

## REGRESSÃO GEOGRAFICAMENTE PONDERADA: UMA APLICAÇÃO PARA OS MUNICÍPIOS DO TERRITÓRIO DA CIDADANIA MEIO OESTE CONTESTADO

***GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION: AN APPLICATION TO THE MUNICIPALITIES OF THE TERRITÓRIO DA CIDADANIA MEIO OESTE CONTESTADO***

**Vera do Carmo C. de Vargas**

**Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC**

Departamento de Informática e Estatística – Prog. Pós-Graduação em Eng. de Transp.e Gestão Territorialção  
 veradocarmo@gmail.com

**Gabriel Phelipe Nascimento Rosolem**

**Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC**

Departamento de Engenharia Rural - Programa de Pós Graduação em Agroecossistemas  
 gabriel.rosolem@posgrad.ufsc.br

**Guilherme Antônio Baréa**

arq\_barea@hotmail.com

**Carlos Loch**

**Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC**

Departamento de Engenharia Civil  
 carlos.loch@ufsc.br

### **Resumo:**

Com o objetivo de estabelecer um modelo de predição este estudo pretende contribuir para o planejamento e gestão de estratégias competitivas para promoção do desenvolvimento sustentável local ou regional. A partir da investigação das relações entre as dimensões do Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal (IFDM) e os componentes do Produto Interno Bruto (PIB) foi possível ajustar um modelo de regressão geograficamente ponderado para os municípios do Território da Cidadania Meio Oeste Contestado (TCMOC) em Santa Catarina.

**Palavras-chave:** Desenvolvimento regional, Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal; Produto Interno Bruto; Regressão Geograficamente Ponderada.

### **Abstract**

In order to establish a prediction model, this study aims to contribute towards the planning and management of competitive strategies to promote local or regional sustainable development. From the investigation of the relationships between the dimensions of FIRJAN Index of Municipal Development (IFDM) and the components of the Gross Domestic Product (GDP), it was possible to adjust a geographically weighted regression model for the municipalities of Território da Cidadania Meio Oeste Contestado (TCMOC) in Santa Catarina state.

**Keywords:** Regional Development; FIRJAN Index of Municipal Development; Gross Domestic Product; Geographically Weighted Regression.

## 1. INTRODUÇÃO

O território faz parte de uma complexa relação econômica, social, política e ambiental. O desenvolvimento territorial sustentável, tanto municipal quanto regional, requer planejamento e gestão. Para tanto, é necessário investigar os fatores que possam interferir ou interagir no estabelecimento de relações de causa e efeito. A partir do conhecimento da realidade o gestor tem subsídios para projetar o crescimento estruturado – que pode ser social, econômico, ambiental, educacional, tecnológico – para promover a competitividade regional.

Para se ter um planejamento e gestão territorial adequados, necessita-se ter medidas confiáveis do território, de modo a poder correlacioná-las em análise temporal, confrontando com os aspectos de interesse e os momentos conjunturais (LOCH, 2005). O conhecimento da realidade é obtido por meio de dados atuais e registros históricos de períodos anteriores que se possam dispor. Os fenômenos podem ser mais bem avaliados quando se consideram as componentes espaciais, referentes a localização geográfica. Os recursos tecnológicos dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e os métodos da Estatística Espacial permitem a modelagem de dados espaciais considerando a questão da incerteza para estabelecer estratégias competitivas para tomada de decisões que envolvam a criação de condições para que atividades econômicas possam prosperar. Dados de diferentes fontes, como sensoriamento remoto e levantamentos de campo, com adequadas resoluções e passíveis de conteúdo temático em SIG fornecem importantes pacotes de informações para os planejadores e gestores (NETZBAND; STEFANOV; REDMAN, 2007).

Neste contexto, o presente artigo tem por objetivo investigar se há uma relação entre as dimensões do Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal (IFDM) e os componentes do Produto Interno Bruto (PIB). A partir das relações encontradas entre as áreas acompanhadas pelo Índice FIRJAN e as atividades econômicas que integram o PIB espera-se estabelecer um modelo de predição do PIB para os municípios do Território da Cidadania Meio Oeste Contestado (TCMOC) em Santa Catarina.

O Programa Territórios da Cidadania do governo federal visava promover a melhoria das condições de vida e acelerar a superação da pobreza e das desigualdades sociais nas regiões mais carentes do Brasil por meio de estratégia de desenvolvimento territorial sustentável (BAREA, 2019; BRASIL, 2008).

O Sistema FIRJAN lançou em 2008 o Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal (IFDM) inspirado no Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) da Organização das Nações Unidas (ONU), com a diferença de que faz uma análise mais profunda da realidade dos municípios, com base em estatísticas públicas oficiais, disponibilizadas pelos ministérios do Trabalho, Educação e Saúde. O índice FIRJAN acompanha anualmente o desenvolvimento socioeconômico de todos os municípios brasileiros em três áreas de atuação: (a) Emprego e Renda, (b) Educação e (c) Saúde. A interpretação do índice está numa escala de pontos que varia de 0 (mínimo) a 1 (máximo), classificada em categorias para quatro níveis de desenvolvimento: (a) baixo (de 0 a 0,4), (b) regular (0,4 a 0,6), (c) moderado (de 0,6 a 0,8) e (d) alto (0,8 a 1). Ou seja, quanto mais próximo de 1, maior o desenvolvimento do município (FIRJAN, 2018).

“O cálculo do PIB dos Municípios se baseia na distribuição, entre os municípios, do valor adicionado bruto a preços básicos, em valores correntes das atividades econômicas, obtido pelo Sistema de Contas Regionais do Brasil - SCR.” (IBGE, 2018, p. 11). As atividades econômicas que compõem o PIB são quatro: (a) agricultura, (b) indústria, (c) serviços e (d) administração.

