

AValiação da PObreza Ambiental no Rio Grande do Sul numa Perspectiva Econométrico Espacial

Andreia Pereira Freitas
Andréa Bento Carvalho
Adelar Fochezatto
Izete Bagolin
Gustavo Inácio de Moraes

Doutoranda em Economia do Desenvolvimento PUCRS, E-mail: andreiapfreitas@globo.com;
andreiapfreitas@globo.com; Professora ICEAC/FURG, E-mail: andreib.carvalho@yahoo.com.br;
andreib.carvalho@yahoo.com.br; Professor PUCRS, E-mail: adelar@puers.br;
Professora PUCRS, E-mail: izete.bagolin@puers.br; Professor PUCRS, E-mail: gustavo.moraes@puers.br

JEL: C21; Q01; Q53

Área Temática: 09

RESUMO

O objetivo do presente trabalho é avaliar a deficiência ambiental no Rio Grande do Sul, através da construção do índice de deficiência ambiental (IDA), que contempla o destino final do lixo domiciliar e o tipo de esgotamento sanitário. Para tanto, utilizou-se análise exploratória dos dados espaciais, *I-Moran* e *LISA*, bem como modelo de econometria espacial *SEM*. As evidências apontam presença de *clusters* de todas as variáveis utilizadas como indicadores para o IDA sinalizados por altos valores de *I-Moran* e identificação em mapa de *clusters LISA*. Além disso, verifica-se uma relação positiva das variáveis: percentual de pobres e PIB com o índice de deficiência ambiental (IDA), enquanto que as variáveis: saúde, educação e percentual de trabalhadores na indústria apresentaram uma correlação negativa.

Palavras-chaves: Deficiência Ambiental, *I-Moran*, *LISA*.

ABSTRACT

The objective of this study is to identify the environmental deficiency in state of Rio Grande do Sul, through the construction of the Environmental Deficiency Index (IDA), which considers the final destination of household waste and the type of sanitary sewage. For that, we used exploratory analysis of spatial data, *I-Moran* and *LISA*, as well as *SEM* spatial econometric model. The evidence points to the presence of clusters of all variables used as indicators for the IDA signaled by high *I-Moran* values and map identification of *LISA* clusters. In addition, there is a positive relationship between the variables: percentage of poor and GDP with the IDA, while the variables: health, education and percentage of workers in industry presented a negative correlation.

Keywords: Environmental Deficiency, *I-Moran*, *LISA*

1. INTRODUÇÃO

Moretto *et.al* (2007) citando Ely (1986), propõe que o meio ambiente é o recurso potencial do qual a humanidade depende. Infelizmente, como coloca o autor, esse recurso está se tornando cada vez mais escasso, devido ao rápido crescimento populacional, da riqueza gerada e acumulada pelo crescimento econômico e pela inovação tecnológica crescente nas sociedades industrializadas.

Nesta mesma linha de raciocínio Pinto *et. al.* (2014) mencionando BRAGA *et. al.* (2004) e LIRA e CANDIDO (2008) explicam que a partir das explorações dos recursos da natureza pelos seres humanos ocorrem casos em que estes dão valor apenas às suas aspirações. Nestes casos o homem transforma o meio, diminuindo e tornando escassos seus recursos naturais. Os autores complementam ainda que devido a essa dinâmica surge, no final da década de 80, propostas com o objetivo de construir indicadores ambientais a fim de fornecer auxílio para a formação de políticas públicas e detalhamento da atividade realizada pela ação do homem no meio ambiente no qual está inserido.

Semelhante a posição dos autores acima, Liu (2012) também atribui a interação homem-meio ambiente a degradação ambiental. Tal interação pode reduzir as riquezas abaixo do nível necessário, o que para a autora é tratado como pobreza ambiental. Neste caso, inicialmente a autora alude que pobreza ambiental é questão para estudo e pesquisa porque tende a ser associada com problemas de saúde, doenças, corrupção, opressão, injustiça social e agitação política. Logo, pobreza ambiental é referida como a falta de ambiente saudável necessário para a sobrevivência e desenvolvimento da sociedade, sendo resultado direto da degradação ambiental causada pelo homem.

Conforme Motta (1997), a pobreza é um fator de degradação ambiental e os pobres também são os que mais sofrem com a perda de qualidade ambiental nas cidades brasileiras. As restrições de renda desses, não permitem se defender dos danos de origem ambiental a que estão expostos. Dessa forma, a pobreza cria poluidores e poluídos por exclusão social, não havendo forma de separar questões de equidade das propostas de política ambiental.

Segundo Aggrey *et al.* (2010) a pobreza é uma das principais ameaças ao meio ambiente, assim como uma das maiores causas de problemas ambientais. Já Durning (1989), pobreza é uma causa direta da degradação ambiental, o autor entende que a pobreza leva a deterioração do ambiente quando indivíduos sem-terra exploram excessivamente os recursos, causando declínio ambiental e a permanente pobreza. Dasgupta e Maler (1994) e Durning (1989) acrescentam que a pobreza induz os indivíduos nela incluídos a esgotar recursos, e esses entram numa “espiral descendente”, reduzindo ainda mais a renda dos mesmos. No entanto, Somonathan (1991) argumenta que na sua visão os pobres não teriam recursos para degradar o meio ambiente utilizando como exemplo a razão para o desmatamento que nega a população local os benefícios futuros da floresta por esta ter direito de propriedade.

Finco e Waquil (2006) menciona que a relação entre pobreza e meio ambiente, torna-se a cada dia mais relevante, já que a degradação ambiental e o esgotamento dos recursos afetam a qualidade de vida das pessoas. Oliveira (2013) citando Sachs (2008), corrobora a afirmação apontando que o homem faz parte do meio ambiente, com tudo que produz artificialmente afeta e é afetado por ele. Se o ambiente que abrange a humanidade com suas práticas e costumes, é danificado de alguma forma, tem-se redução da qualidade de vida das pessoas. De acordo com Dasgupta *et. al.* (2003) as famílias pobres podem degradar o meio ambiente de maneiras prejudiciais para si e para os outros. A autora relata que conceitualmente existe um "nexo pobreza/ambiente", indicando que um problema é um determinante significativo do outro. Sendo assim, reduzir a pobreza pode ser um meio eficaz de reduzir os danos ambientais, ou vice-versa. Soluções conjuntas podem ser opções econômicas altamente eficientes.

Liu (2012) afirma que a qualidade ambiental varia por localidade e é afetada por fatores como população, cultura e tecnologia. Dessa forma, vários são os fatores que podem determinar a deficiência ambiental, entre eles: (i) qualidade do ar; qualidade da água, pobreza, nível de educação, etc. No presente trabalho iremos utilizar a deficiência ambiental como *proxy* para pobreza ambiental. Nesse sentido, destacamos como indicadores de deficiência ambiental o destino final do lixo domiciliar e o tipo de esgotamento sanitário, na tentativa de caracterizar o nível de deficiência ambiental dos municípios do Rio Grande do Sul,

ressaltando que, conforme GOUVEIA (1999) a coleta e a disposição final dos resíduos sólidos continuam sendo um dos mais importantes problemas ambientais de qualquer centro urbano na atualidade. Sua magnitude se explica não só pelas enormes quantidades produzidas quanto pelo constante aumento na produção e destino impróprio para o lixo doméstico.

Assim o objetivo do presente trabalho é identificar a deficiência ambiental no Rio Grande do Sul através da construção de um índice de deficiência ambiental (IDA), que contempla o destino final do lixo domiciliar e o tipo de esgotamento sanitário. Tal problemática é relevante, como cita CHIARINI (2006), já que a carência nos domicílios de rede geral de esgotamento sanitário ou fossa séptica e coleta de lixo gera emissão de dejetos sólidos e líquidos no ambiente e nas proximidades dos mesmos, levando a perda de bem-estar decorrente das doenças.

