

Análise espacial da *Fasciola hepatica* bovina em Santa Catarina

Ana Elisa Pereira da Silva

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Aluna de mestrado em Sensoriamento Remoto

Disciplina: Análise Espacial

1. Introdução

A doença parasitária conhecida como Fasciolose ou Distomatose desencadeia um processo inflamatório crônico no fígado e seus órgãos anexos. O agente etiológico causador desta doença é a *Fasciola hepatica*, verme da classe dos Nematódeos, considerado como padrão da espécie. É encontrado geralmente no interior da vesícula e canais biliares de maiores calibres em seus hospedeiros usuais: bovinos, ovinos, caprinos, suínos e vários mamíferos silvestres. Estes animais adquirem a doença através da ingestão de água e verduras contaminadas (NEVES, 2005).

A transmissão da doença se inicia com a eliminação dos ovos da *F. hepatica* juntamente com as fezes do hospedeiro para o meio exterior. Ao encontrar condições favoráveis no ambiente (contato com a água e luz solar), estes ovos darão origem aos miracídios. Em coleções de água como lagoas, açudes ou riachos de águas calmas, estas larvas encontram seu hospedeiro intermediário, moluscos (caramujos) do gênero *Lymnaea*, e penetram ativamente nele. O ciclo dentro do caramujo pode levar de 6 a 7 semanas. Depois, as larvas são eliminadas na água e se aderem à vegetação ribeirinha ou ficam no fundo da água. Normalmente estes locais servem de bebedouros para o gado que é apascentado nessas áreas. Após dois meses dentro do hospedeiro, o verme torna-se adulto, causando danos que vão desde dificuldade de digestão, cólicas e emagrecimento até hemorragias que podem levar à morte (URQUHART et al., 1996), principalmente quando a infestação é causada por grande número de parasitas, ou se tratando de um animal ainda jovem, ou fêmeas em gestação.

Esta doença depende diretamente das condições climáticas e ambientais favoráveis para a proliferação tanto do agente etiológico como do hospedeiro intermediário (caramujo). As temperaturas devem variar entre 10 e 25°C para o desenvolvimento da fasciolose. A precipitação pode favorecer o acúmulo de água, condição indispensável para o ciclo da doença. Geralmente este acúmulo ocorre em terreno mais plano ou menos montanhoso, onde as elevações são mais baixas. Por isso, além das variáveis climáticas, outras condições como altitude, alta umidade do solo, proximidade com

extensas áreas hidrográficas inundadas ou pântanos, também contribuem para a proliferação dos moluscos do gênero *Lymnaea* (MÜLLER et al., 1997).

No entanto, vale ressaltar que os limites de distribuição da doença não são estritamente fixos e podem flutuar de acordo com clima e outros componentes do meio ambiente (MALONE et al., 1998). Esta variação pode ser observada ao longo do tempo e do espaço geográfico. Para isto, ferramentas como o sensoriamento remoto e o sistema de informação geográfica (SIG) tem sido importantes para arquivar, manipular e analisar dados sobre a epidemiologia de doenças e combinar estas informações com dados climáticos e ambientais obtidos por satélite (MALONE et al., 1998). Os produtos de satélites para estudo de doenças estão voltados ao mapeamento dos vetores e da propagação da doença em relação às variáveis ambientais (CORRÊA, 2007).

No meio veterinário, a importância do estudo desta doença se deve principalmente às grandes perdas econômicas decorrentes da condenação de fígados e de carcaças de animais nos matadouros, além da queda de produção com perda de peso dos animais, queda na fertilidade, atraso no crescimento e até mortalidade de animais em alguns casos (SILVA et al., 2008). Assim, o presente trabalho tem o objetivo de analisar a distribuição espacial da fasciolose bovina em municípios do estado de Santa Catarina, Brasil, para o ano de 2006, e sua correlação com a altitude local.

2. Área de estudo e dados

O local de estudo escolhido para este trabalho foi o estado de Santa Catarina (Figura 1), mais especificamente os municípios que enviaram animais para abatedouros com inspeção federal de carne e onde foram diagnosticados casos da doença. Localizado na região sul do Brasil, o estado tem em sua área de 95.346,181 Km², 293 municípios. O clima considerado para a área é o subtropical, sujeito a variações de acordo com o relevo regional. É relativamente comum a ocorrência de geadas e neve no oeste do estado, enquanto no litoral o clima é mais quente podendo atingir altas temperaturas durante o verão.

