

Projeções Espaço-temporal de Áreas e seu Emprego em Análises de Séries temporais

Jorge Henrique de Castro

PETROBRAS – Petróleo Brasileiro SA
Unidade de Gás e Energia.
UFRJ – IEE – COPPE - Pós-Graduação em Engenharia Elétrica
jorgecastro@petrobras.com.br

RESUMO: Excetuando o ramo da economia intitulado economia espacial, o emprego das características dos fenômenos espaciais pelos economistas, em suas abstrações e composições de modelos de projeções econômicas, pouco se desenvolveu. Desta forma, questões como inter-relação entre concentrações demográficas, potencial de consumo, distância e influência econômica da vizinhança, crescimento de centros urbanos e industriais, entre outros, são pouco considerados em tais abstrações. Em face disto, projeções com características espaço-temporal são comprometidas em sua modelagem, reduzindo entre outras, a capacidade de análise estratégica e a capacidade de discretização do ambiente de decisão envolvido. O objetivo deste estudo é avaliar o comportamento estatístico de duas variáveis largamente empregadas em estudos econômicos, o Produto Interno Bruto e a População, e a relação com suas unidades geográficas de referência e seu entorno; bem como, o impacto, e o possível emprego de técnicas avançadas de análise espacial de áreas na formulação do arcabouço de modelos de projeção de séries temporais.

PALAVRAS CHAVES: Informações Espaciais, Análise Espacial e Projeção Espaço-Temporal.

Abstract: Excepting the branch of the economy entitled spatial economy, the use of the spatial phenomena for the economists, in their abstractions and economical models forecast compositions little grew. This way, subjects as interrelation among demographic concentrations, consumption potential, distance and economical influence of the neighborhood, growth of urban and industrial centers, among other, they are little considered in such abstractions. In face of this, projections with characteristics time-space are committed in your modelling, reducing the capacity of strategic analysis and the capacity of to establish the sceneries of decision involved. The objective of this paper is to evaluate the statistical behavior of two variables broadly maids in economic researches, the Gross domestic product and the Population, and the relationship with their units geographical of reference and yours spills; as well as, the impact, and the possible use of advanced techniques of spatial analysis of areas in the formulation of the outline of models of time series forecast.

KEYWORDS: Spatial Information, Spatial Analysis and Time-Space Forecast

1 – Introdução.

Prever, conforme Lourenço (2006), é um instrumento fundamental de planejamento e gestão porque a antecipação do que poderá vir a acontecer é um elemento determinante para a tomada de decisão. Para tal atividade existem várias técnicas a se empregar, e em função desta gama de possibilidades é fundamental definir o modelo que melhor explica a variável de estudo.

As projeções relacionam-se com conjuntos de observações ordenados no tempo, comumente denominadas séries temporais ou séries cronológicas (Lourenço 2006). Calôba (2002) cita que o maior interesse das séries temporais é para aplicação em atividades de previsão, isto é, dado um instante t desejamos prever o valor da variável no instante $s(t+k)$, onde $k>0$.

A análise da série temporal permitirá definir sua composição e suas particularidades. São duas as

abordagens empregadas nesta análise: domínio do tempo ou da frequência. Em ambas, o objetivo é construir modelos para as séries. A diferença é que, no domínio do tempo, os modelos são paramétricos, e na frequência os modelos são não-paramétricos (Morretin, 2004)

Entretanto, existe uma classe de dados que apresenta característica particular com relação a sua apresentação e avaliação: os dados espaços-temporais. Tais modelos tratam da observação do dado em alguma região de interesse ao longo do tempo. Tal região de interesse pode ser dividida em sub-regiões, e estas são relacionadas às variáveis de medição a cada tempo (Ferreira, 2008).

Uma vez que as variáveis Produto Interno Bruto (PIB) e população são espacialmente representadas por áreas, no tempo, o objetivo deste estudo é avaliar o comportamento destas variáveis em relação à sua unidade geográfica de referência, deste ponto em diante denominada UGR, e o impacto do emprego da informação espacial e de técnicas de análise espacial, em especial a autocorrelação espacial, na formulação de modelos de projeção e, conseqüentemente, na atividade de planejamento.

2 – A Projeção Espaço-Temporal na Economia.

Existem dois métodos clássicos de previsão: os qualitativos e os quantitativos. Os qualitativos dispensam dados quantificados e baseiam-se em opiniões de especialistas. São adequados quando não se dispõe de informações históricas. Os métodos quantitativos empregam séries históricas e pressupõem a repetição dos padrões de comportamento e inter-relação entre as variáveis para o futuro (Lourenço, 2006). Os métodos quantitativos se dividem em:

- Métodos causais – empregam séries históricas para relacionar a variável dependente, cujos valores se pretendem prever, com as variáveis independentes que explicam o comportamento da primeira a partir de métodos de regressão estatística.
- Métodos não causais – empregam, para determinar o padrão evolutivo, as séries históricas das variáveis que se pretende realizar as previsões, efetuando extrapolação sobre o seu comportamento futuro.

As previsões econômicas em sua maioria são realizadas do nível macro para micro, ou seja, primeiro realiza-se uma projeção macroeconômica, depois uma projeção setorial (Kotler, 2006). Inerentes a este contexto podem-se citar as projeções de variáveis como: inflação, desemprego, taxas de juros, PIB. Nestes casos são empregados os métodos não causais citados no parágrafo anterior.

Entretanto, devido ao pouco emprego da questão espacial pelos economistas, os modelos econômicos, incluindo aqui a parte relativa à atividade de projeção, pouco se desenvolveram no critério localização, com exceção do ramo da economia intitulado economia geográfica, ramo específico onde se tornou necessário considerar tal informação.

Em tal linha a simples determinação do comportamento do padrão evolutivo para posterior extrapolação sobre o seu comportamento futuro não é suficiente, pois o fenômeno da concentração espacial favorece economicamente a formação de um ambiente propício para uma maior, ou menor, concentração de renda e consumo.

Variáveis como o PIB e a população são empregadas em tais projeções em um formato de dados discreto pressupondo que as regiões, ou polígonos que as delimitam e dão significado, são intrinsecamente homogêneas e que os limites representam a mudança identificada de um comportamento; porém esta premissa é falsa, pois tais polígonos são definidos por critérios operacionais (levantamentos) e / ou políticos (divisão regional) não existindo garantia de que estas distribuições sejam realmente homogêneas.

A análise das variáveis de forma discreta por áreas (polígonos) geralmente apresentam problemas com relação às descontinuidades. Deste modo, é necessário utilizar instrumentos que permitam estabelecer a continuidade espacial entre as diferentes áreas (matrizes de continuidade espacial), e de indicadores que possam medir a correlação espacial entre as ocorrências (INPE, 2004).

3 – Avaliação Estatística das Variáveis.

A avaliação do impacto do emprego de técnicas de análise espacial, particularmente a técnica de autocorrelação espacial, nos modelos de projeção de variáveis discretas representadas por áreas

tem início com o teste da hipótese de que estas, no caso deste estudo o PIB e a população, têm comportamento diferente em função da UGR. Caso contrário a hipótese de construir modelos, onde tais variáveis empregadas de forma regionalizada influenciem as projeções, é falsa.