Com vistas a alcançar os objetivos propostos e tentar responder à questão formulada, fez-se uso primeiramente de análise exploratória dos dados espaciais, *I-Moran* e *LISA*, bem como o método de econometria espacial. O propósito é entender se o comportamento de uma variável em um local específico depende do comportamento da mesma variável em locais próximos. E dessa forma, compreender melhor a interação entre os agentes nos processos econômicos.

Com base na metodologia empregada e nos resultados alcançados, estruturou-se o trabalho nas seguintes seções: além da seção introdutória, na segunda seção apresenta-se o método de análise exploratória de dados espaciais, bem como a econometria espacial e as fontes de dados utilizadas para o alcance do objetivo do trabalho. Na terceira seção discute-se os resultados encontrados. Por fim, apresentamos as conclusões.

2. ESTRATÉGIA EMPIRICA E DADOS

Sempre que houver suspeita de que as variáveis utilizadas numa pesquisa tiverem autocorrelação espacial¹, devemos pensar no uso da econometria espacial. De acordo com Almeida (2012), a dependência espacial tem três fontes: a interação espacial², erros de medida e má especificação dos modelos³. Conforme Anselin (1988) a econometria espacial trata-se de técnicas que incorporam formalmente a dependência e a heterogeneidade espacial. Na presença de dependência espacial, o estimador MQO perde suas propriedades, quais sejam: não viesado, (o valor médio ou esperado dos parâmetros da amostra deixa de tender ao verdadeiro valor dos parâmetros da população); estimador eficiente (os erros deixam de ser independentes e homocedásticos). Quando a dependência espacial é decorrente de variáveis omitidas, usamos o Modelo *SAR* (*Spatial Autoregressive Model*), quando é decorrente dos erros e estes deixam de ser independentes, utilizamos o Modelo *SEM* (*Spatial Error Model*).

Entre as abordagens existentes na literatura econométrica para tratar da autocorrelação espacial, a abordagem paramétrica necessita construir uma matriz de ponderação espacial, a qual concebe-se na interação espacial dos agentes. Matrizes baseadas na proximidade (matriz de contiguidade na convecção rainha, torre, bispo e k vizinhos) ou matrizes de pesos espaciais baseadas na distância inversa. Segundo Almeida (2012), a escolha da matriz deve respeitar as particularidades de cada estudo. E também podem ser construídas com base no conceito

¹ Dependência ou Autocorrelação Espacial ocorre quando de uma variável em um local específico depende do comportamento da mesma variável em locais próximos, ou seja, as observações não são espacialmente independentes.

² Proveniente de quatro processos: difusão; troca de mercadorias e transferência de renda; comportamento estratégico e espraiamento.

³ Decorrentes da heterogeneidade espacial. Esta e a dependência espacial, encontram-se sobrepostas, dificultando as especificações dos modelos econométricos espaciais.

socioeconômico, ou em outro conceito relevante para a análise (político, cultural ou institucional).

O primeiro passo para estimar um modelo de econometria espacial é realizar análise exploratória de dados espaciais (AEDE). A seguir descrevem-se os modelos utilizados para o alcance do objetivo do presente trabalho.

2.1. Análise Exploratória de Dados Espaciais

A AEDE é um conjunto de técnicas para descrever e visualizar distribuições espaciais, identificar localidades atípicas (*outliers* espaciais), descobrir padrões de associação espacial (*clusters* espaciais) e sugerir diferentes regimes espaciais e outras formas de instabilidade espacial (ALMEIDA 2012).

Um coeficiente de autocorrelação descreve um conjunto de dados que está ordenado conforme uma sequência espacial. É construído pela razão de uma medida de autocovariância e uma medida de variação total dos dados. Como se trata de um contexto espacial, também precisa de uma matriz de ponderação espacial (W) que revele a inter-relação espacial. Medidas diferentes de autovariância dão origem a diferentes coeficientes de autocorrelação espacial. O índice de autocorrelação espacial mais usado na literatura é o *I* de Moran (ALMEIDA, 2012). Ainda de acordo com o autor, o índice foi proposto por Moran no ano de 1948, e é dado por:

$$I = \frac{n}{S_0} \frac{\sum_{i,j} w_{ij} z_i z_j}{\sum_{i=1}^n z_i^2}$$

onde:

n = nº de regiões

z = valores da variável de interesse padronizada

W_z = valores médios da variável de interesse padronizada nos vizinhos, definidos segundo a matriz de ponderação espacial W.

w_{ij} = elemento da matriz de ponderação espacial W referente à região i e j

S_0 = é a operação $\sum_i \sum_j$

A matriz de pesos utilizada foi a de contiguidade *Queen*⁴ de ordem 1. Para a escolha do procedimento da matriz foi adotado o procedimento de Baumont (2004). Os valores do *I*-Moran variam em um intervalo de -1 a +1 e deve-se analisar a significância desses valores para indicar a presença ou ausência de autocorrelação espacial.

Dado que o *I*-Moran global não captura efeitos locais, para contornar tal situação é utilizado o Moran local ou LISA. A estatística satisfaz a dois critérios: a capacidade de indicar clusters espaciais para cada observação que sejam estatisticamente significativos e, a propriedade do somatório dos indicadores locais, para todas as regiões, ser proporcional ao indicador de autocorrelação espacial global correspondente. O Indicador de Associação Espacial Local (LISA) é dado por:

$$I_i = z_i \sum_j w_{ij} z_j$$

onde:

w_{ij} = elementos da matriz de pesos espaciais w entre os pontos i, j , z_i e z_j .

⁴ Considera regiões que compartilham lados e vértices em comum em relação à região de interesse.

Z_j = número da variável analisada por região i e j .

2.2. Modelo de Econometria Espacial

Como já citado anteriormente, quando a dependência espacial é decorrente de variáveis omitidas, usamos o modelo *SAR* (*Spatial Autoregressive Model*), quando é decorrente dos erros e estes deixam de ser independentes, utilizamos o Modelo *SEM* (*Spatial Error Model*), como evidenciamos a seguir.

O Modelo *SAR* (*Spatial Autoregressive Model*) apresenta a especificação

$$Y = \rho WY + X\beta + \varepsilon$$
$$Y = (1 - \rho W)^{-1} (X\beta + \varepsilon)$$

onde:

WY = operador de defasagem espacial

ρ = parâmetro de autocorrelação

Nesse modelo o valor esperado é diferente, pois a matriz não diagonal $(1 - \rho W)^{-1}$ multiplica o termo $(X\beta)$. Dessa forma as derivadas parciais serão diferentes das observadas nos modelos MQO e *SEM*.

O Modelo *SEM* (*Spatial Error Model*) apresenta a especificação

$$Y = X\beta + \mu$$
$$\mu = \lambda W\mu + \varepsilon$$
$$Y = X\beta + (1 - \lambda W)^{-1} \varepsilon$$

onde:

$W\mu$ = operador de defasagem espacial de erros

λ = parâmetro de dependência espacial dos erros e

ε = resíduo (com as propriedades usuais, independente e homocedástica)

A fim de verificar qual modelo se adapta melhor ao estudo em questão foram estimados, pelo *software GeoDa*, dois modelos econométricos espaciais: *SAR* e *SEM*.