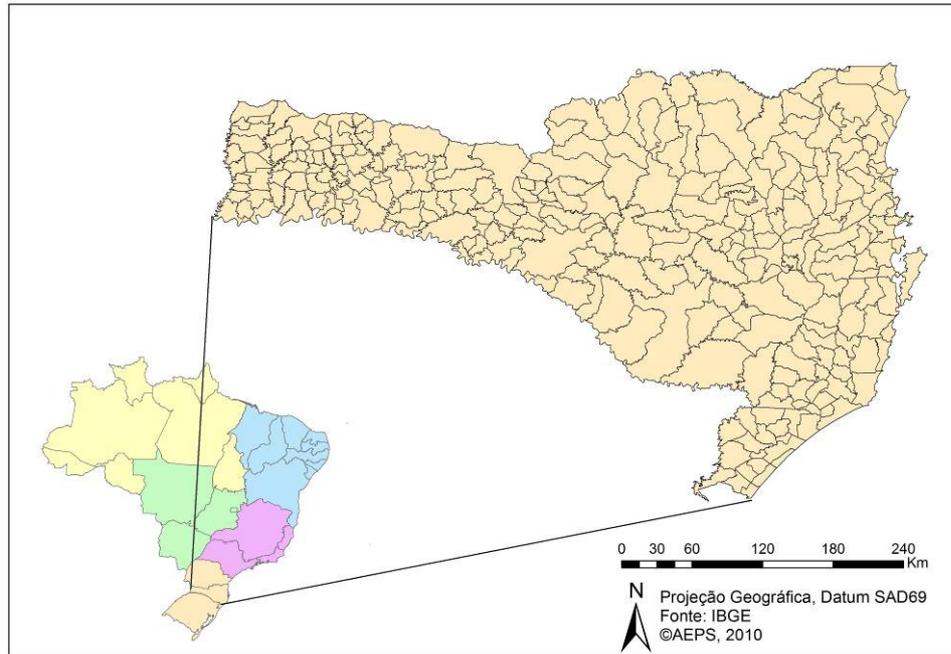


Figura 1. Localização da área de estudo.

Segundo Dutra et al. (2010), que estudou a fasciolose bovina no período de 2003 a 2008 na região sul do Brasil, a prevalência da doença foi mais elevada no ano de 2006. Por este motivo, para o presente estudo, os dados de animais infectados com a *F. hepatica* e animais abatidos foram obtidos para o período de janeiro a dezembro de 2006 no MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e no site do IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (<http://www.ibge.gov.br>). Foram estudados 165 municípios do estado de Santa Catarina, que são os municípios que registraram animais contaminados após abate em locais sob inspeção federal de carne, no ano de 2006. A proporção de animal doente por animal abatido para cada município, denominada neste trabalho de Índice de Positividade (I_p) dos animais abatidos, foi computada através da equação 1:

$$I_p = \frac{N_d}{N_a} \quad (1)$$

onde N_d e N_a são, respectivamente, o número de animais doentes e abatidos em cada município.

Como a altitude é uma variável importante abordada em vários trabalhos sobre a fasciolose (MALONE et al., 1998; YILMA e MALONE, 1998; DUTRA et al., 2010; MCCANN et al., 2010), foram utilizadas imagens SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*) para gerar um modelo digital de elevação na área de estudo. As imagens foram

adquiridas no site da Embrapa (<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/index.htm>) em formato geotiff e resolução espacial de 90 metros, para todo o estado de Santa Catarina. Através deste modelo gerado e de arquivos vetoriais do tipo shapefile, foi calculado a altitude média para cada município, a qual foi também correlacionada com os dados da fasciolose.

3. Metodologia

Para analisar este conjunto de dados utilizou-se um SIG através do programa computacional específico TerraView 3.5, onde foi possível a espacialização dos casos da doença em todo o estado. Além disto, buscou-se analisar a relação entre a doença e a altitude local através da regressão linear simples, uma metodologia estatística que utiliza as relações entre duas variáveis quantitativas tal que uma variável resposta (dependente) possa ser descrita ou ter seu valor estimado a partir de outra, variável independente (NETER et al., 1996). Porém, nestes casos, deve-se verificar se há dependência espacial entre os dados, já que estes estão geograficamente distribuídos. Se houver, deve-se utilizar um modelo de regressão que leve a questão espacial em consideração para melhor ajuste do modelo.