Ou seja, primeiro é necessário determinar se a população e o PIB apresentam correlações positivas e substanciais (coeficiente de correlação $r > 0,4$), e depois se apresentam comportamentos distintos por UGR. Para tal empregou-se a correlação de *Pearson* com estabelecimento da equação de melhor ajuste e do coeficiente de determinação direto e ajustado.

3.1 – Análises Estatísticas dos Dados brutos de PIB e População para os municípios do Brasil.

Os dados de PIB e população dos municípios brasileiros, entre 1999 e 2004 foram classificados, empregando algoritmo de *Sturges*, em 14 classes conforme a figura 1 a seguir:

Sumário Estatístico - 1999 à 2004.							
Medida		1999	2000	2001	2002	2003	2004
PIB	Média	175152	198067	215600	242091	279889	317738
	Assimetria	48,42	48,18	47,77	46,28	44,00	42,11
	Curtose	2801,01	2799,01	2769,21	2637,19	2440,49	2278,59
	Mínimo	0	0	1485	2008	2355	2667
	1º quartil	12614	14074	15461	18011	20657	23305
	Mediana	26729	29459	32191	38347	45359	49997
	3º quartil	65701	73282	80601	95200	113218	125292
	Máximo	112547635	127437119	134306169	140066059	147010119	160637533
População	Média	30351	30806	31263	31725	32192	32658
	Assimetria	38,63	38,82	38,65	38,41	38,17	37,93
	Curtose	1928,43	1945,75	1932,63	1914,20	1895,89	1877,99
	Mínimo	0	0	803	808	813	818
	1º quartil	4950	5053	5057	5064	5070	5096
	Mediana	10353	10359	10425	10418	10487	10580
	3º quartil	21013	21332	21445	21686	21946	22274
	Máximo	10238182	10485224	10572435	10660591	10749597	10838581

F1 – Estatísticas de PIB e População para os anos de 1999 a 2004 - Municípios do Brasil.

Ao se analisar a série pode-se fazer as seguintes considerações:

- As distribuições não são Gaussianas (normal) apresentando curvas assimétricas positivas leptocúrticas (assimetria > 0 , curtose > 3 e medianas $<$ média);
- A amplitude entre o 3º e 4º quartis denota a existência de valores extremos (*outliers*); e,
- Todas as distribuições apresentam concentração de frequência na 1ª classe (acima de 5000 eventos).

O estudo da correlação os dados de PIB e população apresentou as seguintes características:

- Direção – correlação direta para todos os anos, ou seja, à medida que aumenta a população (x) aumenta o PIB (y);
- Grau – todos os eventos apresentaram correlação forte, acima de 0,95, o que é ratificado pelas altas determinações, acima de 90%;
- Sensibilidade – o coeficiente angular da reta de melhor ajuste para o ano de menor correlação, 2004, é de 13,280, e para este valor de tangente o ângulo é aproximadamente 85,7°, valor acima de 67°, podendo afirmar-se que a sensibilidade é alta; e,
- Nível de significância – as correlações foram aceitas com um nível de 95% de probabilidade com coeficiente de correlação superior a 0,195.

Na figura 2 são apresentados os valores das correlações ano a ano, bem como os coeficientes de determinação, tangente e arco tangente equivalente.

Sumário Correlação PIB x População - 1999 à 2004.						
Medida	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Correlação	0,966	0,961	0,959	0,956	0,954	0,951
Determinação	93,30	92,30	91,90	91,40	91,10	90,50
Tangente	9,558	10,52	10,98	11,44	12,11	13,28
Ângulo	84,02	84,56	84,79	85,00	85,28	85,69

F2 – Correlação de PIB e População para os anos de 1999 a 2004 - Municípios do Brasil.

3.2 – Análises Estatísticas dos Dados Brutos de PIB e População para o Estado de Santa Catarina

Os dados de PIB e população para os municípios de Santa Catarina, entre 1999 e 2004 foram classificados, empregando algoritmo de *Sturges*, em 10 classes conforme figura 3 a seguir:

Sumário Estatístico - 1999 à 2004.							
Medida		1999	2000	2001	2002	2003	2004
PIB	Média	121781	144805	158821	176888	212333	239617
	Assimetria	7,02	7,36	7,22	6,81	6,77	6,85
	Curtose	58,37	65,79	64,32	57,77	57,70	58,52
	Mínimo	6447	7809	7034	8199	11011	12744
	1º quartil	18398	21621	23009	25691	34954	34962
	Mediana	34649	42796	48007	54209	67851	70642
	3º quartil	78848	93417	103210	122588	153228	171617
	Máximo	3784569	4687416	5050076	5261140	6162861	7274931
População	Média	18155	18461	18768	19079	19393	19707
	Assimetria	6,43	6,26	6,32	6,31	6,31	6,30
	Curtose	52,28	47,98	49,01	48,91	48,81	48,71
	Mínimo	1658	1580	1593	1606	1600	1573
	1º quartil	3770	3508	3506	3482	3495	3500
	Mediana	7078	6984	7009	7007	7118	7136
	3º quartil	14002	14488	14638	14786	14931	14992
	Máximo	446565	434555	450963	459908	468942	477971

F3 – Estatísticas de PIB e População para os anos de 1999 a 2004 - Municípios de SC.

Ao se analisar os valores para estes anos podem ser feitas as seguintes considerações:

- As distribuições não são Gaussianas (normal) apresentando curvas assimétricas positivas leptocúrticas (assimetria > 0, curtose > 3 e medianas < média); e,
- A amplitude a entre o 3º e 4º quartis denota a existência de valores extremos (*outliers*).

O estudo da correlação os dados de PIB e população para os municípios de SC apresentou as seguintes características:

- Direção – correlações positivas e diretas para todos os anos;
- Grau – todos os eventos apresentaram correlação forte, acima de 0,94, o que é ratificado pelas altas determinações, acima de 88%;
- Sensibilidade – o coeficiente angular da reta de melhor ajuste, no ano de menor correlação (2004), é de 13,10, e para este valor de tangente o ângulo é de aproximadamente 85,6º, valor acima de 67º, podendo afirmar-se que a sensibilidade é alta; e,
- Significância – as correlações foram aceitas com um nível de 95% de probabilidade com coeficiente de correlação superior a 0,195.

Na figura 4 são apresentados os valores das correlações ano a ano, bem como os coeficientes de determinação, tangente e arco tangente equivalente.

Sumário Correlação PIB x População SC - 1999 à 2004.						
Medida	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Correlação	0,961	0,960	0,957	0,960	0,953	0,943
Determinação	92,40	92,00	91,50	92,10	90,70	88,90
Tangente	8,223	9,308	9,682	10,18	11,47	13,1
Ângulo	83,06	83,86	84,10	84,39	85,01	85,63

F4 – Correlação de PIB e População para os anos de 1999 a 2004 - Municípios de SC.

Para melhorar o perfil das distribuições realizaram-se as seguintes atividades nos dois conjuntos de dados:

- Retirada dos valores zerados;
- Transformação dos dados (artifícios de normalização por Ln); e,
- Retirada de *Outliers* dos dados transformados de PIB e população.