A variável dependente é Índice de Deficiência Ambiental (IDA), formado pela média aritmética entre o percentual de Coleta Inadequada (lixo enterrado, jogado, queimado e outro destino) e o percentual do Tratamento Inadequado (sendo considerado como adequado o tratamento de Fossa Séptica e Rede Geral de Esgoto e os demais inadequados). O IDA varia entre 0 e 1. Quanto menor o valor do índice menor a deficiência ambiental, ou seja, menor é a degradação ao meio ambiente. Quanto mais próximo de 1, maior a deficiência ambiental.

Para determinar o intervalo de classe das categorias (péssimo, ruim, regular, bom e ótimo) da coleta adequada, encontradas na Tabela A.1 (anexo A), foi utilizada a média da coleta adequada como divisor entre o aceitável e o não aceitável. E o desvio-padrão para determinar as classes do intervalo, sendo a média da coleta adequada usada como limite superior do intervalo. Já para definir os intervalos de classe das categorias (péssimo, ruim, regular, bom e ótimo) de tratamento adequado (Tabela A.1 anexo A), foi usada a média do tratamento adequado como divisor entre o aceitável e o não aceitável. E o desvio-padrão da média dos desvios entre coleta adequada e tratamento adequado para determinar as classes do intervalo. Sendo a média do tratamento adequado usada como limite inferior do intervalo. Esse recurso foi aplicado com a finalidade de tornar mais equilibrado os parâmetros de classes entre a coleta adequada e tratamento adequado.

Em referência ao IDA, para estabelecer os intervalos de classe (péssimo, ruim, regular, bom e ótimo), vide Tabela A.1 anexo A. foi considerada a média da referida variável como medida que limita o aceitável do não aceitável. E o desvio-padrão para definir as classes do intervalo, sendo a média do IDA indicada como limite inferior do intervalo.

Adotamos deste índice IDA, como estratégia para mensurar a degradação do meio ambiente, a qual será usada para representar o que chamamos de “Pobreza Ambiental”.

As demais variáveis explicativas, são: (i) IDHML (saúde); (ii) PIBPC (PIB *per capita*); (iii) DENSIPOP (Densidade Populacional); (iv) PERTRABI (Percentual de Trabalhadores na Indústria); (v) PERPOBRES (Percentual de Pobres); (vi) ECM18A (Educação). Todas as variáveis utilizadas como exógenas se mostraram significativas e apresentaram dependência espacial.

O Modelo Econométrico *SAR* tem a seguinte especificação:

$$IDA = \rho_w IDA + IDHML\beta + DENSIPOP\beta + PERPOBRES\beta + EDM18A\beta + PERTRABI\beta + PIBPC\beta + \varepsilon$$

O Modelo Econométrico *SEM* apresenta a especificação abaixo:

$$IDA = IDHML\beta + DENSIPOP\beta + PERPOBRES\beta + EDM18A\beta + PERTRABI\beta + PIBPC\beta + \varepsilon$$

Foram utilizados dados *cross section* para o ano de 2010. As variáveis utilizadas nos modelos estão descritas na Tabela abaixo.

Tabela 1 – Descrição de Variáveis

Descrição das Variáveis	
IDA	Índice de Deficiência Ambiental
IDHM-L	IDH Municipal de Longevidade (saúde)
PIB_{pc}	PIB Municipal Per Capita
DENSIPOP	Densidade Populacional
PERTRABI	% de Trabalhadores na Indústria
PERPOBRES	% de Pobres
EMC18A	Ensino Médio Completo - 18 anos ou mais (educação)

Fonte: Elaboração própria.

As seguintes fontes de dados foram empregadas: dados de coleta do lixo e tratamento de esgoto municipais oriundos da Fundação de Economia e Estatística (FEE), dados socioeconômicos municipais provenientes da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) e Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul.

Os resultados e discussões das estimações podem ser observados na seção 3. O critério para a escolha do modelo é o *Akaike* e o *Schwarz*, já que ambos apresentaram o menor valor.

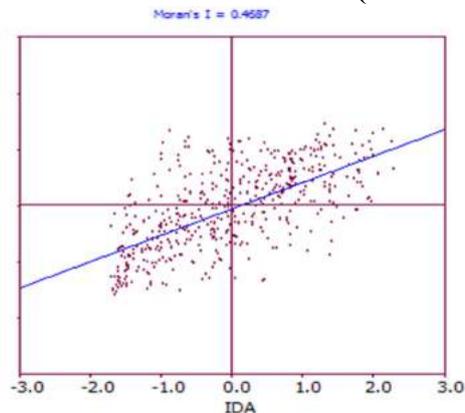
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção serão apresentados e discutidos os resultados encontrados pelo *I-Moran*, *LISA* e o modelo *SEM* para a variável dependente IDA e suas explicativas.

3.1 *I-Moran*

O *I-Moran* da Variável IDA (Índice de Deficiência Ambiental) é apresentado no Gráfico 1. Foi utilizada uma matriz de pesos do tipo “Queen” que resultou num valor de *I-Moran* 0,4687. Este resultado mostra que há dependência espacial na variável em questão.

Gráfico 1: Cálculo do I-Moran da Variável IDA (Índice de Deficiência Ambiental)



Fonte: Elaboração própria com o uso do software *OpenGeoDa*.

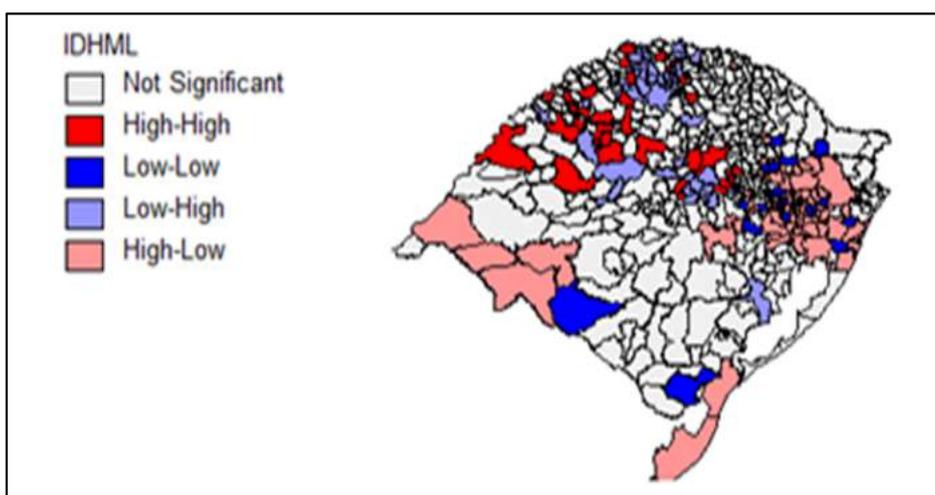
De acordo com o Gráfico acima, observamos que o *I-Moran* revela uma autocorrelação positiva, ou seja, um município com alto valor no IDA denota que esta cercado por municípios que também apresentam altos valores no IDA. Da mesma forma, um valor pequeno da variável é acompanhado de uma vizinhança de baixo valor na mesma variável.

No anexo A são apresentadas as relações do IDA com as variáveis explicativas usadas no modelo: IDHML (saúde), DENSIPOP (Densidade Populacional), PERPOBRES (Percentual de Pobres), EMC18A (Educação), PERTRABI (Percentual de Trabalhadores na indústria) e PIBPER (PIB *per capita*).

