procurou-se verificar a relação das variáveis selecionadas para os municípios e a produção per capita de resíduos sólidos urbanos do vizinho mais próximo.



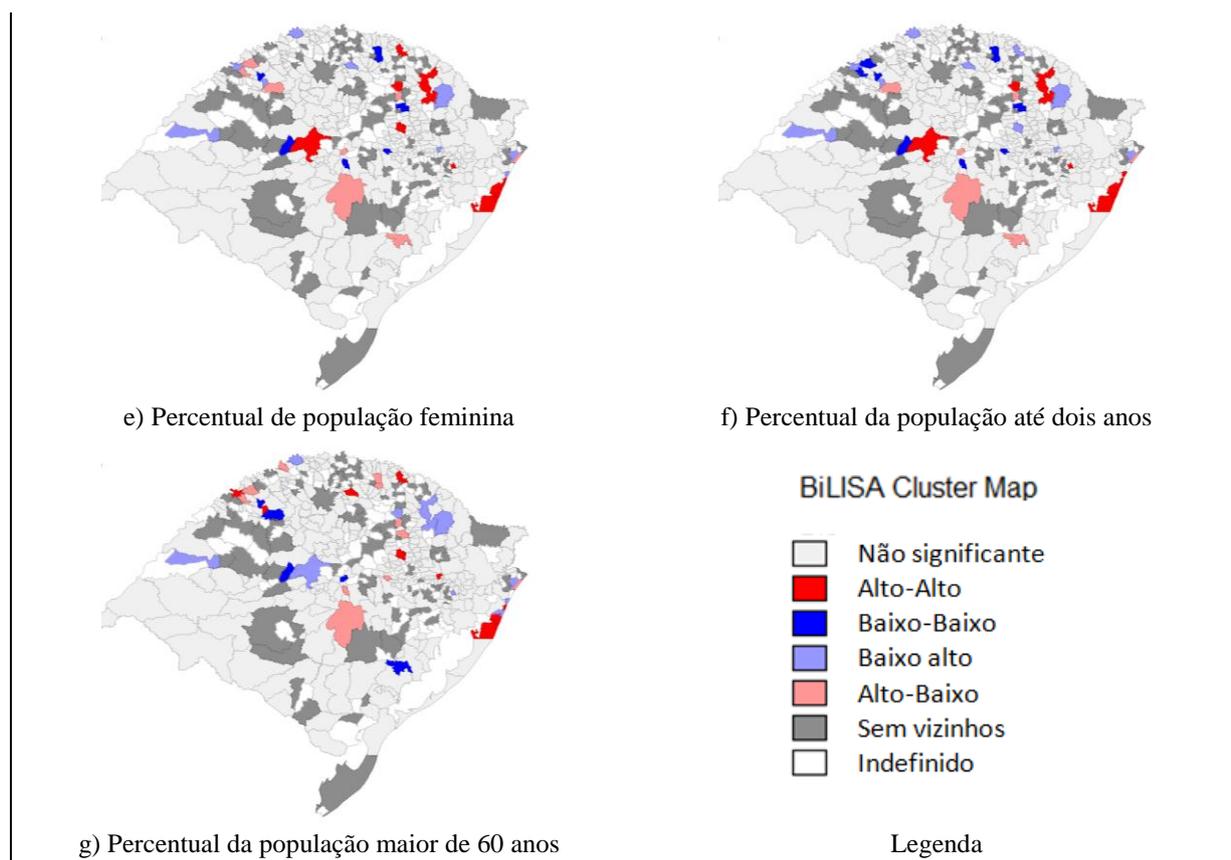


Figura 3 – LISA bivariado da geração de resíduos sólidos urbanos (RSU_{pc}) com outras variáveis socioeconômicas

Fonte: elaboração própria.

A Figura 3 mostra a formação de um cluster Alto-Alto para as cidades de Lagoa Vermelha e Muitos Capões, no norte do estado, e uma configuração Baixo-Alto no litoral norte, ou seja, é uma região de baixo PIB per capita e alta produção de resíduos. No entanto para o número de empregos em hotéis e similares sobre os empregos totais, proxy utilizada para identificar a importância do turismo na região, a relação foi de Alto número de empregos relativos ao turismo para uma alta produção de RSU dos vizinhos. O IDESE Educação foi responsável pela formação agrupamentos Baixo Alto para as cidades de Lagoa Vermelha e Muitos Capões e no litoral norte. Os I de Moran dessas variáveis foram próximos a zero, sendo que o PIB per capita apresentou inclinação positiva e as demais negativa.