A metodologia de desenvolvimento desse trabalho está suportada pela verificação da existência de relações entre as três vertentes do índice FIRJAN e as quatro dimensões do PIB. A partir das correlações encontradas busca-se o ajuste de um modelo de predição para cada um dos municípios do TCMOC, empregando a técnica de regressão geograficamente ponderada.

## 2. REGRESSÃO GEOGRAFICAMENTE PONDERADA (RGP) - *GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION (GWR)*

O modelo de regressão linear é uma técnica adequada para explorar as relações entre duas ou mais variáveis e estabelecer uma equação que possibilita prever valores de  $y$  – variável dependente – em função dos valores de  $x$  – variável(is) independente(s). No entanto é comum, em casos de dados distribuídos em localidades geográficas, os resíduos apresentarem autocorrelação. A proposta da regressão geograficamente ponderada (RGP) é uma alternativa para as situações de dados espacializados, como um método para modelar a não estacionariedade, ou seja, a heterogeneidade espacial.

Os proponentes da regressão geograficamente ponderada (RGP) (BRUNSDON *et al.*, 1996; FOTHERINGHAM *et al.*, 2002) destacam a vantagem desta técnica estar embasada na estrutura da regressão linear tradicional, largamente utilizada para a descrição e predição de muitos fenômenos naturais, com aplicação em várias áreas do conhecimento. Outra vantagem é que a RGP se encontra implementada em pacotes do R, que é um ambiente de software livre, para computação estatística e gráficos (BRUNSDON; COMBER, 2015; BIVAND *et al.*, 2013, LU *et al.*, 2014, BIVAND *et al.*, 2020).

### 2.1. Modelo RGP

A regressão geograficamente ponderada (RGP) permite que sejam estimados os parâmetros específicos para cada localização  $i$ , sendo, portanto, um modelo local. Essa seção está embasada na obra de Fotheringham *et al.*, (2002). Assim, a forma de ajustar um modelo de regressão RGP é a seguinte:

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_k \beta_k(u_i, v_i)x_{ik} + \varepsilon_i \quad (1)$$

Onde  $y_i$  é a variável dependente na localização  $i$ ,  $(u_i, v_i)$  denota as coordenadas do ponto  $i$  no espaço,  $x_i$  é a variável independente na localização  $i$  e  $\beta_0$  e  $\beta_k$  são os parâmetros a serem estimados em função das coordenadas  $(u_i, v_i)$  e  $\varepsilon_i$  denota o erro que é uma variável aleatória com média zero e variância  $\sigma^2$ .

Fotheringham *et al.*, (2002) comentam que poderiam aparecer problemas na calibração da equação (1) devidos a quantidade de parâmetros a serem estimados. No entanto, esse risco é amenizado por assumir os coeficientes não aleatórios, mas determinados em função da localização  $i$ . A calibração da equação (1) assume que os dados próximos a localização  $i$  têm maior influência na estimativa de  $\beta_k(u_i, v_i)$  do que dados mais afastados de  $i$ . Em essência a equação mede a relação inerente ao modelo em torno de cada localização  $i$ . Na RGP uma observação é ponderada com sua proximidade a localização  $i$  de modo que a ponderação de uma observação na calibração não é constante, mas varia de acordo com  $i$ . Dados de observações próximas a  $i$  são mais ponderados que dados de observações distantes. Assim, considerando que para a estimativa dos parâmetros sejam atribuídos pesos em função do local

i, o método dos mínimos quadrados ponderados é expresso da seguinte forma:

$$\hat{\beta}_i = (X^T W_i X)^{-1} X^T W_i Y \quad (2)$$

Onde  $\beta_i$  é a estimativa da matriz de parâmetros locais e  $W_i$  é uma matriz ponderada espacial ( $n \times n$ ) da forma

$$W_i = \begin{bmatrix} w_{i1} & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & w_{in} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Onde  $w_{in}$  é o peso atribuído a observação no ponto específico  $j$  na calibração do modelo para localização  $i$ .

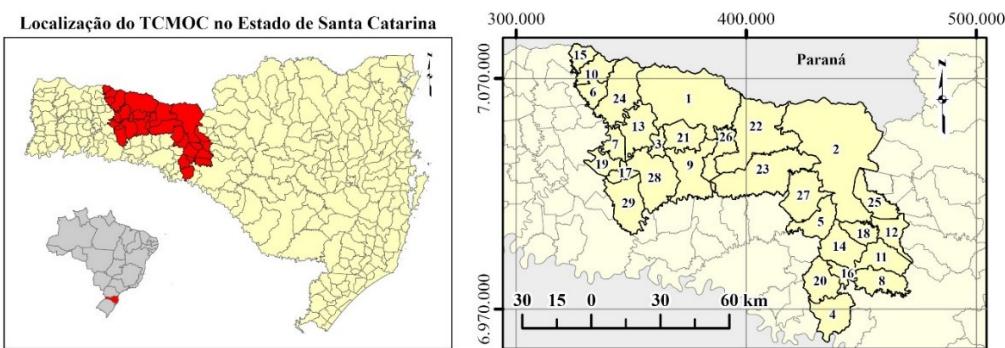
Para executar a modelagem, além dos valores de X e Y fornecidos pelos dados de entrada, é necessário definir a matriz  $w_i$ , por meio das funções de ponderação espacial (ou *Kernels*) fixos e adaptativos. Mais detalhamentos que explicam e fundamentam o modelo RGP podem ser encontrados nas obras de Brunsdon *et al.*, 1996; Fotheringham *et al.*, 1997; Fotheringham *et al.*, 2002.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1. Área de estudo