3.3 – Comparação entre os dados nacionais de PIB e população brutos e transformados e os dados municipais de Santa Catarina brutos e transformados.

Após o tratamento as distribuições do PIB ficaram próximas da normalidade, e as de população apresentaram médias dentro do intervalo de confiança das medianas, ou seja, probabilidade de não ocorrer erro tipo 1 ao ser aceita como distribuição normal; bem como, as correlações continuaram diretas, fortes ($>0,74$), com sensibilidade e determinação substanciais ($r > 55\%$; coef. ang $> 0,89$ e $\tan > 41^\circ$) e a dispersão descolou-se da origem, de forma paralela ao eixo da reta de melhor ajuste.

Na figura 5 pode-se observar no comportamento dos arcos tangentes das retas de melhor ajuste das correlações, que no conjunto de dados transformados houve um aumento médio de 6,75 % no coeficiente angular entre as retas, ou seja, uma maior elasticidade.

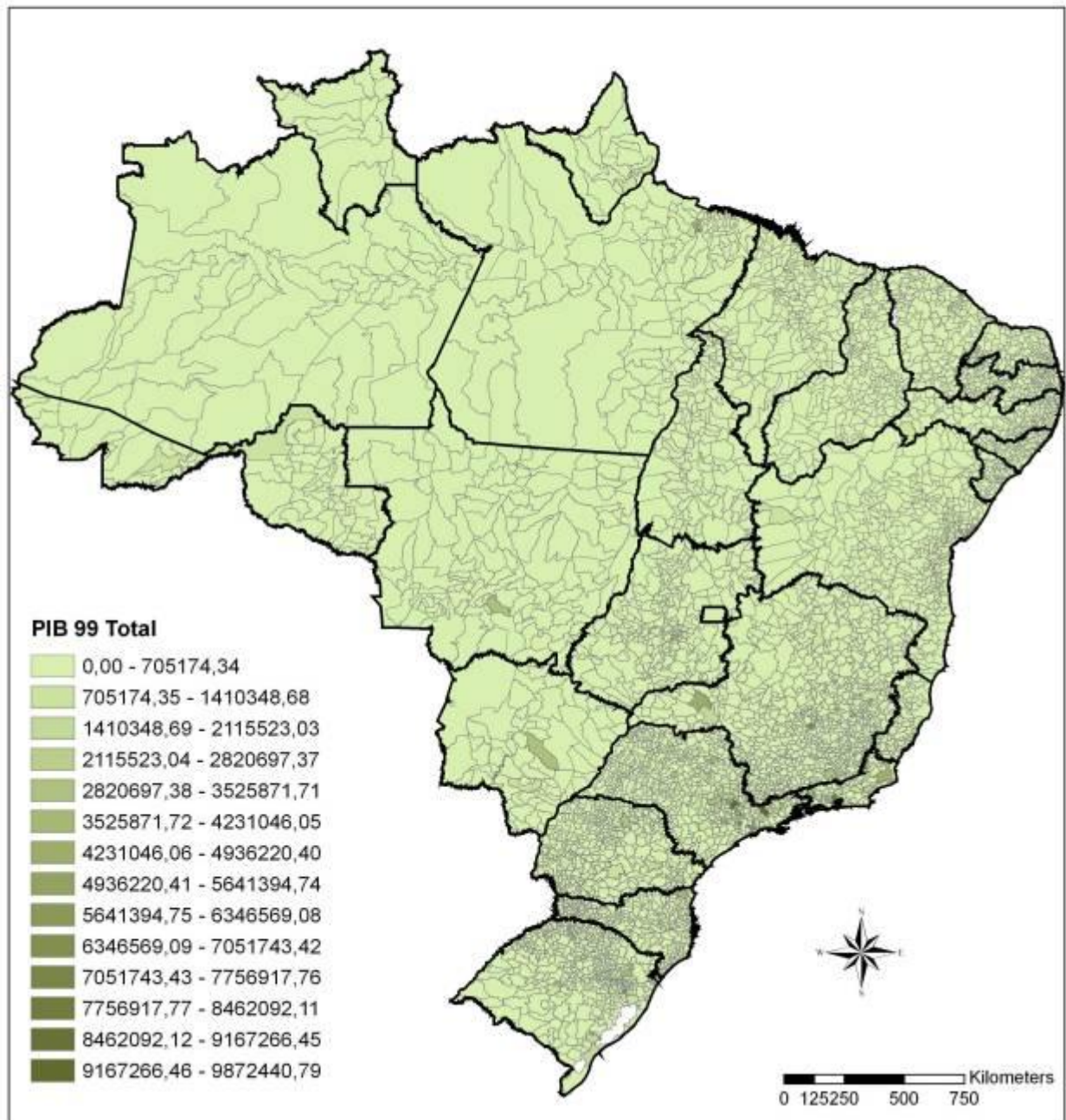
Correlações PIB x População - Valores de Arcos Tangentes						
Ano	Total Brasil	Total SC	Variação %	Transformado Brasil	Transformado SC	Variação %
1999	84,02	83,06	-1,14%	43,01	46,34	7,74%
2000	84,56	83,86	-0,83%	43,35	46,04	6,21%
2001	84,79	84,10	-0,81%	42,58	46,07	8,20%
2002	85,00	84,39	-0,72%	42,52	45,59	7,22%
2003	85,28	85,01	-0,32%	41,92	43,86	4,63%
2004	85,69	85,63	-0,07%	41,95	44,67	6,48%
Média da Variação			-0,65%			6,75%

F5 – Arcos tangentes das correlações de PIB e população para dados brutos e transformados.

Isto significa que a elasticidade entre o PIB e a população sofre alteração em função da abrangência da análise, neste caso entre todos os municípios do Brasil e todos os municípios de SC.