Além da taxa de emprego e hotéis e similares, o cluster do litoral norte também apresentou configuração tipo Alto-Alto para mais quatro variáveis: a taxa de urbanização, o percentual de mulheres na população, o percentual de crianças até dois anos e adultos acima de 60. O grupo de cidades dessa região parece carregar uma série de características em comum além da alta geração de resíduos sólidos. Para o percentual de população acima dos

60 anos se observou a formação de um outlier Baixo-Alto em um agrupamento visto anteriormente, Lagoa Vermelha e Muitos Capões.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve o objetivo realizar uma análise exploratória de dados espaciais da produção de resíduos sólidos per capita nos municípios do Rio Grande do Sul, para o ano de 2014, através das bases de dados SNIS, FEE e RAIS. Primeiramente, o resultado do Natural Breaks apontou que o município de Balneário Pinhal apresentou o maior índice per capita de produção de resíduos, supõe-se que isso se deve ao fato de ser um local que receba um grande número de indivíduos nos meses de janeiro e fevereiro.

Posteriormente, foram feitos diagramas de dispersão com intuito de mostrar a relação, dentro do espaço pesquisado, entre a variável RSU per capita e as demais. Apresentaram uma relação positiva e estatisticamente significativa com a geração de lixo as variáveis: PIB per capita, taxa de urbanização, população feminina, crianças com menos de dois anos, emprego em hotéis e similares. A população com idade igual e superior a 60 anos uma correspondência negativa entre a produção de RS per capita. O IDESE não apresentou um nível de significância aceitável.

Foi observada uma associação espacial positiva, já que o valor da estatística I de Moran Global ficou acima de zero para um intervalo de confiança de 5%. O LISA univariado apresentou a formação de cluster (Alto-Alto) na parte do litoral norte do estado, composto pelos municípios de Balneário Pinhal, Cidreira, Tramandaí e Imbé, mostrando que há uma elevada produção de lixo nesse espaço.

Para o LISA bivariado, na relação produção de lixo per capita e PIB per capita, foi encontrado um cluster Alto-Alto para as cidades de Lagoa Vermelha e Muitos Capões. Estas duas áreas apresentaram tanto um elevado índice per capita de PIB como também de produção de resíduos sólidos em seus vizinhos. O padrão Baixo-Alto foi observado nos municípios do litoral norte, já que tem um baixo nível de PIB per capita, entretanto com alta produção de RSU. Para a proxy da variável turismo observou-se que na região do litoral norte houve a formação de clusters Alto-Alto, elevado número de empregos em hotéis e similares nos municípios e estes são circundados por vizinhos com grande geração de resíduos. Além disso, os municípios do litoral norte do estado apresentaram configuração Alto-Alto para mais quatro variáveis: a taxa de urbanização, o percentual de mulheres na população, o percentual

de crianças até dois anos e indivíduos com idade superior a 60 anos. Esses municípios litorâneos tendem a ter atributos similares, bem como alta produção de lixo.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E. Econometria espacial aplicada. Alínea: Campinas, 2012.

ALMEIDA, E. S.; PEROBELLI, F. S.; FERREIRA, P. G. C. Existe convergência espacial da produtividade agrícola no Brasil? *Revista de Economia e Sociedade Rural*, Rio de Janeiro, v. 46, n. 1, p. 31-52, jan./mar. 2008.

ANSELIN, L. "Local Indicators of Spatial Association – LISA," *Geographical Analysis*, 27(2): 93–115, 1995.

BESEN, G. R.; JACOBI, P. R.; FREITAS, L. **Política Nacional de Resíduos Sólidos: implementação e monitoramento de resíduos urbanos**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<http://wp.bvrio.org/wp-content/uploads/2017/06/Politica-Nacional-de-Residuos-Solidos.pdf#page=11>>. Acesso em: 3 nov. 2017.

CÂMARA, G. et al. Análise de Dados de Área. In: **Análise Espacial de Dados Geográficos**. [s.l: s.n.]. p. 44.

CHAVES, I. R.; SOUZA, O. T. DE. A gestão dos resíduos sólidos no Rio Grande do Sul: uma estimação dos benefícios econômicos, sociais e ambientais. *Ensaio FEE*, v. 34, n. 0, p. 683–714, 26 dez. 2013.