Para o desenvolvimento deste trabalho foi utilizado o aplicativo R que assim como o TerraView é de acesso gratuito. Ambos são individualmente muito úteis na abordagem espacial da modelagem de dados geográficos, e também possuem ferramentas que permitem a integração entre eles.

Para a realização da análise por regressão espacial foram utilizados os pacotes aRT e spdep do aplicativo R. O aRT (ANDRADE et al. 2005) é um pacote do aplicativo R que possibilita a integração entre o ambiente R e a biblioteca TerraLib, com objetivo de acessar dados geoespaciais para serem analisados no ambiente R. O spdep (BIVAND et al. 2010) é um pacote do aplicativo R, que reúne uma coleção de funções para a criação de matriz de pesos espaciais através de polígonos e pontos, uma coleção de testes de autocorrelação espacial e funções para estimar modelos espaciais simultâneos e autoregressivos (SAR).

A figura 2 resume a sequência da metodologia aplicada neste trabalho.

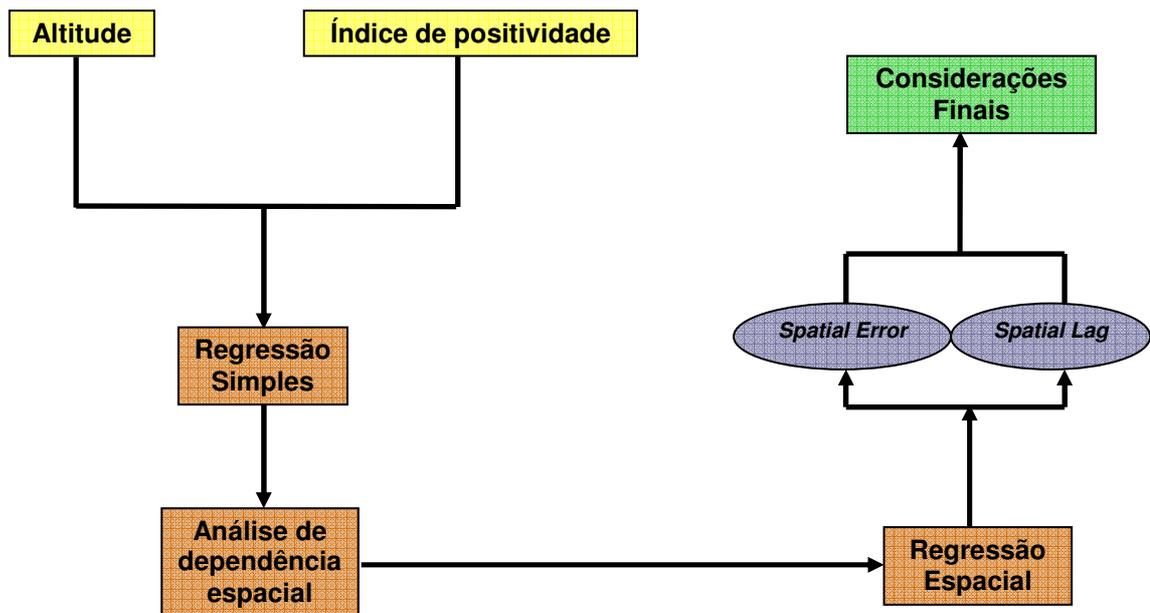


Figura 2. Fluxograma da metodologia de trabalho.

4. Resultados

A taxa média de condenação de fígados bovinos contaminados por *F. hepatica* para o ano de 2006 foi de 5,15%. A distribuição espacial da fasciolose para todo o estado de Santa Catarina é apresentada na figura 3. O índice de positividade foi dividido em cinco grupos para se localizar espacialmente os municípios com mais e menos casos da doença. Todos os municípios com Ip maior que 36% estão distribuídos na metade leste de Santa Catarina, indicando que aquela porção do estado apresenta maior ocorrência de casos de fasciolose.