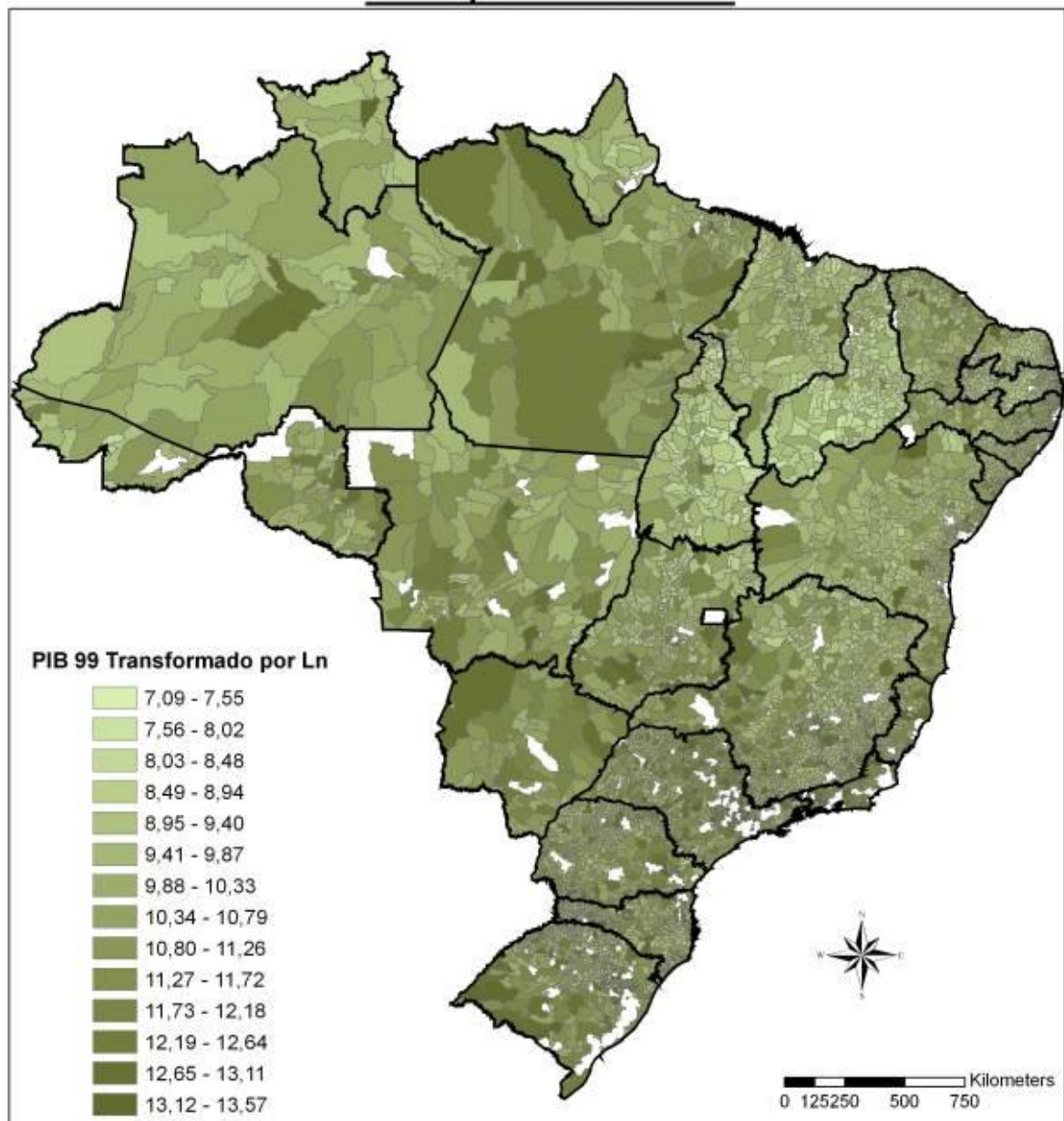
Outro ponto de destaque com relação ao comportamento das séries de dados é a melhora da qualidade da distribuição quanto a sua normalidade e por consequência suas correlações. Nas Figuras 6 a 9 a seguir, é possível comparar a distribuição espacial original dos dados versus a sua distribuição transformada.

Produto Interno Bruto - PIB **Municípios Brasil - 1999**



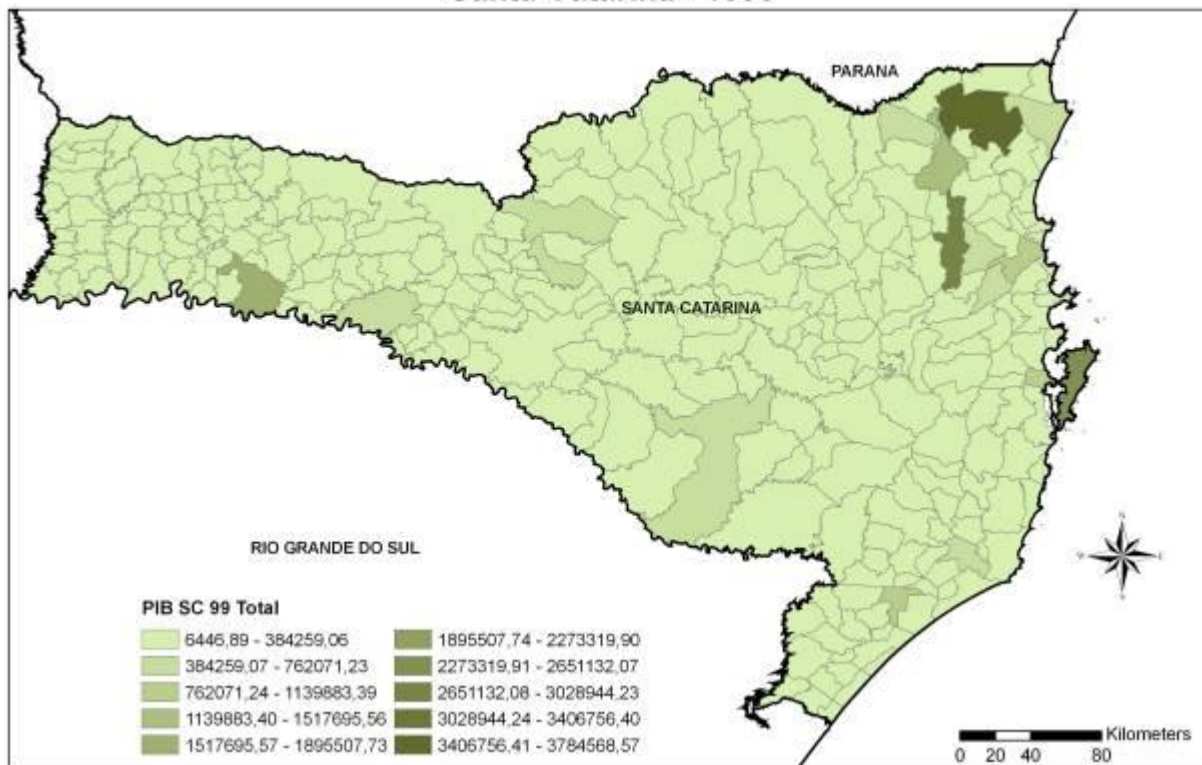
F6 – Mapa temático da distribuição do PIB total - Municípios do Brasil.