O Território da Cidadania do Meio Oeste Contestado localiza-se na mesorregião oeste do Estado de Santa Catarina, abrangendo parte do território onde ocorreram batalhas da Guerra do Contestado (1912 – 1916). Correspondendo uma área total de aproximadamente 827.183 Km<sup>2</sup>, o TCMOC é composto por vinte e nove municípios: Abelardo Luz, Água Doce, Bom Jesus, Capinzal, Catanduvas, Coronel Martins, Entre Rios, Erval Velho, Faxinal dos Guedes, Galvão, Herval d'Oeste, Ibicaré, Ipuáçu, Joaçaba, Jupiá, Lacerdópolis, Lajeado Grande, Luzerna, Marema, Ouro, Ouro Verde, Passos Maia, Ponte Serrada, São Domingos, Treze Tílias, Vargeão, Vargem Bonita, Xanxerê e Xaxim (Figura 1).

Figura 1 - Localização dos municípios da área de estudo



1 - Abelardo Luz; 2 - Agua Doce; 3 - Bom Jesus; 4 - Capinzal; 5 - Catanduvas; 6 - Coronel Martins; 7 - Entre Rios; 8 - Erval Velho; 9 - Faxinal dos Guedes; 10 - Galvão; 11 - Herval do Oeste; 12 - Ibicaré; 13 - Ipuáçu; 14 - Joaçaba; 15 - Jupiá; 16 - Lacerdópolis; 17 - Lajeado Grande; 18 - Luzerna; 19 - Marema; 20 - Ouro; 21 - Ouro Verde; 22 -Passos Maia; 23 - Ponte Serrada; 24 - São Domingos; 25 - Treze Tílias; 26 - Vargeão; 27 - Vargem Bonita; 28 - Xanxerê; 29 - Xaxim

Fonte: autores.

A região é composta por municípios que desenvolvem atividades essencialmente agropecuárias e onde o fenômeno do êxodo rural é paulatino (BARÉA, 2019). Detalhes quanto aos aspectos físicos, bióticos e socioeconômicos, bem como as motivações para estudar os

municípios que compõem esse território encontram-se descritos em outras obras, como por exemplo, Baréa, Vargas e Loch (2016); Vargas, Baréa e Loch (2016; 2019) e Baréa (2019).

### 3.2. Obtenção dos dados

Os dados foram obtidos no portal do IBGE (2020), para o PIB dos Municípios, 2017. As atividades econômicas que integram o PIB são quatro: (1) Valor adicionado bruto da Agropecuária; (2) Valor adicionado bruto da Indústria; (3) Valor adicionado bruto dos Serviços – exceto Administração, defesa, educação e saúde públicas e seguridade social e (4) Valor adicionado bruto da Administração, defesa, educação e saúde públicas e seguridade social. Os valores encontram-se informados em R\$ 1.000,00. A descrição das variáveis encontra-se nas notas técnicas disponíveis na biblioteca do IBGE (2018).

O Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal (IFDM) acompanha o desenvolvimento socioeconômico brasileiro em três áreas: (1) Emprego e Renda, (2) Educação e (3) Saúde e é constituído exclusivamente pelas estatísticas públicas oficiais (FIRJAN 2018a). O Quadro 1 apresenta a composição das três vertentes do FIRJAN.

Quadro 1 - Resumo dos componentes do IFDM por área de desenvolvimento

IFDM		
Emprego e Renda	Educação	Saúde
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Geração de emprego formal</li> <li>- Taxa de formalização do mercado de trabalho</li> <li>- Geração de renda</li> <li>- Massa salarial real no mercado de trabalho formal</li> </ul> <p>Índice de Gini de desigualdade de renda no trabalho formal (Fonte: Ministério do Trabalho e Emprego)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Atendimento à educação infantil</li> <li>- Abandono no ensino fundamental</li> <li>- Distorção idade-série no ensino fundamental</li> <li>- Docentes com ensino superior no ensino fundamental</li> <li>- Média de horas-aula no ensino fundamental</li> <li>- Resultado do IDEB no ensino fundamental</li> </ul> <p>(Fonte: Ministério da Educação)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proporção de atendimento adequado de pré-natal</li> <li>- Óbitos por causas mal definidas</li> <li>- Óbitos infantis por causas evitáveis</li> <li>- Internação sensível à atenção básica (ISAB)</li> </ul> <p>(Fonte: Ministério da Saúde)</p>

Fonte: FIRJAN (2018a, p. 9)

Os resultados do IFDM variam de 0 (zero) a 1 (um), sendo que quanto mais próximo de 1 maior é o desenvolvimento do município. A interpretação para o índice está categorizada em quatro níveis: (a) baixo (de 0 a 0,4), (b) regular (0,4 a 0,6), (c) moderado (de 0,6 a 0,8) e (d) alto (0,8 a 1). Os dados estão disponíveis no site do Sistema FIRJAN. A edição do IFDM-2018 tem por base o ano 2016 (FIRJAN, 2018b).

Para a geração de resultados estatísticos utilizou-se o Software R (BIVAND *et al.* 2020). Os mapas foram gerados no ArcGIS Pro<sup>1</sup> e foram todos referenciados ao sistema de referência geodésico SIRGAS2000 e de projeção Universal Tranversa de Mercator, fuso 22 sul.