3.2 LISA

A partir do Índice de Autocorrelação Espacial Local (LISA) da variável IDH Municipal de Longevidade (saúde), apresentado na Figura 1, foram identificados os seguintes *clusters*: (i) *clusters High-Low*: leste do estado do RS (Porto Alegre, Canoas, São Leopoldo, Gravataí, entre outros), municípios serranos (Gramado, Canela, Caxias do Sul, Bento Gonçalves), Extremo Sul (Santa Vitória do Palmar e Rio Grande) e região Oeste; (ii) *clusters Low-High*: ao norte, apresentando baixo nível de saúde e alto valor de IDA, ao nível de 1% de significância. A Tabela A.1, vide anexo A, mostra que o nível de saúde nos municípios encontra-se abaixo da média (0,84) e que os municípios vizinhos a estes têm valores elevados para o IDA. Estes resultados demonstram que os municípios sofrem com as externalidades da falta de tratamento adequado dos municípios do *cluster* (a única exceção é o município de São José de Inhacorá, que conta com um bom nível de coleta, colaborando com a melhora do IDA); (iii) *cluster High-High*, ao nível de 5% de significância: ao Noroeste do RS, onde observamos municípios com alto nível de saúde e vizinhança com alto IDA. Neste *cluster*, o alto IDA também se deve à falta de tratamento (ver Tabela 2 anexo A), sendo que alguns municípios como Santiago, Cruz Alta, São Borja, Ijuí, São Luiz Gonzaga Santo Ângelo, Soledade, Constantina, Santa Rosa e Putinga predominam a atividade de agropecuária, o que contribui para o resultado encontrado.

Figura 1: LISA da Variável IDH Municipal de Longevidade (saúde).



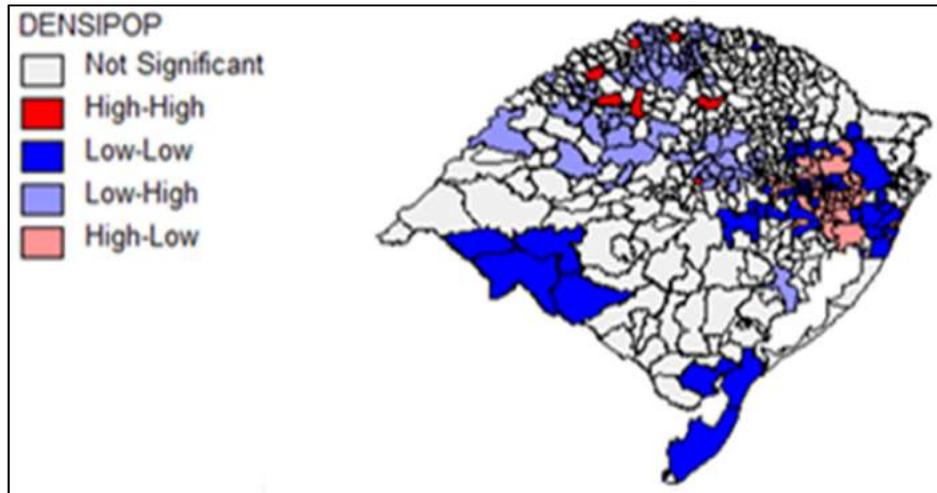
Fonte: Elaboração própria com o uso do *software OpenGeoDa*.

O LISA calculado para a variável Densidade Populacional, exibido no Gráfico 3 (anexo A) e na Figura 2 (abaixo), é de -0,2315. Observa-se autocorrelação espacial negativa entre as variáveis supracitadas, evidenciando que quanto maior for a dispersão populacional, menor será a deficiência ambiental.

Podemos ainda ressaltar na Figura 2, que através do LISA foram identificados três⁵ *clusters*, são eles: (i) *clusters Low-Low*, localizados a Sudoeste, Leste e a Sul do Estado do RS, revelando que onde há maior dispersão populacional ocorre menor deficiência ambiental; (ii) *clusters Low-high*: regiões Norte, Noroeste e Centro indicando um grupo de municípios com baixa densidade populacional rodeados de municípios com alto valor de IDA. Atribui-se este resultado à falta de tratamento de esgoto adequado (conforme indica a Tabela 1, anexo A). Foi verificado que o município de São Marcos apresenta o melhor IDA do *cluster*, tal município, além de ter o melhor nível de tratamento de esgoto, possui nível de saúde acima da média (0,855) e claramente isto contribuiu para a melhora do resultado do IDA. Os municípios de Sobradinho e Soledade, apesar do resultado IDA não classificado como ruim, tem na atividade econômica da agropecuária o uso intensivo de agentes degradadores do meio ambiente e que certamente contribuem para o aumento da deficiência ambiental. Em especial no município de Soledade também destaca-se a atividade industrial extrativa, vindo a ampliar os efeitos degradantes ao meio ambiente; (iii) *cluster High-Low*: na região Leste e parte da Serra, caracterizado por alta densidade populacional rodeado por municípios com baixo IDA. Nesta região destacamos a localização de municípios como Porto Alegre, Caxias do Sul, Bento Gonçalves, Gramado, Canoas e Carlos Barbosa.

⁵ Foram identificados quatro clusters, contudo o cluster high-high apresentou baixíssima significância.

Figura 2: LISA da Variável Densidade Populacional.

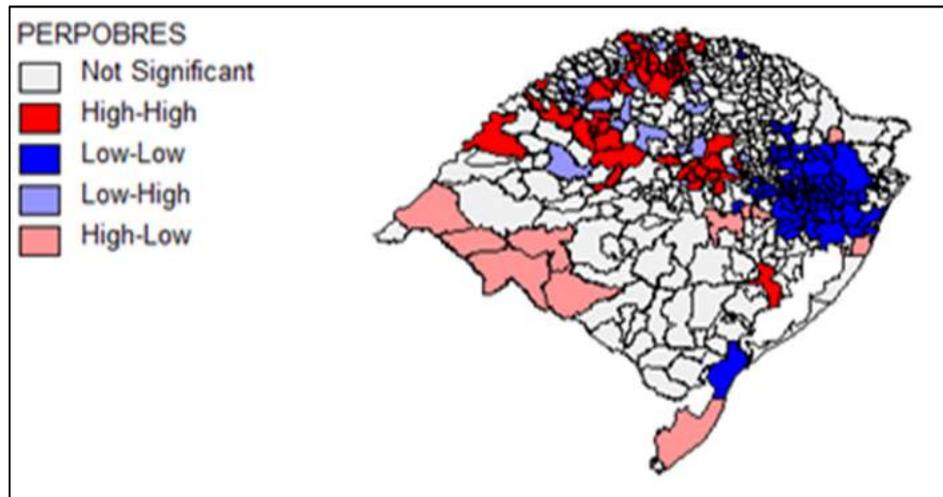


Fonte: Elaboração própria com o uso do *software OpenGeoDa*.

A relação encontrada pelo LISA entre a variável percentual de pobres e o IDA é expressa no Gráfico 4 (anexo A) e Figura 3. O *I-Moran* apresentou autocorrelação espacial de 0,3001, indicando que o percentual de pobres tem uma relação direta e positiva com o IDA, evidenciando que se o percentual de pobres aumentar, o IDA também aumentará.

Observamos na Figura 3 os seguintes *clusters*: (i) *clusters High-High*, ao norte, noroeste e centro do estado do RS. Nestas regiões notamos que a alta deficiência ambiental se deve à falta de tratamento de esgoto adequado - o que fica nítido na Tabela A.1 (anexo A) -, percebe-se que estas regiões apresentam elevado percentual de pobres e alto IDA na vizinhança. Evidencia-se ainda que os municípios de São Borja e Soledade, onde há o predomínio da atividade agropecuária, sendo que Soledade apresenta também fortemente desenvolvida a atividade da Indústria extrativista, o IDA não ser alarmante (ruim), a alta do nível de deficiência ambiental é decorrente das atividades predominantes. Logo, aliando o alto percentual de pobres nas regiões norte, noroeste e centro do estado às atividades econômicas a degradação do meio ambiente é mais sentida; (ii) *cluster Low-Low*, a Leste, indicando baixo percentual de pobres com baixo IDA no entorno da região, ao nível de 1% de significância. Neste *cluster* podemos verificar novamente a relação direta entre pobreza e deficiência ambiental, agora de forma análoga, baixo percentual de pobres e baixa deficiência ambiental na vizinhança; (iii) *clusters High-Low*, a Sudoeste e Sul do estado do RS - alto percentual de pobres circundado por baixo índice de deficiência ambiental, ao nível de 5% de significância. As regiões são caracterizadas economicamente pela atividade agrícola, baixo PIB *per capita* e baixa densidade populacional.