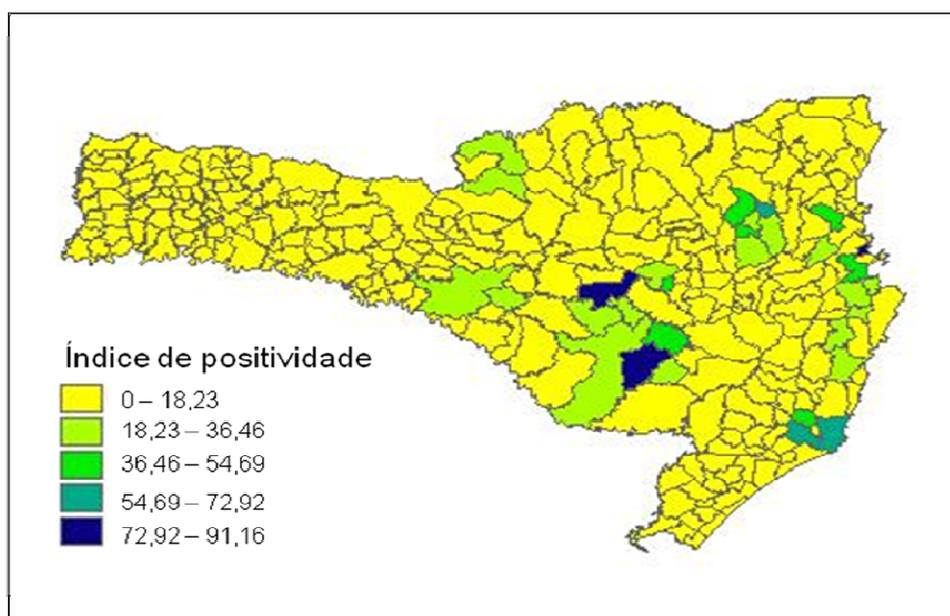


Figura 3: Distribuição espacial da fasciolose em Santa Catarina, no ano de 2006.

Para avaliar a importância da altitude no estudo da fasciolose para Santa Catarina no ano de 2006, esta variável foi correlacionada com o Ip, segundo o coeficiente de correlação de Pearson. A relação entre a porcentagem de fígado contaminado por fasciolose em animais abatidos e a altitude dos municípios onde ocorreu registro da doença pode ser observada na figura 4.

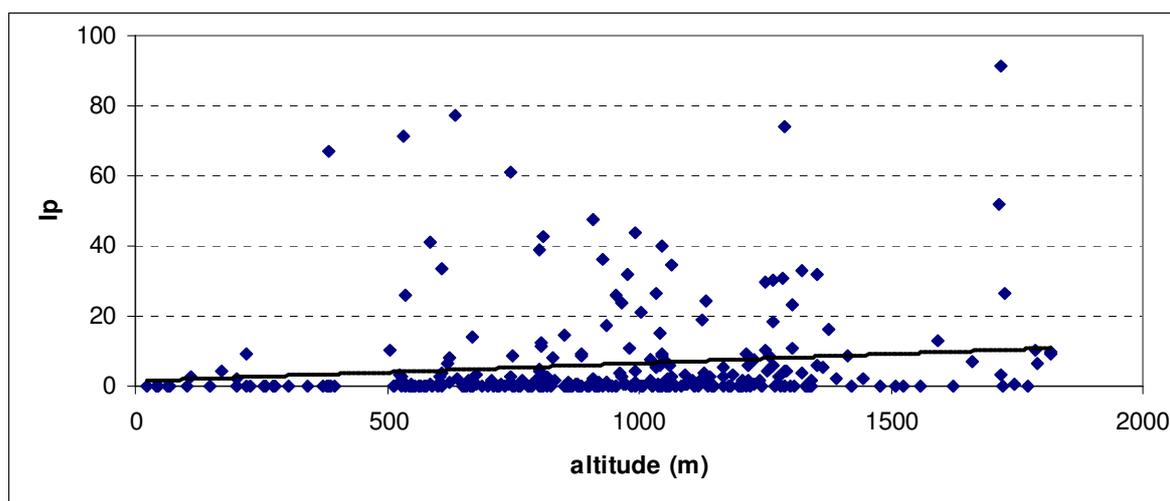


Figura 4: Dispersão entre Ip e altitude

O coeficiente de correlação encontrado entre a fasciolose e a altitude foi de 0,13. Este coeficiente foi considerado baixo, porém apresentou p-valor de 0,01, significando que existe correlação entre estas duas variáveis. Porém, essa correlação não está sendo bem explicada pelo modelo. É possível que exista dependência espacial entre as amostras e que, por isso, seja preciso aplicar técnicas de regressão espacial para melhor explicar a relação entre essas duas variáveis.