Produto Interno Bruto - PIB
Transformados sem Outliers
Municípios Brasil - 1999



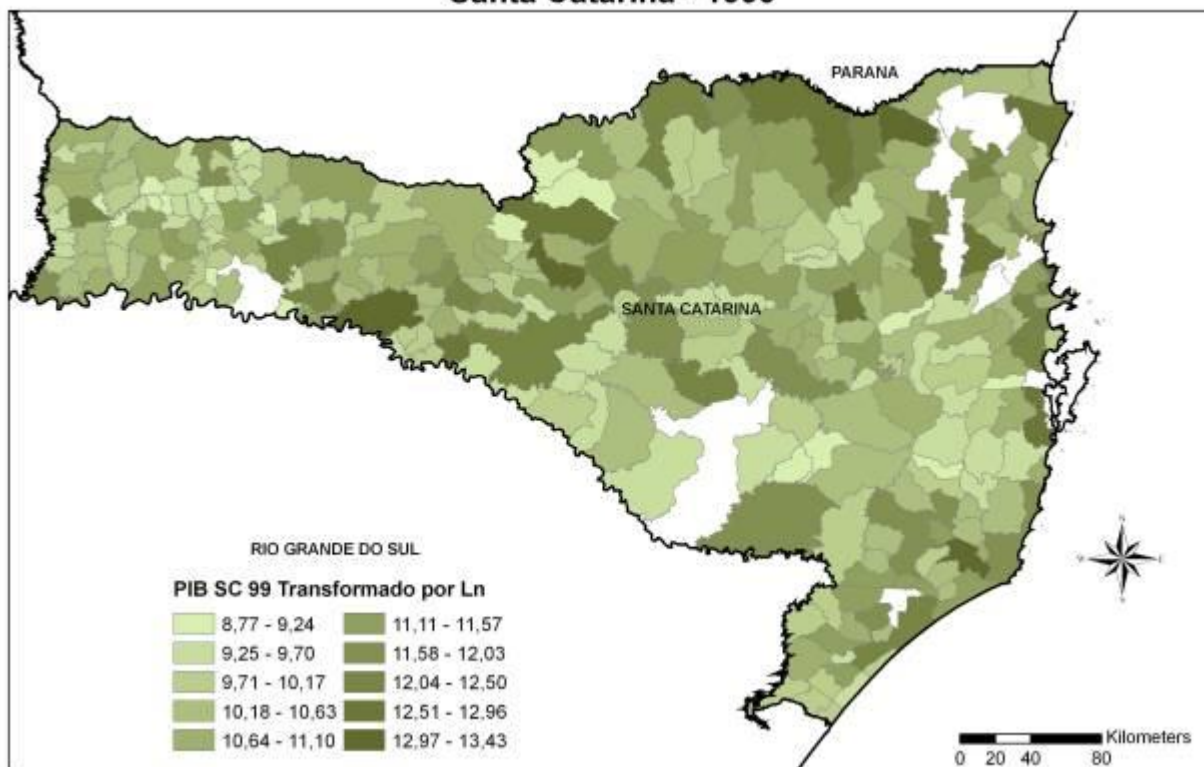
F7 – Mapa temático da distribuição do PIB total transformado sem *outliers* - Municípios do Brasil.

Produto Interno Bruto - PIB - Total Santa Catarina - 1999



F8 – Mapa temático da distribuição do PIB total - Municípios de SC.

Produto Interno Bruto - PIB - Transformado sem Outliers Santa Catarina - 1999



F9 – Mapa temático da distribuição do PIB total transformado e s/ outliers - Municípios de SC.

Nas duas comparações é evidente o problema da concentração de valores nas primeiras classes. Para os dados transformados de SC, conforme figura 9, a gradação visual é mais suave evidenciando uma distribuição mais homogênea. Neste caso houve uma melhor convergência da média e da mediana das séries transformadas, diferente dos dados dos municípios brasileiros

4 – Modelo de Previsão de Crescimento para o PIB e a População.

Assim como a avaliação realizada no tópico anterior, onde se constatou que as variáveis analisadas apresentam comportamento diferenciado em função da UGR, espera-se que quando de uma análise em uma UGR menos generalizada, neste caso os municípios, existam comportamentos diferenciados que, uma vez analisados e associados, podem permitir uma componente de previsão mais realista quando comparadas com as características da evolução histórica apresentadas por estas variáveis.

Em termos gerais a análise espacial é a apresentação espacial de variáveis como população, consumo, etc. O emprego de tal técnica abarca os métodos de: visualização, investigação dos padrões dos dados e escolha do modelo estatístico e de estimação de parâmetros (INPE, 2004).

Neste estudo a representação das variáveis se dá de forma discreta por áreas (polígonos) e as análises de dados com esta característica geralmente apresentam problemas com relação às discontinuidades. Deste modo, é necessário utilizar instrumentos que permitam estabelecer a continuidade espacial entre as diferentes áreas (matrizes de continuidade espacial), e de indicadores que possam medir a correlação espacial entre as ocorrências (INPE, 2004).

As técnicas de autocorrelação medem quanto o valor observado de um atributo numa região é independente dos valores desta mesma variável nas localizações vizinhas. Se existir dependência espacial, diz-se que a variável em questão exibe autocorrelação espacial positiva. Assim, este conceito mede o nível de interdependência geográfica entre as variáveis e a força deste relacionamento, ou melhor, quanto o valor observado de um atributo numa região é independente dos valores desta mesma variável na vizinhança (INPE, 2004).

4.1 – Autocorrelação Local para o PIB Municipal de Santa Catarina.

Uma vez estabelecida a diferença global de comportamento das variáveis PIB e população no nível das unidades da federação dá-se foco a análise local para o patamar de municípios com o objetivo de identificar os agrupamentos espaciais locais significativos e para cada um destes estabelecer um modelo matemático para previsão destas variáveis.

Para a análise da autocorrelação local empregou-se a estatística de Getis e Ord, que produz os índices G_i^* e G_i^* . Este método de análise interpreta de forma mais direta como os dados encontram-se distribuídos no espaço e permite testar a hipótese sobre a concentração espacial da soma dos valores associados aos pontos na vizinhança do ponto considerado (INPE, 2004). Como resultado final apresenta um mapa temático com a classificação das feições em diferentes classes de dispersão estatística (análise de significância *Z-score*).

4.1.1 – A Ferramenta *Hot Spot Analysis*.

No pacote de ferramentas disponibilizados na plataforma ARCGIS 9.1 as ferramentas que calculam os índices *Getis Ord* e testam a significância são intituladas: *High / Low Clustering* e *Hot Spot Analysis*. A segunda calcula o índice G_i^* . No escopo deste estudo empregou-se a *Hot Spot Analysis* pelo fato desta identificar *clusters* de significância estatística, enquanto a análise *High / Low Clustering* tem como desvantagem não prover uma medida de clusterização ou dispersão. Esta somente indica se os valores, altos ou baixos, estão clusterizados (ESRI, 2007).

A partir de um conjunto de dados pontuais, com pesos associados, a estatística *Getis-Ord G_i^** identifica os agrupamentos de pontos que apresentam valores com uma magnitude maior do que se espera encontrar em um experimento aleatório. A função de G_i^* cria uma nova classe de feição que duplica a feição de entrada e então adiciona uma coluna na tabela de atributos com os resultados para o índice.