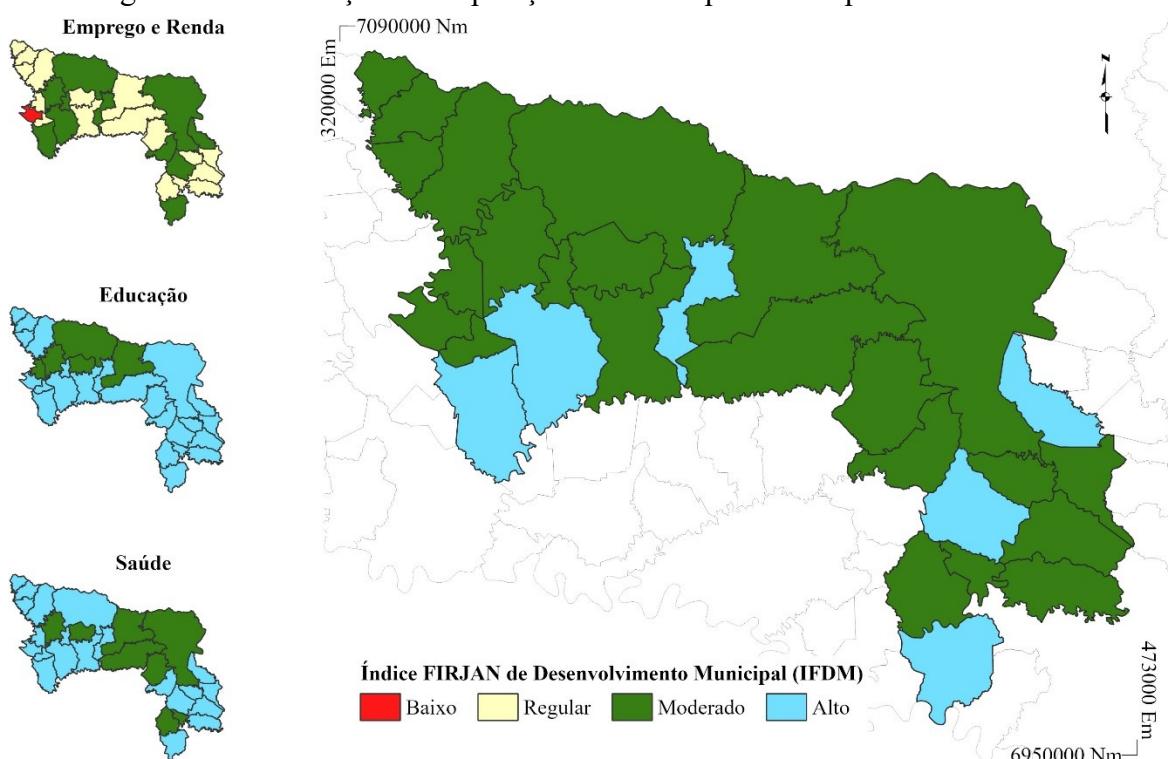
Por se tratar de pesquisa contendo todos os municípios do TCMOC, isso é, um estudo da população, não se aplicam as técnicas de amostragem e tamanho da amostra.

<sup>1</sup> Licença gratuita no período de Covid-19.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A identificação das variáveis é feita pelas siglas do seguinte modo: IF\_Educ – Índice FIRJAM dimensão **Educação**; IF\_Emp Rend – Índice FIRJAM dimensão **Emprego e Renda**; IF\_Saud – Índice FIRJAM dimensão **Saúde**; IFMD – **Índice FIRJAM** de Desenvolvimento Municipal; PIB – **Produto Interno Bruto**; PIB\_Admin - Valor adicionado bruto da **Administração**, defesa, educação e saúde públicas e segurança social; PIB\_Agrop - Valor adicionado bruto da **Agropecuária**; PIB\_Ind - Valor adicionado bruto da **Indústria**; PIB\_Serv - Valor adicionado bruto dos **Serviços** – exceto Administração, defesa, educação e saúde públicas e segurança social. A Figura 2 apresentam a composição dos dados referentes as vertentes do IFDM para cada município do território.