Figura 3: LISA da Variável % de Pobres

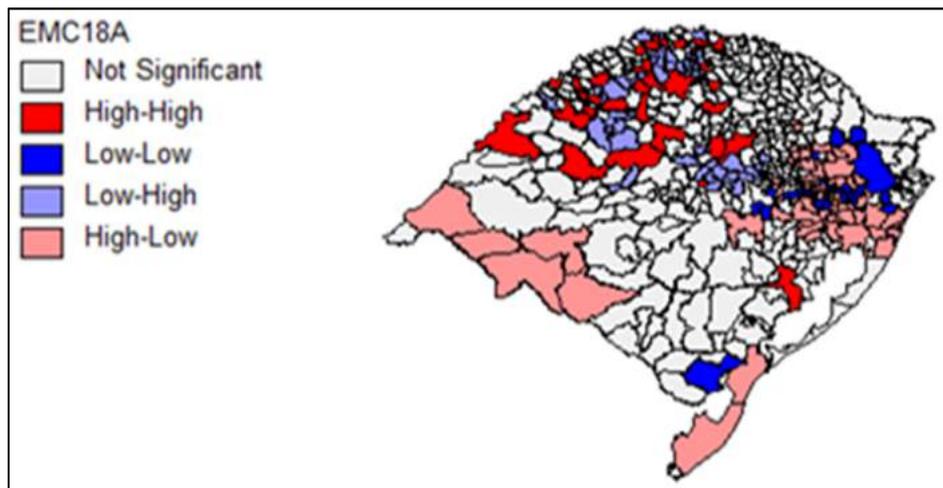


Fonte: Elaboração própria com o uso do software *OpenGeoDa*.

Verificamos, conforme o Gráfico 5 (anexo A) e Figura 4, o *I*-Moran apresentou autocorrelação espacial de $-0,1734$, manifestando uma relação inversa entre a variável Ensino Médio Completo - 18 anos ou mais (educação) e o Índice de Deficiência Ambiental, ou seja, quanto maior o nível educacional do município, menor é o índice de degradação ambiental.

Conforme Figura 4, abaixo, verifica-se: (i) *clusters High-Low*, a Sudoeste, Leste e Sul do estado - nível alto de educação nos municípios e vizinhança com baixo nível de IDA, ao nível de significância de 5% e 1%, respectivamente; (ii) *esparos clusters Low-High*, ao Norte, Noroeste e Centro do estado, ao nível de 5% de significância, indicando baixo nível de educação e alta deficiência ambiental na vizinhança. A alta deficiência ambiental, conforme Tabela 1 (anexo A), se deve ao sistema precário de coleta de lixo e principalmente a falta de tratamento de esgoto adequada. Sendo que, os municípios de Tunas, Segredo, Lajeado do Bugre e Rio dos Índios apresentam péssima coleta de lixo e tratamento de esgoto; (iii) *clusters High-High*, na Região Norte e Noroeste do Rio Grande do Sul ao nível de 1% de significância, caracterizados por alto nível de educação dos municípios e alto IDA na vizinhança. Podemos verificar na Tabela A.1 (anexo A) que a alta deficiência ambiental se deve à falta de tratamento de esgoto adequado. Alguns municípios indicam um IDA mais baixo, sendo este melhorado pelo indicador coleta. Encontramos nestes grupos de municípios valores do IDA razoáveis, porém com atividade econômica agropecuária: Ijuí, São Borja, São Luís Gonzaga, Sarandi, Sobradinho e Soledade (este também com atividade extrativa), o que contribui para alta deficiência ambiental. Ao nível de 5% de significância, identificamos o *cluster Low-Low* a leste do estado, com baixo nível educacional e municípios com baixo valor de IDA.

Figura 4: LISA da Variável Ensino Médio Completo - 18 anos ou mais (educação).



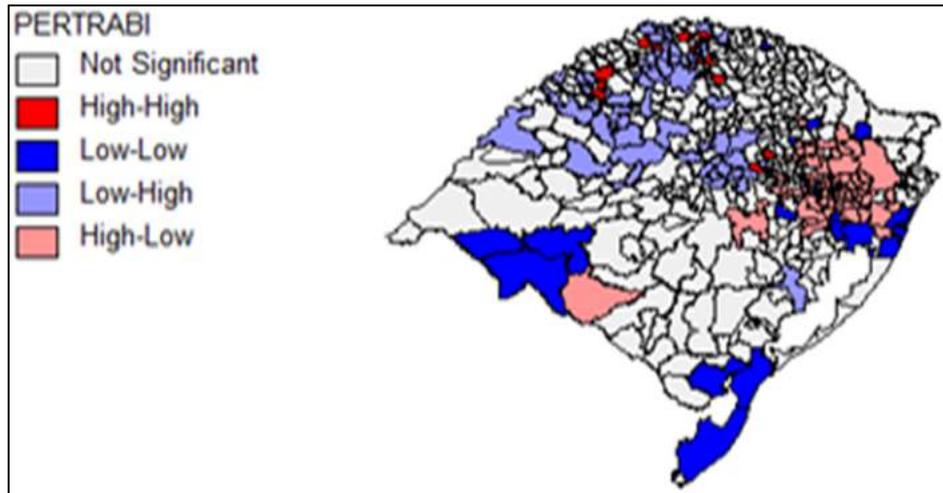
Fonte: Elaboração própria com o uso do *software OpenGeoDa*

De acordo com o Gráfico 6 (anexo A) o I-Moran de -0,3559 mostrando uma Autocorrelação Espacial Global negativa entre a variável % de Trabalhadores na Indústria e IDA. Um menor número de indústrias e maior deficiência ambiental é possivelmente justificada pela ausência de tratamento adequado aos resíduos, neste caso, industriais.

A Figura 5 mostra os clusters identificados através LISA para a variável % de Trabalhadores na Indústria (PERTRABI): (i) *cluster Low-High* ao Norte, Noroeste e Centro do Rio Grande do Sul. Estes municípios têm baixo percentual de trabalhadores na Indústria e uma vizinhança com alto índice de deficiência ambiental. Destacamos ainda municípios como Tunas, Rio dos Índios, Lagoão e Lajeado do Bugre que apresentam os piores valores de coleta de lixo, tratamento de esgoto e IDA. Alguns municípios que apresentam o IDA menor (Ijuí, São Borja, São Luiz Gonzaga, Santiago, Espumoso e Soledade são áreas rurais, o que possivelmente influencia mais fortemente a identificação de degradação ambiental no mapa LISA (o uso de inseticidas e agrotóxicos provenientes da atividade agropecuária comprometem a saúde ambiental)⁶; (ii) *cluster High-Low*. a Leste do Estado do RS, ao nível de 1% de significância, verifica-se um alto percentual de trabalhadores alocados na indústria e uma vizinhança com baixa deficiência ambiental. (iii) *cluster Low-Low* a Sudoeste, Sudeste e no Sul do estado, ao nível de significância de 5%, atestando um baixo percentual de trabalhadores na indústria no município e uma vizinhança com baixo índice de deficiência ambiental.