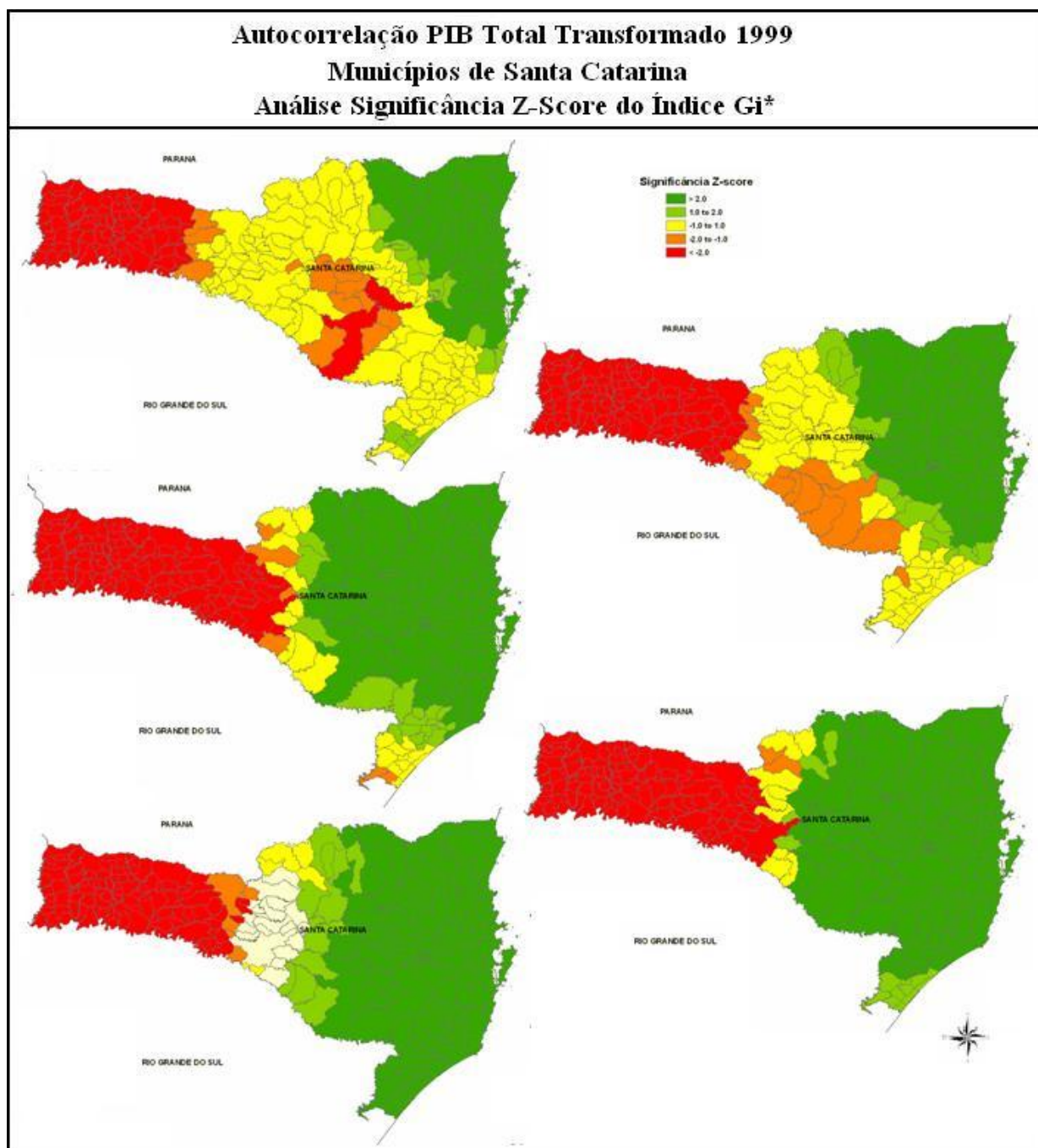
Uma vez calculado o valor de G_i^* calcula-se, empregando a ferramenta *Z-Score Rendering*, o nível de significância estatística para cada feição. Assim como o índice G_i^* , um valor alto do *Z-score* para uma feição indica que a vizinhança tem atributos de valor alto, e vice-versa. Um valor próximo de zero indica a

não aparente concentração de valores similares (Mitchell, 2005).

4.1.2 – Escolha do Regime de Distância.

Uma das características técnicas associadas ao cálculo do índice proposto é a determinação do regime de distância entre as feições. Nesta avaliação adotou-se o método de distância Euclidiano (ESRI, 2007). O regime de distância determina o quão significativos são os agrupamentos em função da distância considerada entre as feições (distância dos centróides). Quanto maior os limites, maior a quantidade de feições consideradas na construção da matriz de continuidade espacial. Valores excessivos levam a uma homogeneização da análise instituindo agrupamentos que apresentam viés de relacionamento com seus vizinhos.

A figura 10 a seguir, apresenta os mapas temáticos referentes às análises para o PIB de 1999 com os valores de distância de 1, 1.5, 2, 2.5 e 3 graus.



F10 – Comparação entre os regimes de distância.

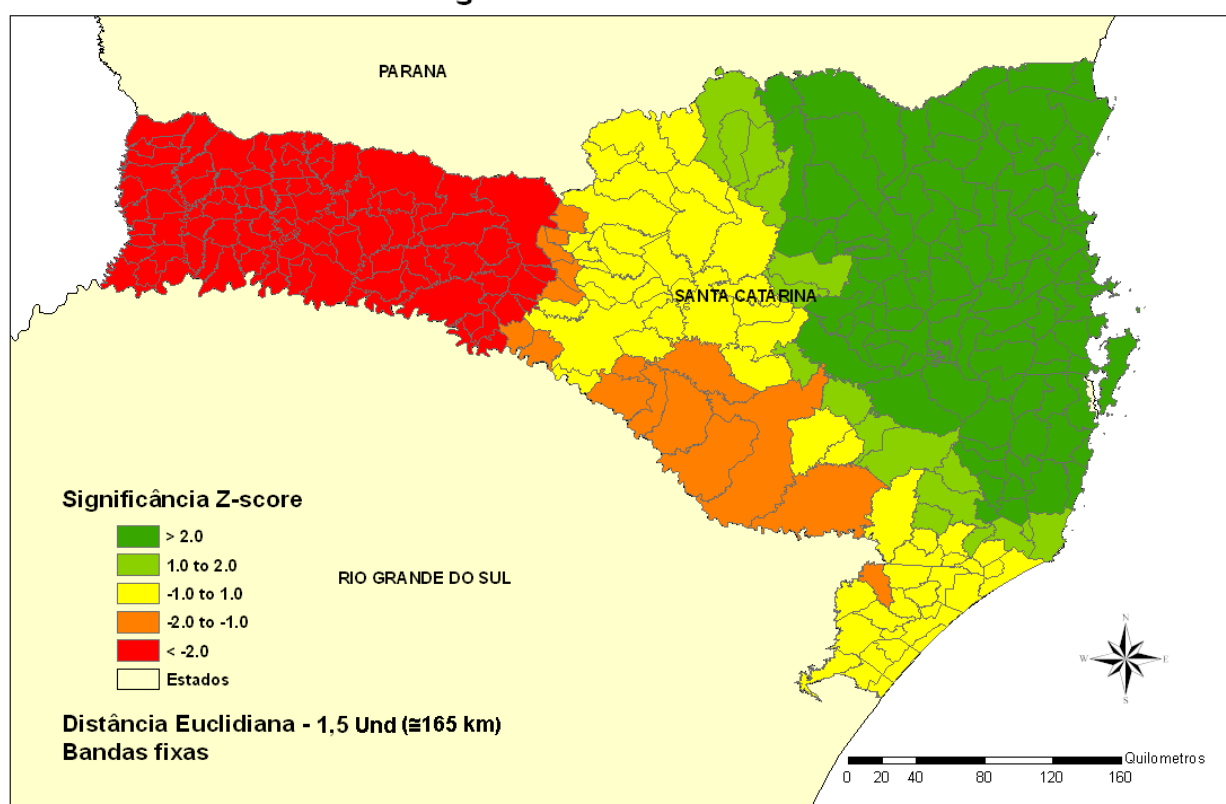
Nesta é possível observar que a partir do valor de distância de 2 graus, inclusive, alguns municípios classificados nos níveis de significância menor que - 2 e maior que 2 fazem fronteira. Da mesma forma a zona de não aparente concentração de valores similares se reduz ao ponto de quase não existir para a distância de 2,5 graus e ocorrer perda de sensibilidade para uma distância de 3 graus (municípios sem classificação).