CHEN, C. C. Spatial inequality in municipal solid waste disposal across regions in developing countries. *International Journal of Environmental Science and Technology*, v. 7, n. 3, p. 447–456, 2010.

DANTAS, I. M.; JÚNIOR, W. A. F. ANÁLISE DO ATERRO SANITÁRIO DE QUIRINÓPOLIS/GO SEGUNDO AS LEIS AMBIENTAIS. **Anais da Conferência Internacional de Estratégia em Gestão, Educação e Sistemas de Informação (CIEGESI)**, v. 1, n. 1, p. 124–143, 4 maio 2013.

GOMES, E. R.; STEINBRUCK, M. A. Oportunidades e Dilemas do Tratamento dos Resíduos Sólidos no Brasil à Luz da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei N.12.305/2010). **Confluências**, v. 14, n. 1, p. 100 a 114, 16 dez. 2012.

GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, n. 6, p. 1503–1510, 2012.

GROSSMAN, G. M.; KRUEGER, A. B. **Environmental impacts of a north american free trade agreement**. Cambridge, MA: [s.n.]. Disponível em: <<http://www.nber.org/papers/w3914.pdf>>. Acesso em: 6 out. 2017.

HOCKETT, D.; LOBER, D. J.; PILGRIM, K. Determinants of per capita municipal solid waste generation in the southeastern United States. **Journal of Environmental Management**, v. 45, n. 3, p. 205–217, 1995.

ICHINOSE, D.; YAMAMOTO, M.; YOSHIDA, Y. The decoupling of affluence and waste

discharge under spatial correlation: Do richer communities discharge more waste? **GRIPS Policy Research Center**, v. 20, n. 2, p. 1–28, 2011.

ISMAILA, A. B. et al. Modelling Municipal Solid Waste Generation Using Geographically Weighted Regression: A Case Study of Nigeria. **International Research Journal of Environment Sciences**, v. 4, n. 8, p. 98–108, 2015.

JACOBI, P. R.; BESEN, G. R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos Avançados**, v. 25, n. 71, p. 135–158, 2011.

MENDONÇA, R. S.; SAIANI, C. C. S.; KUWAHARA, M. Y. **Relação entre a disposição final dos resíduos sólidos urbanos e a saúde nos municípios brasileiros e paulistas: desafios para as políticas públicas**. 43º Encontro Nacional de Economia. **Anais...** Florianópolis: Associação Nacional dos Centros de Pós-Graduação em Economia (ANPEC), 2015

MOREIRA, M. C. Dados e informações sobre resíduos sólidos urbanos no Brasil. p. 152, 2013.

RELATÓRIO de Brundtland, 1987. Disponível em: <<http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>>. Acesso em: dezembro 2017.

SABATER, L. A.; TUR, A. A.; AZORÍN, J. M. N. Análise Exploratória dos Dados Espaciais (AEDE). In: COSTA, J. S.; DENTINHO, T. P.; NIJKAMP, P. **Compêndio de Economia Regional: métodos e técnicas de análise regional**. Vol. 2. Principia, p. 237-298, 2011.

SANTOS, G. O.; SILVA, L. F. F. DA. ESTREITANDO NÓS ENTRE O LIXO E A SAÚDE – estudo de caso de garis e catadores da cidade de Fortaleza, Ceará. **REDE-Revista Eletrônica do Prodepa**, p. 83–102, 2009.

SILVA, H.; ALISSON FLÁVIO BARBIERI; MONTE-MÓR, R. **Fatores Demográficos e Geração de Resíduos Sólidos Domiciliares no Município de Belo Horizonte**. XVII Encontro Nacional de Estudos Populacionais. **Anais...2010** Disponível em: <<http://www.abep.org.br/publicacoes/index.php/anais/article/viewFile/2367/2320>>. Acesso em: 16 nov. 2017

SILVA, M. B. O. DA. Obsolescência Programada E Teoria Do Decrescimento Versus Direito Ao Desenvolvimento E Ao Consumo (Sustentáveis). **Veredas do Direito**, p. 181–196, 2012.

SIMATELE, D. M.; DLAMINI, S.; KUBANZA, N. S. From informality to formality: Perspectives on the challenges of integrating solid waste management into the urban development and planning policy in Johannesburg, South Africa. **Habitat International**, v. 63, p. 122–130, maio 2017.

TALALAJ, I. A.; WALERY, M. The effect of gender and age structure on municipal waste generation in Poland. **Waste Management**, v. 40, p. 3–8, 2015.