⁶ Este resultado pode ser verificado na Tabela A.1 (anexo A).

Figura 5: LISA da Variável % de Trabalhadores na Indústria



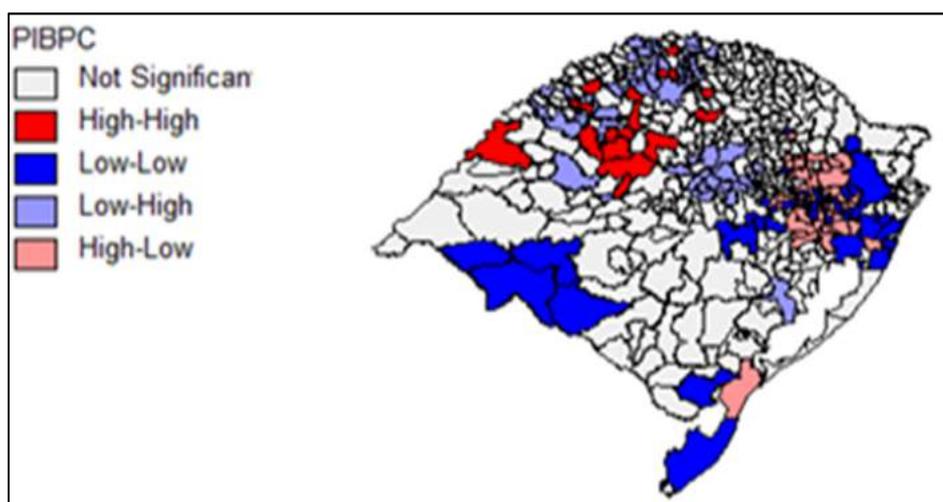
Fonte: Elaboração própria com o uso do *software OpenGeoDa*

O Gráfico 7 (anexo A) expressa que o *I-Moran* do PIB *per capita* é de -0,1200, evidenciando a relação negativa entre as variáveis PIB *per capita* e IDA. Esta relação negativa indica que um baixo valor do PIB *per capita* corresponde a um alto valor de IDA.

Calculando o LISA da variável PIBPC, como mostra o Figura 6, verificamos a presença de alguns *clusters*: (i) *cluster Low-High*: Norte, Noroeste e Centro, esse grupo de regiões apresenta baixo valor de PIB *per capita* e alto IDA na vizinhança, atribui-se este resultado a falta de tratamento de esgoto adequado nos municípios vizinhos. Entretanto, alguns municípios apresentam IDA baixo, porém, há o predomínio da agropecuária (uso de fertilizantes, inseticidas, agrotóxicos). Neste sentido, mais agravante é o caso do município de Soledade, que além da agropecuária desenvolve fortemente a atividade da indústria extrativista, o que possivelmente influencia a identificação de degradação do meio ambiente no mapa LISA (tal como apresenta a Tabela A.1 no anexo A); (ii) *clusters High-Low*: Leste e Sul, são municípios com alto valor de PIB *per capita* e IDA baixo. Destacamos nestas regiões os maiores PIB's do estado (entre eles a Capital do RS, Porto Alegre); (iii) *cluster High-High*: Noroeste do estado onde observa-se altos valores de PIB *per capita* (municípios de Ijuí, São Borja, Cerro Largo), com predomínio da atividade agropecuária e alto IDA (possivelmente explicado pela falta de tratamento adequado⁷ e impacto negativo da atividade agropecuária); (iv) *clusters Low-Low*: Sudoeste, Leste e Sul, a 5% de significância, onde encontramos baixo valor do PIB *per capita* nos municípios e vizinhança com baixo IDA.

⁷ Os municípios de Jóia e Quevedo apresentam níveis péssimos de coleta de lixo, tratamento de esgoto e IDA. vide Tabela A.1 anexo A.

Figura 6: LISA da Variável PIB Municipal Per Capita.



Fonte: Elaboração própria com o uso do software *OpenGeoDa*.

3.3 Modelo Econométrico Espacial

O modelo econométrico espacial SAR e SEM podem ser observados na Tabela 1. Ressalta-se que o modelo SEM apresentou melhor ajuste e correção da heterocedasticidade quando estimado no software *Geoda Space* (última coluna da Tabela 1).

Além disso, cabe destacar que não foram todas as variáveis do modelo que apresentaram significância. No modelo econométrico espacial SAR as variáveis DENSIPOP e PERPOBRES não foram significativas⁸. Além disso, o modelo apresentou diagnóstico de heterocedasticidade no teste *Breusch-Pagan*.

No modelo econométrico espacial SEM a variável DENSIPOP também se mostrou não significativa⁹. Houve diagnóstico de heterocedasticidade no teste *Breusch-Pagan*. Comparando os dois modelos, verificamos que conforme os critérios *Akaike* e *Schwarz*, o modelo SEM foi o mais adequado (*Akaike* e *Schwarz* de menores valores).

O Modelo SEM foi estimado excluindo a variável DENSIPOP, contudo diagnosticou-se novamente heterocedasticidade. Assim, como estratégia para a correção da heterocedasticidade, o modelo SEM foi estimado pelo software *GeoDa Space* em GMM - sendo que GMM possibilita o contorno da heterocedasticidade. A Tabela 1 apresenta os resultados das estimações. Pode-se observar que a estimação com o *GeoDa Space* corrigiu a heterocedasticidade, permitindo a estimação do modelo.

O resultado da estimação para o modelo SEM, segue abaixo:

$$\text{IDA} = 1,338 - 0,487\text{IDHML} + 0,004\text{PERPOBRES} - 0,0012\text{EDM18A} - 0,207\text{PERTRABI} + 0,002\text{PIPC} + \varepsilon$$

⁸ Critério Akaike: -591.545. Critério Schwarz: -557.892.

⁹ Critério Akaike: -629.457. Critério Schwarz: -600.011.

Tabela 1: Estimação dos Modelos Econométricos SAR e SEM

	Estimado pelo <i>GeoDa</i>				<i>GeoDa Space</i>
	OLSE	SAR	SEM		SEM
W-Ida		0.50662***			
Constante	1.53758***	1.11519***	1.32342***	1.32330***	1.33813***
IDHml	-1.01785***	-0.74215**	-0.77120***	-0.76747***	-0.78460***
PIBpc	0.00170	0.00257**	0.00169***	0.00173*	0.00175*
Densipop	-0.00006***	0.0000026	-0.00002		
Pertrabi	-0.32961***	-0.19700***	-0.19077***	-0.18914***	-0.20722***
Perpobres	0.00306**	0.00125	0.00439***	0.00433***	0.00430***
Emc18a	-0.01052***	-0.01132***	-0.01196***	-0.01216***	-0.01206***
λ			0.65621***	0.66034***	0.60878***
R²	0.510796	0.64323	0.68289	0.68303	0.4925
R²ajustado	0.504794				
Akaike	-463.987	-591.545	-629.457	-630.913	
Schwarz	-434.541	-557.892	-600.011	-605.673	
Multicolinearidade					
Jarque-Bera	6.786525**				
Heterocedasticidade					
Breusch-Pagan	15.5012**	22.21843***	27.27938***	27.83261***	
Koenker-Bassett	21.50786***				
White	38.0943*				

***significativo a 1% **significativo a 5% *significativo a 10%.

Fonte: Elaboração própria com o uso dos softwares *OpenGeoDa* e *GeoDa Space*

A Tabela 1 explicita que o acréscimo de uma unidade de cada variável explicativa ao modelo, a contribuição para o IDA será (última coluna da Tabela): (i) uma unidade de saúde proporciona queda de 0,785; (ii) o percentual de pobres aumenta o IDA em 0,004; (iii) a educação diminui o IDA em 0,012; (iv) o percentual de trabalhadores na indústria diminui o IDA em 0,207; (v) PIB per capita eleva o IDA em 0,002.