Na mão inversa, aplicando-se a distância de 1 grau contata-se a possibilidade de existirem dois regimes espaciais visto que dois municípios apresentam significância estatística na porção centro-sul do estado.

Pelas características apresentadas nos dois parágrafos anteriores adotou-se como regime de distância o valor de 1,5 graus.

Na figura 11 a seguir é apresentado o resultado do índice para o ano de 1999.

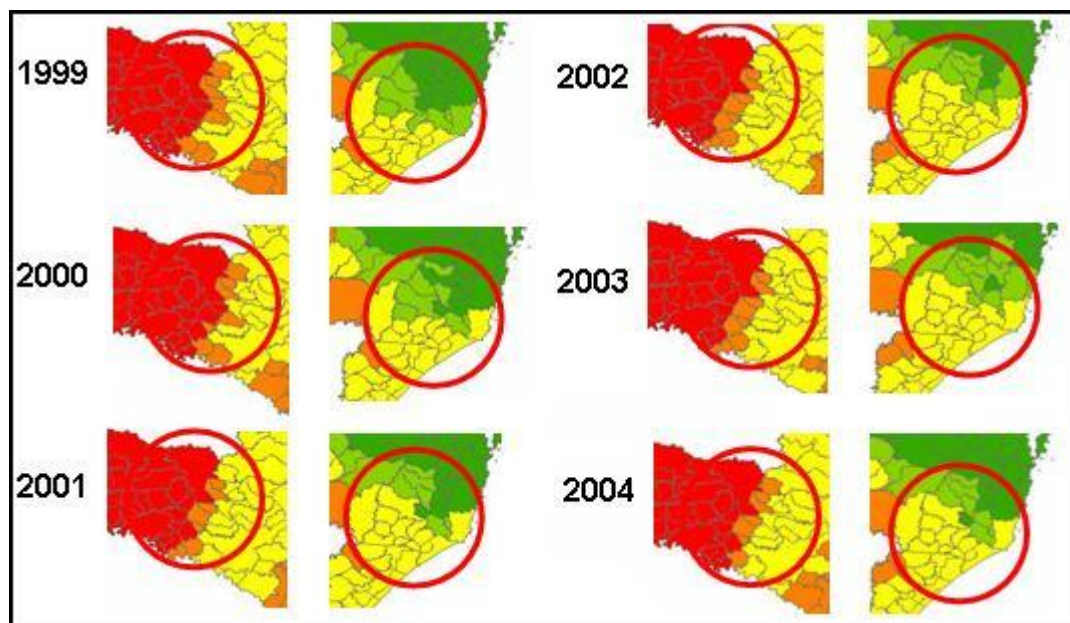
Autocorrelação PIB Total Transformado 1999 - Municípios Santa Catarina Análise Significância Z-Score do Índice G_i^*



F11 – Análise Z-Score do Índice G_i^* – PIB Total Transformado Municípios SC - 1999.

Ao se analisar o conjunto de mapas temáticos referentes à série temporal do PIB pode-se constatar que o modelo proposto apresenta sensibilidade para detectar as variações nos valores de significância visto permitir a identificação dos municípios que alternam classificação, transitando entre os regimes de significância estatística.

Ou seja, como pode ser visto na figura 12, o conjunto de mapas temáticos referentes à avaliação realizada apresenta os regimes de transição, onde o comportamento da variável e, consequentemente sua representação municipal, ocupam diferentes classificações de intervalos de significância ao longo do tempo (Mitchell, 2005).

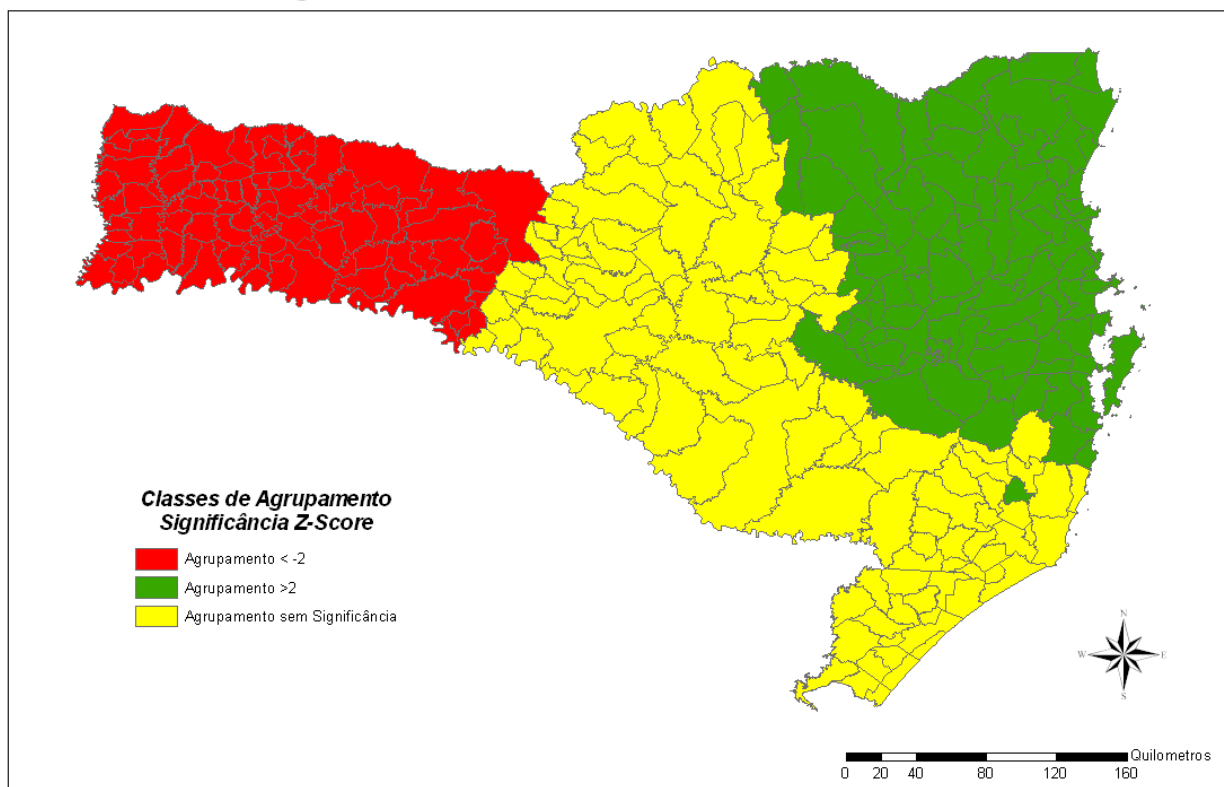


F12 – Municípios com transição entre classes de significância.