Figura 2 - Distribuição e composição do IFDM por município do TCMOC



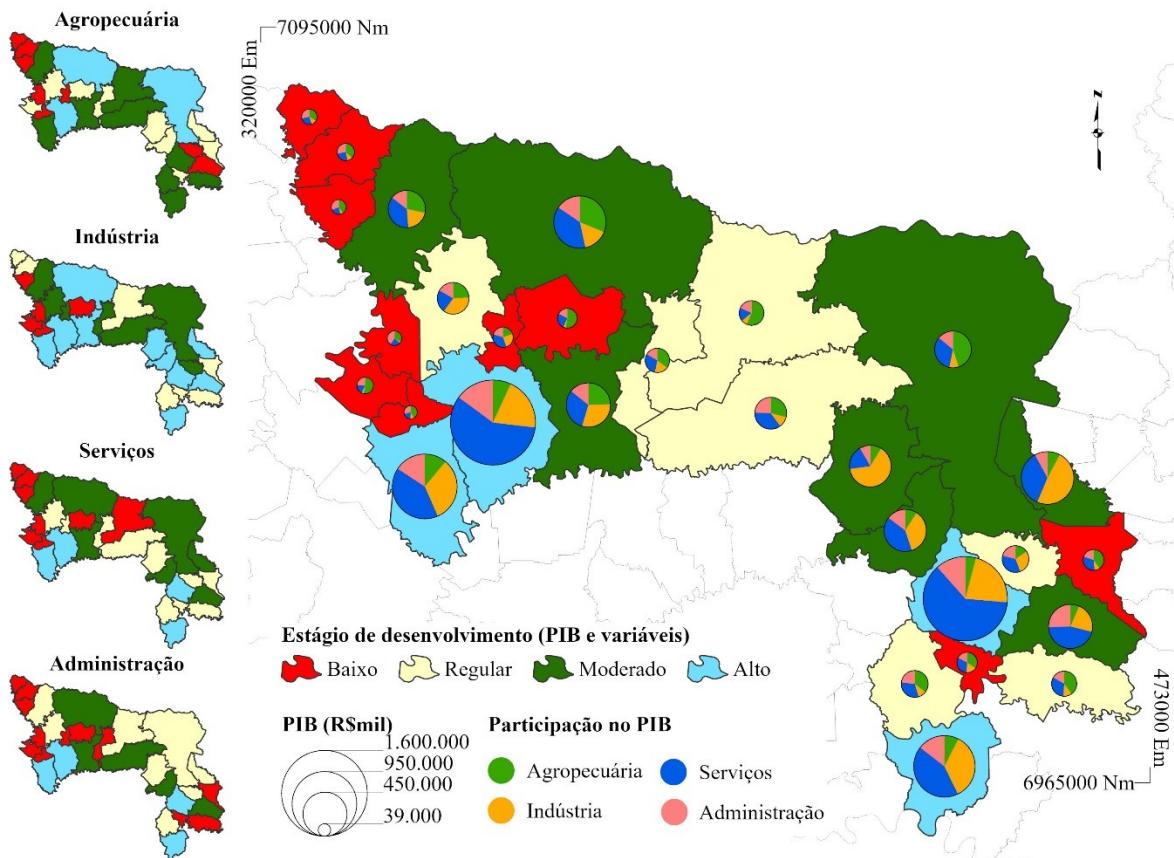
Fonte: autores

A partir da figura 2, verifica-se que na dimensão emprego e renda consta apenas o município de Marema com o índice baixo, enquanto 58,6% e 37,9% dos municípios apresentam o índice como regular e moderado, respectivamente. Na dimensão educação, 17,2% dos municípios classificam-se como moderado e os demais (82,8%) possuem alto desenvolvimento. Já na dimensão da saúde, o percentual de municípios com moderado desenvolvimento é de 27,6% e, a maioria (72,4%) está no nível alto. No global o IFDM resulta em duas classificações estando o TCMOC com a maioria dos municípios (79,3%) com seu desenvolvimento no nível moderado e 20,7% alcançando o nível alto.

A Figura 3 apresenta a distribuição espacializada dos dados referentes as componentes do PIB. Diferentemente do IFDM, que tem uma escala teórica proposta para sua classificação em quatro níveis, de acordo com FIRJAM (2018a), a escala de classificação dos municípios

para as componentes do PIB – aplicada para esse estudo – é definida pela divisão em quatro níveis, a partir dos logaritmos naturais dos respectivos valores de cada dimensão.

Figura 3 - Distribuição espacializada do PIB e suas componentes



Fonte: autores

Como se observa na Figura 3 a componente que mede os valores brutos adicionados da agropecuária 9 municípios (31%) apresentam níveis baixos; 8 municípios (27,6%) são identificados com níveis regulares; 9 municípios (31%) apresentam níveis moderados e apenas Abelardo Luz, Água Doce e Xanxeré chegam a níveis altos. Para os valores brutos adicionados da indústria, o percentual com níveis baixos é de 17,2% (5 municípios); com níveis regulares e moderados são de 24,1% (7 municípios em cada nível) e com níveis altos são 34,5% (dez municípios). Os valores adicionados brutos dos serviços têm 27,6% dos municípios no nível baixo; dez municípios (34,5%) nos níveis regulares; 24,1% na classe moderados e 13,8% (4 municípios) classificados como altos. Quanto aos valores adicionados brutos da administração encontra-se o maior percentual 41,4% (doze municípios) no nível baixo; oito municípios (27,6%) classificados como regulares; 17,2% identificados como moderados e 4 municípios (13,8%) alcançam níveis altos. O PIB resulta em dez (34,5%) municípios classificados como baixo; sete (24,1%) municípios especificados como regulares; oito (27,6%) na categoria de moderados e quatro (13,8%) considerados altos. Verifica-se ainda que dos municípios com o PIB classificados como baixo, com exceção de Bom Jesus, todos possuem a participação da indústria menor que 16% na composição do produto interno.

A análise exploratória de dados (AED), visando conhecer as relações existentes entre as variáveis selecionadas para esse estudo apresenta a matriz de correlações na Tabela 1.

Tabela 1 - Matriz de correlações

	IF_Educ	IF_EmpRend	IF_Saud	IFDM	PIB	PIB_Admin	PIB_Agrop	PIB_Ind	PIB_Serv
IF_Educ	1,00								
IF_EmpRend	0,16	1,00							
IF_Saud	0,33	-0,12	1,00						
IFDM	0,61	0,75	0,50	1,00					
PIB	0,25	0,75	0,16	0,72	1,00				
PIB_Admin	0,15	0,67	0,15	0,63	0,96	1,00			
PIB_Agrop	-0,13	0,45	-0,29	0,15	0,44	0,47	1,00		
PIB_Ind	0,30	0,77	0,17	0,75	0,90	0,80	0,28	1,00	
PIB_Serv	0,25	0,68	0,19	0,69	0,98	0,94	0,36	0,81	1,00