Quando se trabalha com taxas e proporções, como é o caso do índice de positividade, é preciso antes corrigir uma possível instabilidade dos dados que normalmente ocorre em áreas com populações pequenas, causada pela maior variância destes dados. Para isto foi aplicado o modelo espacial bayesiano empírico que não indicou variação no dado de proporção da doença.

A verificação da dependência espacial foi realizada através do índice de Moran nos resíduos da regressão simples, o qual é um indicador global da autocorrelação espacial e mostra como os valores estão correlacionados no espaço (DRUCK et al., 2004). O índice de Moran presta-se a testar a hipótese nula de independência espacial ($I=0$) contra a hipótese alternativa de dependência espacial ($I\neq 0$). Em outras palavras, testa se as áreas vizinhas apresentam maior semelhança quanto a variável de interesse do que o

esperado num padrão aleatório. O índice de Moran apresenta valores variando de -1 a 1, sendo que um índice de -1 a 0 significa correlação inversa, ou seja, o objeto analisado tem valor baixo e seus vizinhos apresentam valores altos ou vice-versa. Valores do índice entre 0 e 1 significa correlação direta, ou seja, o objeto analisado tem valor baixo e seus vizinhos apresentam valores baixos ou o objeto analisado tem valor alto e seus vizinhos apresentam valores altos. O valor encontrado para o índice de Moran foi de 0,2773, com p-valor de 0,001. Isto sugere correlação espacial significativa, ao menos para alguns municípios estudados. Para analisar espacialmente este resultado foi realizado agrupamento espacial, determinando cinco grupos que podem ser observados na figura 5.

