

Estimação do Dano à Saúde Humana devido ao Uso do Fogo na Amazônia

Mário Jorge Cardoso de Mendonça (IPEA/RJ)

Resumo

A queimada constitui uma prática arraigada na cultura da Amazônia Brasileira. O fogo é o método mais barato para expandir as fronteiras agrícolas da Amazônia e manter as pastagens. No entanto o uso do fogo pode acarretar também efeitos negativos. Um deles é o impacto sobre a saúde da população, gerado pela fumaça liberada pelas queimadas que polui o ar. Esse trabalho teve como objetivo testar se, de fato, a prática uso do fogo tem impacto nocivo sobre a saúde humana na região. O impacto aqui é definido pelo aumento dos casos de morbidade e mortalidade por doenças respiratórias. Com o emprego de dados de painel para os municípios da região Amazônica no período 1996-99, foi possível obter uma relação econométrica consistente para o modelo de morbidade, indicando que o uso do fogo tem impacto relevante sobre a saúde da população. Infelizmente no caso da mortalidade, não foi possível obter uma relação consistente para esse modelo.

A partir do modelo de morbidade foi possível estimar o dano à saúde pelo número que ficaram doentes apenas pelo fogo. A valoração desse dano foi feita a partir do valor da disposição a pagar (DAP), uma medida que indica o quanto, as pessoas estão dispostas a pagar para não contrair a doença. Esses valores inicialmente calculados para a Europa foram ajustados para o Brasil através da utilização da função de transferência de benefícios

Palavras Chave: Amazônia, Queimada, Doenças Respiratórias, Dados de Painel e Disposição a Pagar.

Abstract

The utilization of fire is the important agricultural practice in Brazilian Amazon. The fire is the cheapest method to expand agricultural frontiers and preserve pasture. But the fire also brings negative effects. One of them is the impact on the human health that is direct consequence of the smoke liberated from the fire forest. This work test if in fact the use of fire has nocive effects on human health. The nocive effect in this work is the growth of the morbity and mortality numbers from respiratory deseases. Using the panel data methodology applied to municipal districts of Amazon in the 1996-99 we get the consistent econometric model for the morbity. This model shows that there is in fact evidence that the fire increase the health damage in Amazon. Unfortunately in the case of mortality we can not get a consistent model that relates fire to the mortality from respiratory deseases.

Using the morbity model it was possible estimate the number of cases just related to fire. We make value to this damage with values of willingness to pay (WTP) that says how much individuals desire to expend to prevent the these deseases. At first these values were calculated to the european case. Applying benefit transfer function it was possible to adjust these values to the Brazilian case.

Key Words: Amazon, Fire, Respiratory Deseases, Panel Data and Willingness to Pay.

1. Introdução.

O objetivo desse trabalho consiste em estimar e valorar o dano à saúde humana em decorrência do uso do fogo na Amazônia para o período 1996-2000. O uso do fogo como instrumento agrícola gera entre outros efeitos negativos uma forma de externalidade ao sistema econômico que se refere aos danos causados à saúde humana. Entre esses, pode-se destacar as doenças do aparelho respiratório advindas da inalação de material particulado constante da fumaça que aparece como subproduto dessa prática. Nesse caso a queimada surge como um fator que contribui para a poluição do ar, e conforme já foi demonstrado em alguns estudos, existe uma correlação positiva entre os altos índices de poluição e a incidência de moléstias dessa natureza (Ostro, 1992 e Seroa da Motta e Fernandes, 1995). Embora haja certo consenso quanto ao malefício do fogo sobre o aumento dos casos desse tipo de doença, ainda não existe uma idéia formada em relação aos tipos específicos de enfermidades do aparelho respiratório que o excesso de fumaça no ar pode causar. Essa é a principal razão pela qual os estudos que têm como objetivo a demonstração da relação entre poluição do ar e doenças respiratórias trabalham com essa última variável de forma agregada.

Ainda no que se refere à queimada, tem-se verificado um aumento acentuado da incidência de casos de doenças respiratórias nos períodos onde se utiliza mais esta prática (Nepstad *et alli*, 1999). Naturalmente, os efeitos adversos disso se traduzem, embora não observados diretamente, num aumento dos casos de mortalidade e morbidade em decorrência de doenças respiratórias. Neste caso, os custos imediatos desse processo são, respectivamente, o valor presente do produto que deixou de ser gerado devido à perda de

uma vida humana e a perda devida aos dias em que o indivíduo deixou de trabalhar (atividade restrita).