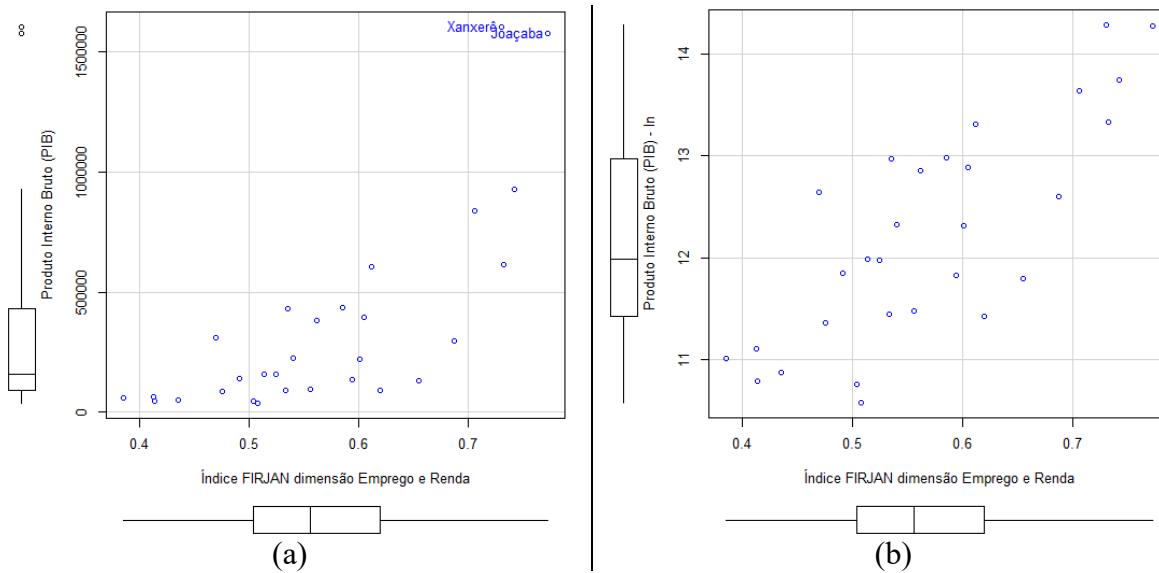
Fonte: autores

Observa-se pela Tabela 1 que a componente Educação tem correlação positiva fraca com as demais variáveis, exceto com o IFDM (moderada) e com a dimensão Agropecuária do PIB (negativa e fraca). A vertente Emprego e Renda apresenta correlações positivas, de moderadas a fortes, com exceção à Saúde (negativa e fraca) e à Educação (positiva e fraca). A vertente Saúde exibe correlação negativa com o valor adicionado da dimensão Agropecuária do PIB. As correlações encontradas dentro das componentes do PIB são mais fortes, exceto da dimensão Agropecuária.

Os resultados apresentados na Tabela 1, mostram correlações de moderadas a fracas entre as variáveis que integram o IFDM. Baixas correlações fornecem um indicativo para exclusão dessas variáveis na proposição de modelos de regressão, porque não ajudam explicar as variações na variável dependente. Por outro lado, as correlações entre as variáveis que compõem o PIB são fortes e isso pode resultar em multicolinearidade. Com base nessas análises, propõem-se ajustar um modelo de regressão, a partir das variáveis IF\_Emp Rend – Índice FIRJAM dimensão Emprego e Renda e PIB – Produto Interno Bruto, que apresentam uma correlação de moderada a forte (0,75).

A Figura 4 apresenta o diagrama de dispersão para o Índice FIRJAM dimensão emprego e renda e o PIB. Verifica-se a presença de dois municípios com valores atípicos para o PIB, chamados *outliers*, (Figura 4a). A existência de valores discrepantes causa perturbações na modelagem, por caracterizar a não normalidade dos dados. No teste de Shapiro-Wilk, resulta em p-valor menor que 0,001, levando a conclusão que os valores do PIB não seguem uma distribuição normal. Para resolver essa questão, aplica-se a transformação logarítmica natural, com isso o teste de Shapiro-Wilk resulta em p-valor igual 0,3189. O relacionamento dessas duas variáveis é exibido na Figura 4b.

Figura 4 - Diagrama de dispersão: (a) Índice FIRJAN dimensão emprego e renda e o PIB; (b) Índice FIRJAN dimensão emprego e renda e o logaritmo natural do PIB



Fonte: autores

O ajuste de um modelo de regressão linear para as variáveis Índice FIRJAN dimensão emprego e renda (x) e o logaritmo natural do PIB (y) apresentou a seguinte equação:

$$\ln \widehat{PIB} = 7,6309 + 8,0733 (IF_{EmpRend})$$

Na análise de variância resulta significância para a estimativa do coeficiente  $IF_{EmpRend}$ . O teste Shapiro-Wilk para os resíduos apresenta o p-valor 0,5712 que evidencia a decisão pela hipótese nula e a conclusão de normalidade para os dados. O  $R^2$  é de 0,6353 indicando que 63,53% das variações em  $\ln PIB$  podem ser explicadas pelas variações no Índice FIRJAN dimensão emprego e renda, enquanto que 36,47% das variações do PIB devem-se a outros fatores. O teste Durbin-Watson indica não haver dependência nos resíduos (autocorrelação), p-valor igual a 0,7475. No teste de Breusch-Pagan não se verifica heteroscedasticidade (p-valor = 0,917). Com isso conclui-se que o modelo estimado é adequado para fazer estimativas do PIB em função do Índice FIRJAN dimensão emprego e renda.

A equação ajustada acima é um modelo global para todos os municípios do TCMOC. Poderia ser de interesse um modelo local para cada município, em função de sua localização geográfica. Para isso a regressão geograficamente ponderada (RGP) é uma proposta de modelagem para estimar parâmetros específicos para cada local, ou seja, uma equação para cada município.