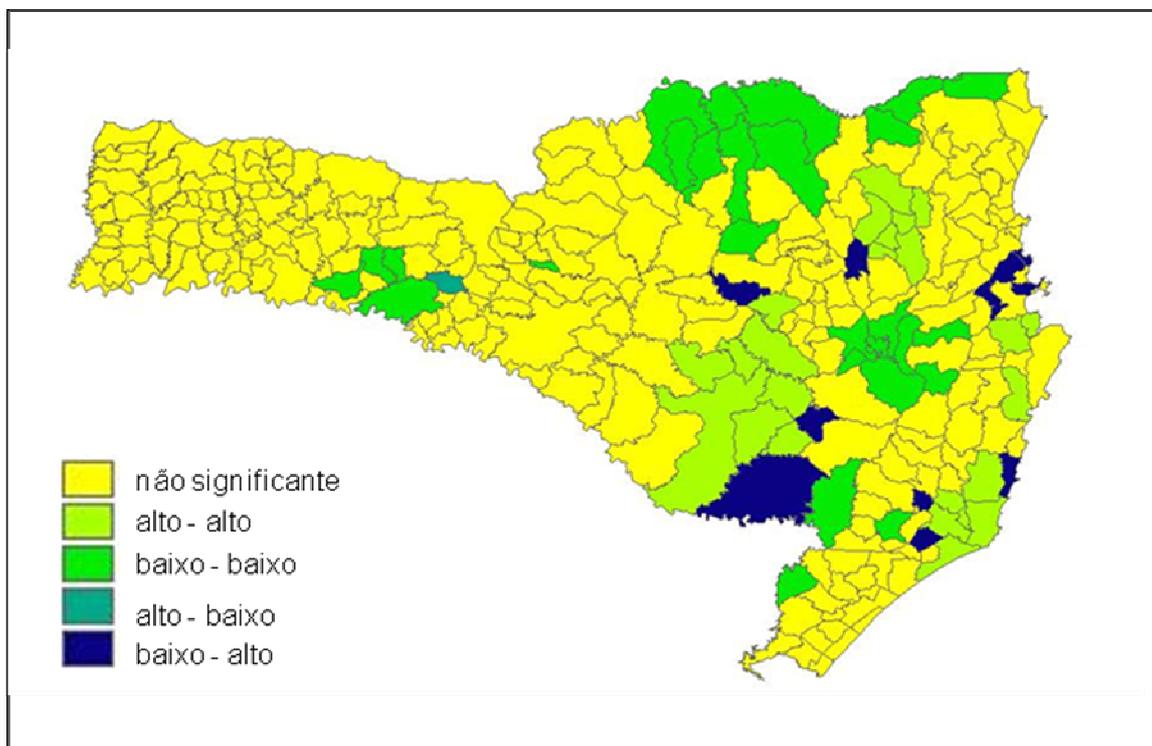


Figura 5: Mapa de espalhamento dos resíduos da regressão simples

Como é demonstrado na figura acima verificou-se a existência de autocorrelação espacial dos resíduos, com regiões formadas pelos índices alto-alto e baixo-baixo. A dependência espacial dos parâmetros mostrou a necessidade da utilização de um modelo de regressão que incorpore estes efeitos espaciais. Dessa forma, é necessário o ajuste dos dados a um modelo de regressão espacial adequado. O teste de Multiplicador Lagrange permite a escolha entre dois modelos: *spatial lag* e *spatial error*.

Primeiramente foi executado o diagnóstico LM a partir do qual se obteve o p-valor dos modelos LM-Lag e LM-error; através deste valor foi definido se os modelos tinham

ou não significância estatística. Ambos os modelos foram significantes, com isto foi necessário utilizar o p-valor do diagnóstico LM robusto; novamente, ambos os modelos foram significantes. Assim, optou-se pela aplicação dos dois modelos de regressão espacial propostos: *spatial lag* e *spatial error*.

Depois disto, foram determinados os índices de Moran para os resíduos da regressão espacial dos dois modelos. As figuras 6 e 7 demonstram os diagramas de dispersão e os valores dos índices encontrados. Ao analisar as figuras percebe-se que a correlação espacial foi considerada na regressão, e os resíduos não apresentam mais correlação espacial, o que é confirmado pelo baixo valor do índice, aproximadamente zero.

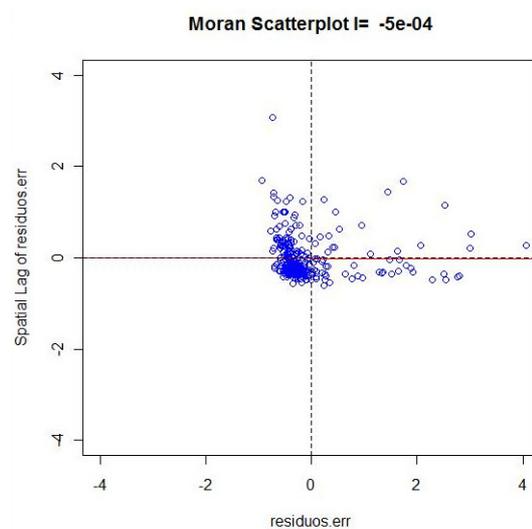


Figura 6: Gráfico de dispersão do Índice de Moran para os resíduos da regressão *Spatial Error*

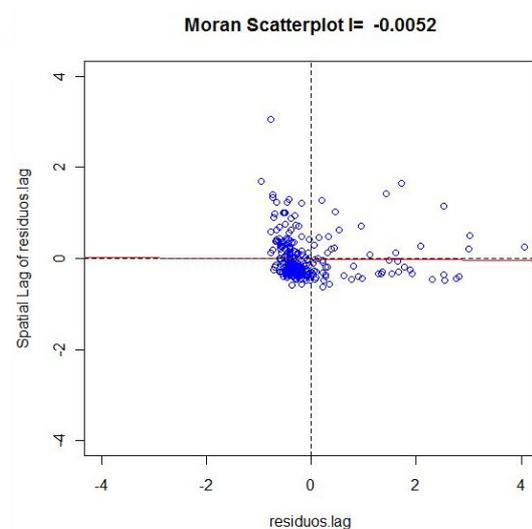


Figura 7: Gráfico de dispersão do Índice de Moran para os resíduos da regressão *Spatial Lag*

Os coeficientes de análise utilizados para comparar os resultados da regressão simples e das regressões espaciais estão apresentados na tabela 1. Embora os valores destes coeficientes indiquem ainda baixa relação entre as variáveis estudadas, houve aumento do coeficiente de determinação (R^2) e diminuição do Akaike nos modelos de regressão espaciais. O índice de Moran ao considerar os modelos de regressão com efeitos espaciais indicou a não ocorrência de dependência espacial.