Através da Tabela 1 ainda podemos observar quais variáveis apresentam relação positiva e negativa com o IDA, respectivamente: (i) relação positiva: PIBPC, PERPOBRES, (ii) relação negativa: IDHML, PERTRABI, EMC18A. O *Lambda* (λ) reporta a dependência espacial do erro (0,609).

A cada unidade acrescida na variável IDHML, o índice IDA diminui em 0,785, indicando uma redução na deficiência ambiental.

A variável EMC18A, ao nível de significância de 1%, apresenta relação negativa com o IDA, ou seja, a cada acréscimo de 1 ano de estudo ocorre redução de 0,012 no índice de deficiência ambiental, refletindo uma queda, mesmo que discreta, na degradação ambiental. É de se esperar tal resultado, já que em populações com mais anos de estudo há maior probabilidade de consciência ambiental, como por exemplo, coletas seletivas de lixo, entre outras.

A variável PERTRABI tem um comportamento divergente, pois apresenta relação negativa com o IDA – ou seja, maior quantidade de indústrias menor seria a deficiência ambiental.

O percentual de pobres, PERPOBRES, apresenta relação positiva com o IDA, indicando que aumentando o percentual de pobres aumenta a degradação do ambiente em 0,004. Conforme CHIARINI (2006) apud DURAIAPPAH (2005) todos os indivíduos

dependem dos serviços do ecossistema para seu bem-estar, sendo que os pobres, no curto prazo, dependem ainda mais de tais serviços quando comparados aos ricos.

A variável PIBpc apresenta relação direta com o IDA. A influência do PIB no IDA, embora de pequena magnitude (0,001), possivelmente reflita o maior padrão de consumo, que conseqüentemente gera mais resíduo. De acordo com Boyce (1994), em sociedades mais desiguais o poder dos mais ricos é alto e, na maioria das vezes, aqueles não estão interessados nas questões que envolvem a proteção ambiental.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo do presente trabalho foi identificar a degradação ambiental no Rio Grande do Sul através da construção de um Índice de Deficiência Ambiental (IDA), que contempla o destino final do lixo domiciliar e o tipo de esgotamento sanitário. Acredita-se que uma análise sub-regional possa revelar informações adicionais sobre pobreza e o meio ambiente, e assim, contribuir para um melhor direcionamento de políticas. Conforme os resultados obtidos, há uma forte dependência na variável de pobreza ambiental (representada pelo IDA - Índice de Deficiência Ambiental) indicada pelo I-Moran, ou seja, municípios que apresentam pobreza ambiental são circundados por municípios que também apresentam pobreza ambiental. Tal achado justifica o uso da econometria espacial para o estudo em questão.

Através do I-Moran percebemos a relação direta da pobreza com a pobreza ambiental. Pobres por sua própria condição acabam agravando a degradação do ambiente em que vivem e não conseguem a quebra da própria circunstância. Variáveis como educação, saúde, PIB e indústria apresentam comportamento inversamente proporcional com a pobreza ambiental. Quanto maior a disseminação da saúde e educação menor é o Índice de Deficiência Ambiental. Neste mesmo sentido, quanto maior o PIB *per capita* do município, maior será recurso disponível pelo município para aplicar na melhoria de coleta de lixo, assim como em tratamentos adequados ao esgoto, por exemplo, contribuindo efetivamente para a redução da poluição do meio ambiente.

O I-Moran Local (LISA), identificou clusters de alta deficiência ambiental na região Norte, Noroeste e pequena área do Centro do estado do Rio Grande do Sul. Tal achado deve-se principalmente a ausência de tratamento adequado do esgoto nestas regiões. Aliado a este fator, ainda há o desenvolvimento de certas atividades econômicas, como pecuária e indústria extrativa, por exemplo, no município de Soledade na região central do estado, que impactam negativamente o meio ambiente, contribuindo para a deficiência ambiental.

O modelo SEM, segundo os critérios Akaike e Schwarz foram os mais adequados para a pesquisa. Esse modelo avalia a influência de indicadores, como, saúde, educação, PIB *per capita*, percentual de pobres e percentuais de trabalhadores da indústria no Índice Deficiência Ambiental. O nível de dependência espacial do erro é 0,609.

O PIB *per capita* e o percentual de pobres apresentam uma relação positiva com o IDA, o valor se modifica na mesma direção do índice, ou seja, caso a quantidade de pessoas pobres aumente o índice também aumentará. A variável PIB *per capita* comporta-se da mesma maneira. Contudo, neste caso, a relação positiva, ainda que pequena, se deve ao fato os habitantes de municípios com PIB *per capita* mais elevados teriam um comportamento mais consumista, conseqüentemente produzindo maior quantidade de resíduos gerando maior impacto ao meio ambiente. Cabe destacar que se a relação entre o PIB *per capita* e o IDA for avaliada isoladamente a relação é negativa (conforme mencionado anteriormente). As demais variáveis apresentam relação inversamente proporcional no modelo, de acordo com as análises da relação individual de cada variável com o IDA. Podemos dizer que as variáveis empregadas no estudo influenciam a pobreza ambiental e ajudam a explicar sua medida.

Entendemos que pobreza ambiental é uma questão complexa e subjetiva, que envolve diversas dimensões e que carece de maiores investigações. Cabe reforçar que o intuito deste

estudo é de chamar a atenção para a problemática que vem se agravando no decorrer do tempo.

Compete ao Brasil aprimorar a gestão ambiental e empenhar-se mais para definir áreas de preservação ecossistêmicas, considerando: (i) prazos mais adequados para que as ações de preservação possam ser implementadas; (ii) caracterizar compensações e ações exclusivamente de conservação dos recursos livres para a economia, (iii) combater a pobreza, uma vez que essa é um fator de degradação da saúde e dignidade do indivíduo, além de apresentar impacto ao meio ambiente, neste sentido, são estes indivíduos, menos favorecidos os maiores penalizados com a perda de qualidade ambiental nas cidades brasileiras.

REFERÊNCIAS

AGGREY et. al. An Investigation of the Poverty- Environmental Degradation Nexus: A Case Study of Katonga Basin in Uganda. *Research Journal of Environmental and Earth Sciences* 2(2): 82-88, 2010.

ALMEIDA, E. **Econometria Espacial Aplicada**. Campinas. Ed. Alínea, 2012.

BAUMONT, C. **Spatial effects in housing price models. Do housing prices capitalize urban development policies in the agglomeration of Dijon (1999)?** LEG - Documentos de Trabalho - Economia 2004-04, Laboratório Francês de Economia e Gestão, Universidade de Bourgogne, 2004.

ANSELIN, L. **Spatial Econometrics: Methods and Models**. Ed. Kluwer Academic Pub. 1988.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Relação Anual de Informações (RAIS)**. Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/rais/>> Acesso em maio/2017.

CHIARINI, T. - **Pobreza e Meio-ambiente no Brasil Urbano** - Economia-Ensaios, Uberlândia, 20(2) e 21(1): 7-33, jul./dez. 2006.

DASGUPTA, P. and MALER, K. G. "Poverty, Institutions and the EnvironmentResource Base," World Banc Environment Paper No. 9, World Bank: Washington, DC, 1994.

DASGUPTA, S.; DEICHMANN, U.; MEISNER, C.; WHEELER, D. The Poverty/Environment Nexus in Cambodia and Lao People's Democratic Republic. World Bank Policy Working Paper 2960. 2003.