A RGP é uma solução para modelos que apresentam problemas de autocorrelação espacial. Embora não se tenha comprovada a autocorrelação espacial, por meio do teste Índice de Moran (p-valor = 0,346), optou-se por executar a RGP, com as variáveis: logaritmo natural do PIB (dependente) e Índice FIRJAN dimensão emprego e renda (independente). Na execução da função para estimação dos parâmetros do modelo empregou-se a matriz de vizinhança por contiguidade e raio adaptativo. As equações ajustadas para cada um dos municípios encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 - Modelos locais de RGP para os municípios do TCMOC

Município	Intercept.	Empreg_Ren	Predito( <i>ln</i> )	R <sup>2</sup> local	Município	Intercept.	Empreg_Ren	Predito( <i>ln</i> )	R <sup>2</sup> local
Abelardo Luz	7,6422	8,0264	12,5499	0,6245	Lacerdópolis	7,6490	8,0597	11,9441	0,6337
Água Doce	7,6970	7,9657	13,1659	0,6220	Lajeado Grande	7,5897	8,1185	11,7099	0,6337
Bom Jesus	7,6111	8,0802	12,6178	0,6290	Luzerna	7,6658	8,0296	11,8720	0,6308
Capinzal	7,6367	8,0818	13,3370	0,6362	Marema	7,5923	8,1137	10,7200	0,6344
Catanduvas	7,6598	8,0365	12,5188	0,6294	Ouro	7,6408	8,0733	11,7858	0,6345
Coronel Martins	7,6140	8,0754	10,9537	0,6327	Ouro Verde	7,6249	8,0567	11,4523	0,6255
Entre Rios	7,6011	8,0978	11,6768	0,6329	Passos Maia	7,6891	7,9542	12,4108	0,6107
Erval Velho	7,6549	8,0509	11,6105	0,6340	Ponte Serrada	7,6619	8,0158	11,9869	0,6206
Faxinal dos Guedes	7,6095	8,0859	12,3362	0,6254	São Domingos	7,6193	8,0657	11,4084	0,6310
Galvão	7,6200	8,0651	10,9474	0,6321	Treze Tílias	7,6787	8,0059	13,5406	0,6286
Herval d'Oeste	7,6613	8,0393	11,9622	0,6327	Vargeão	7,6394	8,0353	12,8956	0,6192
Ibicaré	7,6700	8,0233	12,1280	0,6311	Vargem Bonita	7,6668	8,0197	12,1712	0,6261
Ipuáçu	7,6120	8,0782	12,4644	0,6304	Xanxeré	7,5925	8,1140	13,5167	0,6311
Joaçaba	7,6564	8,0458	13,8702	0,6319	Xaxim	7,5765	8,1434	13,6127	0,6351
Jupiá	7,6204	8,0648	11,1291	0,6327					

Fonte: autores

O teste Shapiro-Wilk para os resíduos da RGP, apresenta o p-valor = 0,5998 atendendo assim o pressuposto de aproximação a distribuição normal. Como se observa na Tabela 2 as estimativas para os parâmetros locais estão bastante próximas daquelas obtidas para a equação global, visto que não se comprovou a dependência espacial nos dados desse estudo. A qualidade de ajuste dos modelos apresenta o coeficiente de determinação ( $R^2$  local) entre 0,6107 (Passos Maia) e 0,6362 (Capinzal). O que significa que para alguns municípios o modelo local é melhor que o global.

A construção dos modelos locais de predição segue a estrutura de equação do modelo global:  $\ln \widehat{PIB} = 7,6309 + 8,0733 (IF_{EmpRend})$  substituindo-se os valores do intercepto (7,6309) e do coeficiente 8,0733  $IF_{EmpRend}$  pelos estimados respectivamente para cada um dos municípios, conforme a Tabela 2. Assim, por exemplo, para se estimar o valor do PIB para Abelardo Luz, utiliza-se a equação:  $\ln \widehat{PIB} = 7,6422 + 8,0264 (IF_{EmpRend})$ , obtém-se o predito (em logaritmo natural –  $\ln$ ) de 12,5499. Aplicando esse valor em  $e^{12,5499} = 282.067,03$  (em R\$ 1.000,00), corresponde a estimativa do PIB para esse município, conforme o  $IF_{EmpRend}$  da base de dados. A qualidade da predição, avaliada pelo  $R^2$  local, é de 62,45%, o que significa que as variações no valor do PIB podem ser explicadas em 62,45% pelas variações no Índice FIRJAN dimensão emprego e renda. Ou seja, nesse caso, 37,55% das variações para a estimativa do PIB em Abelardo Luz são explicadas por outros fatores não captados pelo  $IF_{EmpRend}$ .

## 5. CONCLUSÕES

Com as relações encontradas entre as componentes do Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal (IFDM) e do Produto Interno Bruto (PIB) foi possível estabelecer modelos de regressão que podem auxiliar nas tomadas de decisões para estabelecer estratégias competitivas no desenvolvimento dos municípios do Território da Cidadania Meio Oeste Contestado (TCMOC) em Santa Catarina.

A regressão geograficamente ponderada possibilitou estimar parâmetros para cada um dos municípios. Embora as equações de RGP locais resultaram em estimativas aproximadas ao modelo de regressão global, com esse estudo demonstra-se a aplicabilidade dessa técnica para fins de predição. Assim, a interpretação dos modelos para fazer previsão é que, para cada 0,1 de variação positiva no índice FIRJAN, vertente emprego e renda, há um aumento que oscila entre 4.406 (Xaxim) e 4.880 (Água Doce) no PIB (valores em R\$ 1.000,00). Os valores preditos têm, respectivamente, 63,51% (Xaxim) e 62,2% (Água Doce), das variações no PIB explicadas pelas variações no índice FIRJAN emprego e renda.

Portanto, para impulsionar o desenvolvimento regional com o crescimento nos valores do PIB no TCMOC é necessário um conjunto de ações que promovam: geração de emprego formal, melhoria na taxa de formalização do mercado de trabalho, mais geração de renda, ampliação da massa salarial real no mercado de trabalho formal, redução na desigualdade de renda no trabalho formal (medido pelo Índice de Gini). Essas são as ações que integram o Índice FIRJAN na dimensão emprego e renda.