4.2 – Agrupamento dos Municípios por Nível de Significância.

A partir da classificação da série temporal propôs-se uma separação do conjunto de municípios em três grupos distintos: municípios pertencentes ao grupo de significância menor que -2 Z-score, maior que 2 Z-score e sem concentração de valores similares.

Agrupamento de Frequência por Nível de Significância - Municípios Santa Catarina Análise Significância Z-Score do Índice G_i^* - Série de 1999 a 2004



F13 – Agrupamento dos municípios por classe de significância.

Com relação à transição entre regimes, apresentada por alguns municípios, adotou-se um critério de classificação conservador onde cada um dos grupos considerou a frequência absoluta, dentro do mesmo nível de significância, na série completa de anos do valor de Z-score calculado.

Desta forma o conjunto de municípios de significância menor que - 2 e maior que 2 contém somente os municípios que estiveram presentes durante a série completa de 6 anos, o restante foi classificada no grupo de município sem significância. A figura 13 apresenta os três agrupamentos finais adotados.

5 - Conclusões.

A proposta de trabalho não leva em consideração avaliar os diversos métodos empregados na atividade de projeção, mas sim avaliar o possível impacto do emprego de técnicas de análise baseadas em informações espaciais na estruturação do modelo como um todo. Neste caso o emprego da semi-ótica espacial deu-se no início do modelo, identificando agrupamentos onde os dados apresentam comportamento espacial similar (figura 13).

Com base nos três grupos definidos pela técnica de análise espacial de autocorrelação local foram propostas as curvas de projeção, baseadas em regressão linear, para cada um dos agrupamentos de PIB identificados. Primeiro calculou-se o total geral do PIB e o subtotal de cada grupo, para cada ano da série histórica conforme figura 14.

PIB Total Anual por Agrupamento						
Agrupamento	1999	2000	2001	2002	2003	2004
< -2	R\$ 6.202.683,9	R\$ 6.869.391,8	R\$ 7.837.847,4	R\$ 9.040.992,4	R\$ 11.182.436,8	R\$ 11.798.084,6
>2	R\$ 20.408.064,5	R\$ 24.459.461,0	R\$ 26.503.479,1	R\$ 29.283.417,6	R\$ 34.616.270,9	R\$ 40.746.698,6
S/ significância	R\$ 9.071.103,1	R\$ 11.099.150,8	R\$ 12.193.192,4	R\$ 13.503.759,5	R\$ 16.414.833,4	R\$ 17.663.140,5
Total	R\$ 35.681.851,5	R\$ 42.428.003,7	R\$ 46.534.518,9	R\$ 51.828.169,4	R\$ 62.213.541,2	R\$ 70.207.923,8

Unidade: MM R\$

Fonte: IBGE - 2007

F14 – PIB Total Anual e por Agrupamento.

De posse dos totais por cada grupo fez-se a determinação dos parâmetros de definição das curvas de regressão linear. Estes valores foram tabelados e a partir destes definiram-se as seguintes equações para cada agrupamento:

- Agrupamento total – $Y = 6779446,4 x + 13517579662,3$;
- Agrupamento Significância < -2 – $Y = 1203408,11 x + 2399799422,45$;
- Agrupamento Significância > 2 – $Y = 3855529,7 x + 7687506431,9$; e,
- Agrupamento S/ Significância – $Y = 1720508,6 x + 3430273807,9$.

De posse das regressões, foram projetados, conforme apresentado na figura 15, os índices de correção para uma série histórica de 10 anos futuros.

Projeção de Crescimento Percentual Anual											
Agrupamento	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
< -2	10,47%	9,23%	8,45%	7,79%	7,23%	6,74%	6,32%	5,94%	5,61%	5,31%	5,04%
>2	5,11%	9,00%	8,26%	7,63%	7,09%	6,62%	6,21%	5,84%	5,52%	5,23%	4,97%
Sem significância	9,53%	8,89%	8,17%	7,55%	7,02%	6,56%	6,16%	5,80%	5,48%	5,20%	4,94%
Total	7,13%	9,01%	8,27%	7,64%	7,10%	6,63%	6,21%	5,85%	5,53%	5,24%	4,98%

F15 – Projeção de Crescimento Percentual Anual Estadual e por Agrupamento.

Pode-se notar que o conjunto de índices para cada agrupamento definido, a partir do proposto, apresenta comportamento próprio. Estes valores são maiores nos primeiros anos da projeção e vão se aproximando com o passar do tempo. É importante frisar que esta característica é típica dos modelos de regressão linear, pois estes empregam tendências lineares que convergem a uma projeção futura bem comportada.

Com base nas avaliações realizadas neste estudo pode-se concluir que existe diferença de

comportamento das variáveis PIB e população em função da área de estudo, e desta forma a hipótese de que o comportamento destas variáveis é diferente em função da unidade geográfica de referência é real; sendo assim construir modelos de projeção baseados em informações espaciais, onde estas variáveis sejam empregadas de forma regionalizada influenciando as projeções, é válida.

No que tange à hipótese da possibilidade do emprego das técnicas de análise espacial no arcabouço de modelos de simulação de consumo energético também é verdadeira, visto que a metodologia proposta permite de forma efetiva estabelecer curvas de projeção que refinam as projeções de forma regionalizada.

O emprego de tais técnicas permite ainda o refinamento de tais projeções com uma abstração regionalizada, sendo útil ainda na extração de resultados micro projetados (porção do território) contrapondo os métodos atuais que projetam e apresentam os resultados em unidades geográficas de referência de maior valor semântico, por exemplo, estados da federação ou regiões.

6 – Bibliografia

Lourenço, J. C. C. *Apostila da disciplina de investigação operacional*. Módulo 4 – Previsão. IST - Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa. Portugal, 2006, pág 87 – 144. Disponível em: <http://www.deg.ist.utl.pt/ensino/investigacao.operacional/docs/transp4.pdf>

Calôba, L. P. *Introdução ao Uso de Redes Neurais na Modelagem de Sistemas Dinâmicos e Séries Temporais*. Minicurso do XIV Congresso Brasileiro de Automática. Natal, RN, 2002, 52 p.

Morettin, P. A. Toloi, C. M. C. *Análise de Séries Temporais*. São Paulo, SP, Blucher, 2006, p.538

Ferreira, M. A. R. *Modelos Espaço-Temporais para Dados de Área*. IM-UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, 2008, <http://www.dme.ufrj.br/marco>

Kotler, P.; Keller, K. K. *Administração de Marketing*, 12ª Ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006, 750 p. ISBN: 85-7605-001-3.

INPE - *Curso de Análise Espacial de dados Geográficos*, Capítulo 4, INPE, Novembro 2004.

Mitchell, A. *The ESRI Guide to GIS Analysis Volume 2: Spatial Measurements & Statistics*. California: ESRI Press, 2005, p. 238.

ESRI. *ARCGIS Desktop Help. Hot Spot Analysis (Getis-Ord Gi*) (Spatial Statistics) - Related topics: Modeling spatial relationships*. Acesso em: julho 2007.