DURNING, A.B. Poverty and the environment: Reversing the downward spiral. World Watch Paper No. 92. **World Watch Institute**, Washington, DC, 1989.

FINCO e WAQUIL - **Pobreza, Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável: uma Revisão de Literatura sobre a Hipótese do Círculo Vicioso** - III Encontro da ANPPAS – 23 a 26 de maio de 2006.

FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA. **FEE DADOS**. Disponível em: <<http://www.dados.fee.tche.br>> Acesso em maio/2017.

FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA. **Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul**. Disponível em: <http://www.atlassocioeconomico.rs.gov.br>. Acesso em maio/2017.

GOUVEIA, N. – Saúde e Meio Ambiente nas Cidades: Desafios da Saúde Ambiental – **Saúde e Sociedade** – São Paulo, 1999.

LIU, Lee - Environmental poverty, a decomposed environmental Kuznets curve, and alternatives: Sustainability lessons from China - School of Environmental, Physical, and Applied Sciences, University of Central Missouri, Humphreys 225, Warrensburg, MO 64093, USA – **Ecological Economics**, Elsevier, 2012.

MORETTO et. al. - “**VII Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica**”. Fortaleza, 28 a 30 de novembro de 2007.

MOTTA, R. S. - **Desafios Ambientais da Economia Brasileira**, Texto para discussão n.º. 509 – IPEA, Rio de Janeiro, 1997.

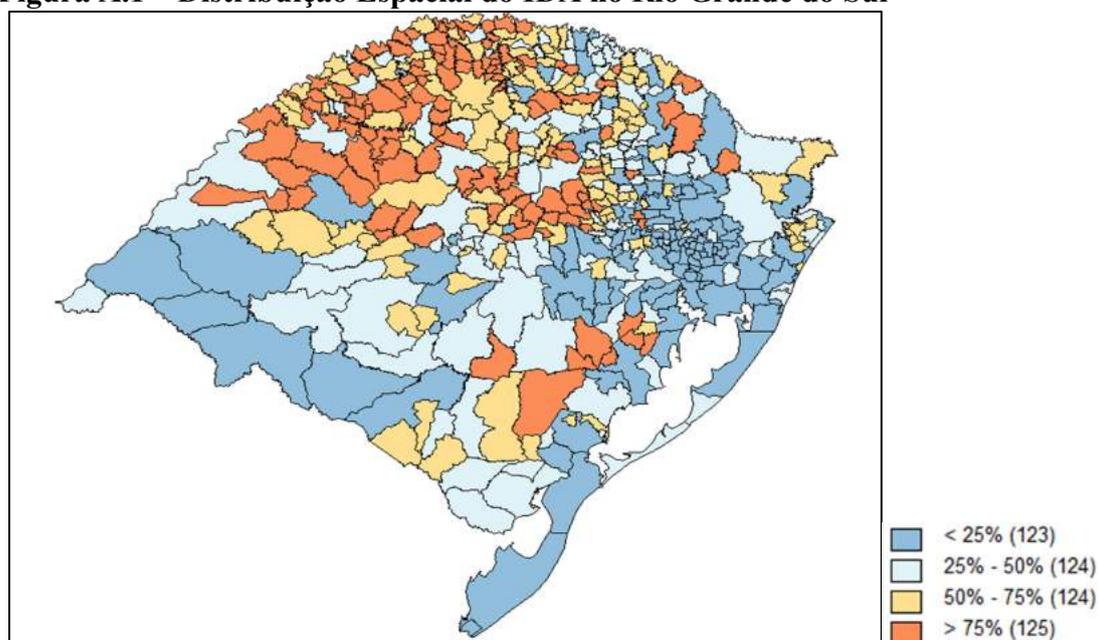
OLIVEIRA, D. B. O. de - **A Inter-Relação entre Pobreza e Meio Ambiente para os Municípios de Minas Gerais** – Dissertação – Universidade de Viçosa MG, 2013.

PINTO, G.M. et. al. – Mapeamento da Degradação Ambiental nos Estados e Regiões Brasileiras – **XXXVIII Encontro da ANPAD**, 13-17 de setembro, 2014.

SOMANATHAN, E. Deforestation, Property Rights and Incentives in Central Himalaya. **Economic and Political Weekly**, v. 26, n. 4, p. 37-46, jan./1991.

ANEXO A

Figura A.1 – Distribuição Espacial do IDA no Rio Grande do Sul



Fonte: Software Geoda

Gráfico 2: I-Moran da Variável IDHML

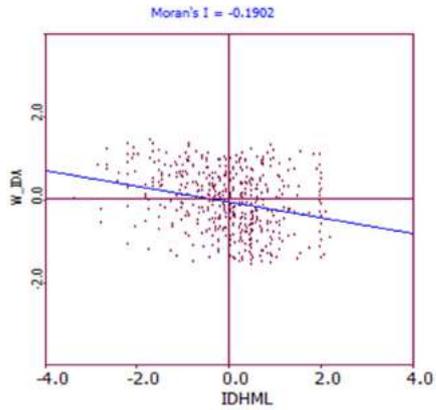


Gráfico 3 – I-Moran da Variável DENSIPOP

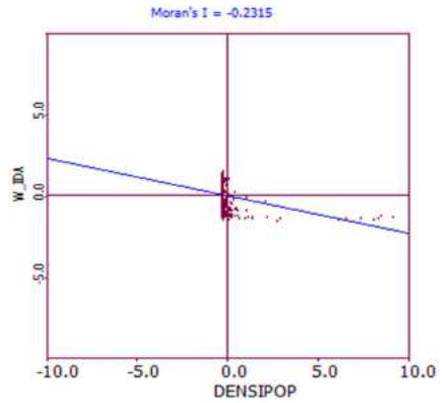


Gráfico 4 – I-Moran da Variável PERPOBRES

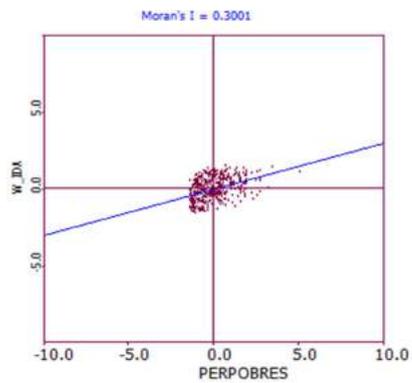


Gráfico 6: I-Moran da Variável PIBPC

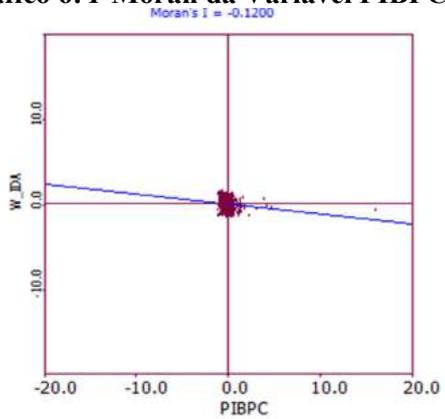


Gráfico 5: I-Moran da Variável EMC18A

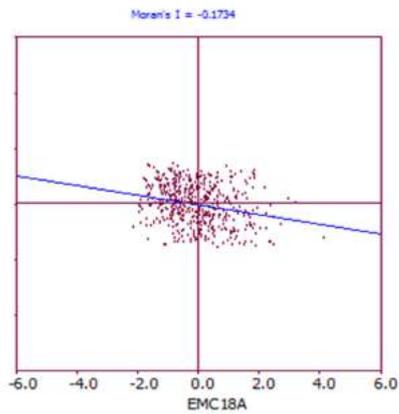


Gráfico 7: I-Moran da Variável PERTRABI