A partir destas análises, o modelo de regressão que melhor explicou a relação entre o índice de positividade de fasciolose e a altitude local de cada município foi o modelo *spatial error*.

Tabela 1: Resultado das regressões simples e espaciais

	R	R²	Log veros.	Akaike
Regressão simples	0,138	0,019	-1179,189	2364,377
Spatial Lag	0,146	0,021	-1177,002	2362
Spatial Error	0,161	0,026	-1177,253	2362,5

5. Considerações finais

Foi detectada baixa, porém significativa correlação entre o índice de positividade e a altitude para o ano de 2006 na área de estudo. A regressão espacial ajudou explicar esta correlação, melhorando os coeficientes de análise. Ambos os modelos de regressão espacial aplicados foram significativamente eficientes.

6. Referências Bibliográficas

Andrade, P. R., Ribeiro Jr, P. J., Fook, K. D. Integration of Statistics and Geographic Information Systems: the R/TerraLib Case. In: **Proceedings of GeoInfo**, 2005, p. 139-151. 2005.

Bivand, R. et al. spdep: Spatial dependence: weighting schemes, statistics and models. **R package version 0.5-24**. Disponível em: <http://CRAN.R-project.org/package=spdep>. Acesso em: 15 set. 2010.

Corrêa, M.P. Epidemiologia e Saúde Pública. In: Rudorff, B.F.T.; Shimabukuro, Y.E.; Ceballos, J.C. **O Sensor Modis e suas aplicações ambientais no Brasil**. São José dos Campos: Editora Parêntese, 2007. cap. 24, p. 353-362.

Druck, S., Carvalho, M. S., Câmara, G., Monteiro, A. M. V. **Análise espacial de dados geográficos**. Planaltina, DF: EMBRAPA Cerrados, 2004. 209p.

Dutra, L.H.; Molento, M.B.; Naumann, C.R.C; Biondo, A.W.; Fortes, F.S.; Savio, D.; Malone, J.B. Mapping risk of bovine fasciolosis in the south of Brazil using Geographic Information Systems. **Veterinary Parasitology**, v. 169, p. 76-81, 2010.

Malone, J.B.; Gommès, R.; Hansen, J.; Yilma, J.M.; Slingenberg, J.; Snijders, F.; Nachtergaele, F.; Ataman, E. A geographic information system on the potential distribution and abundance of *Fasciola hepatica* and *F. gigantica* in east Africa based on Food and Agriculture Organization databases. **Veterinary Parasitology**. v. 78, p. 87-101, 1998.

McCann, C.M.; Baylis, M.; Williams, D.J.L. The development of linear regression models using environmental variables to explain the spatial distribution of *Fasciola hepatica* infection in dairy herds in England and Wales. **International Journal for Parasitology**. V. 40, p. 1021–1028, 2010.

Müller, G.; Jesus, L.P.; Paulsen, R.M.M.; Souza, C.A. Prevalência de fasciolose na região sul do Rio Grande do Sul, Brasil. In: Congresso Brasileiro de Veterinária, 1997, Gramado. **Anais...** p.186.

Neter, J., Kutner M., Wasserman, W., Nachtsheim, C. **Applied Linear Statistical Models**. McGraw Hill, 1996.

Neves, D.P. **Parasitologia Humana**. São Paulo: Atheneu, 2005. 494 p.

Silva, E.R.V; Capoani, R.Q.; Ritz, R.; Surian, C.R.S.; Neves, M.F. Fasciolose hepática. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, n. 11, 2008. Disponível em: <http://www.revista.inf.br/veterinaria11/revisao/edic-vi-n11-RL47.pdf>. Acesso em: 15 set 2010.

Urquhart, G.M.; Armour, J.; Duncan, J.L.; Dunn, A.M.; Jennings, F.W. **Veterinary Parasitology**. Scotland: Blackwell Science, 1996. 307 p.

Yilma, J.M.; Malone, J.B. A geographic information system forecast model for strategic control of fasciolosis in Ethiopia. **Veterinary Parasitology**. v. 78, p. 103-127, 1998.