Por fim, é importante destacar que a RGP tem sido aplicada na literatura em grandes conjuntos de dados, usando dados censitários, ou amostras grandes. Nesse sentido, é de se destacar como uma limitação desse estudo a pequena quantidade de dados (29 municípios), visto que para ajustar os modelos locais um subconjunto de pontos com pesos maiores para os municípios mais próximos é considerado para a estimação dos parâmetros.

## Agradecimentos

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC) pela bolsa de estudo de um deles.

## Referências

BARÉA, G. A. **Contribuições metodológicas para o planejamento e desenvolvimento regional por meio da valorização das vocações e atividades potenciais locais**. 2019. 325 f. Tese (doutorado em Eng. Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/206398>>.

BARÉA, G. A.; VARGAS, V. C. C.; LOCH, C. Análise da lavoura temporária no Território da Cidadania Meio Oeste Contestado em Santa Catarina. In: KNOREK, R; LOCH, C. (Org.). **Território da Cidadania em Santa Catarina: diagnósticos e estudos**. Curitiba: Editora CRV, 2016. cap. 5, p. 99-116.

BIVAND, R. S., PEBESMA, E. J., GOMEZ-RUBIO, V. **Applied spatial data analysis with R**. New York: Springer, 2013.

BIVAND, R., YU, D., NAKAYA, T. GARCIA-LOPEZ, MA. **spgwr: Geographically Weighted Regression**. Published: 2020-02-11. Disponível em <<https://CRAN.R-project.org/package=spgwr>>. Acesso em 03 jun. 2020.

BRASIL. **Territórios da Cidadania**. Documento oficial. (Cartilha). Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2008.

BRUNSDON, C., FOTHERINGHAM, A.S. e CHARLON, M. Geographically weighted regression: A method for exploring spatial nonstationarity. *Geographical Analysis*, , v. 28, p. 281-298, 1996.

BRUNSDON, C. e COMBER, L., *An introduction to R for spatial analysis and mapping.* Sage. 2015.

FOTHERINGHAM, A.S.; CHARLTON, M.; Brusdon, C. **Recent developments in spatial analysis**, Chapter measuring spatial variations in relationships with geographically weighted regression, pages 60-82. Springer, New York, EUA, 1997.

FOTHERINGHAM, A.; BRUNSDON, C.; CHARLTON, M. (2002). **Geographically weighted regression: the analysis of spatially varying relationship**. Chichester. John Wiley & Sons, 2002.

FIRJAN. PUBLICAÇÕES FIRJAN. PESQUISA E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS. IFDM 2018 ÍNDICE FIRJAN DESENVOLVIMENTO MUNICIPAL, 2018a. Disponível em : <<http://publicacoes.firjan.org.br/ifdm2018>>. Acesso em jul. 2020.

FIRJAN. ÍNDICE FIRJAN DESENVOLVIMENTO MUNICIPAL, 2018b. Disponível em : <<https://www.firjan.com.br/ifdm/downloads/>> . Acesso em jul 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA IBGE, 2018. **Produto Interno Bruto dos Municípios**. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. Disponível em <[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101630\\_notas\\_tecnicas.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101630_notas_tecnicas.pdf)>. Acesso em: 02 mai. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Downloads**. IBGE, 2020. Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/downloads-estatisticas.html>>. Acesso em: 02 mai. 2020.

LOCH, C. Cadastro técnico multifinalitário intrumento de politica fiscal e urbana. In ERBA, D. A.; OLIVEIRA, F. L. de; LIMA JUNIOR, P. de N (org). **Cadastro técnico multifinalitário como instrumento de política fiscal e urbana**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2005. p.73-102.

LU, B., HARRIS, P., CHARLTON, M. e BRUNSDON C. The GWmodel R package: further topics for exploring spatial heterogeneity using geographically weighted models, **Geo-spatial Information Science**, v. 17:2, p. 85-101, (2014) DOI: 10.1080/10095020.2014.917453

NETZBAND, M; STEFANOV, W. L; REDMAN, C. L Remote Sensing as a Tool for Urban Planning and Sustainability. In: NETZBAND, M; STEFANOV, W. L; REDMAN, C. L. **Applied remote sensing for urban planning, governance and sustainability**. New York: Springer, 2007. p.1-19.

R Core Team. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. R Foundation for Statistical Computing, Viena, Austria. Disponível em: <<https://www.R-project.org>>. Acesso em: 20 jul. 2020.

VARGAS, V. C. C.; BARÉA, G. A.; LOCH, C. A permanência do produtor rural na geração de alimentos: uma análise da produção de ovos no Território da Cidadania do Meio Oeste Contestado em Santa Catarina. In: *CONGRESSO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITARIO E GESTÃO TERRITORIAL*, 12., 2016, Florianópolis. **Anais [...]** . Florianópolis: UFSC, 2016. Disponível em: <<http://www.ocs.cobrac.ufsc.br/index.php/cobrac/cobrac2016/paper/view/349>>. Acesso em: 12 jul. 2020.

VARGAS, V. C. C. de; BARÉA, G. A., LOCH, C. Importância da estatística para representar variáveis que pesam no desenvolvimento do Território da Cidadania Meio Oeste Contestado (TCMOC). In: LOCH, C; KNOREK, R. (Org.). **Territórios da cidadania em Santa Catarina**. Palhoça : Ed. Unisul, 2019. p. 197-226. site: <<https://www.riuni.unisul.br/handle/12345/7966>>.