Tomando como premissa, a existência de uma relação significativa entre a poluição advinda da fumaça e doenças respiratórias, e levando-se em consideração ainda que o uso da queimada é bastante efetivo na Amazônia, é razoável afirmar que os custos decorrentes dessa prática podem ser bastante significativos.

Entretanto, para valorar esses custos é necessário se conhecer de antemão quais os números de mortalidade e de morbidade que se relacionam estritamente com o uso do fogo. A obtenção desses valores não é nada trivial pelo fato de que uma mesma enfermidade pode estar associada a várias causas. Portanto, deve ser aplicado um estudo, de natureza estatística, visando extrair o parâmetro apenas identificado com o uso do fogo. Diferentes métodos podem ser empregados para esse fim, no entanto, a idéia básica consiste na elaboração de um modelo que associa a incidência de casos de doenças com os seus fatores determinantes mais prováveis. Desse modelo podem ser individualizados os parâmetros que identificam os impactos restritos a cada uma das causas. Quanto maior o número de fatores estatisticamente relevantes para explicar o grau de surgimento dos casos de doenças, maior será a confiabilidade dos parâmetros estimados.

No que se refere à valoração monetária, ela feita para a morbidade a partir da disposição a pagar (DAP) dos indivíduos que serão afetados, para diminuir o risco de um impacto negativo à sua saúde, ou da disposição a aceitar (DAA) um pagamento compensatório caso esse impacto de fato ocorra¹. Em relação à mortalidade comumente faz uso do valor estatístico da vida que mede o quanto de renda deixou de ser gerado como

decorrência da vida humana. Deve ser levado em conta ainda para uma melhor avaliação dos custos impostos pelo processo de uso de fogo em relação à saúde humana na região Amazônica o quanto foi desembolsado no tratamento visando à recuperação dos pacientes afetados. Tendo em vista que nesse trabalho se considera apenas estatísticas obtidas através da rede pública, esses gastos devem ser considerados uma externalidade negativa.

Tendo em vista as colocações feitas acima, esse trabalho está dividido da seguinte forma. Na seção 2 são apresentadas metodologias para estimação e valoração do dano à saúde humana. É importante ter em mente que o modo de utilização das técnicas econométricas para estimar os parâmetros que aparecem na seção anterior teve levar em consideração as características inerentes aos dados obtidos. Na seção seguinte são apresentados os resultados empíricos acerca modelo desenvolvido na seção 2. No entanto para melhor entendimento acerca dos métodos empregados, é introduzida na seção 3.1 uma pequena exposição sobre a metodologia de dados de painel usada nesse trabalho. Nas seções 3.2 e 3.3 são apresentados, respectivamente, os resultados tanto da estimação como da valoração do dano físico. Na seção 4 são expostos comentários importantes acerca dos dados empregados nessa pesquisa. Por fim, na seção 5 são apresentadas as principais conclusões acerca dessa pesquisa.

2. Metodologia.

2.1. Dano Físico

¹ Técnica de valoração contingente pode ser adotada perguntando diretamente às pessoas sua disposição a pagar ou aceitar variações de risco de vida ou incidência de uma doença. Ou, ainda mais comum, observando variações de salários vis a vis variações de risco na ocupação.

No caso do dano à saúde humana, é necessário de antemão identificar casos de mortalidade e morbidade associados unicamente à incidência de fogo (acidental ou intencional). Como já mencionado, o dano à saúde que está sendo objeto de estudo é aquele relacionado apenas às doenças do aparelho respiratório. Entretanto, não é possível se conhecer diretamente o número de indivíduos que contraíram alguma dessas doenças devido somente à inalação da fumaça, pois, como qualquer outro tipo de enfermidade, ela pode apresentar várias causas.

Um procedimento clássico empregado para contornar esse tipo de problema deriva da tentativa de estimar uma relação (modelo econométrico) entre os casos de morbidade e mortalidade relacionados às doenças respiratórias e a incidência de fogo no mesmo período. Esse modelo permite associar o número de casos de mortes com possíveis variáveis explicativas, como área queimada, e variáveis sócio-econômicas importantes como população e renda. Além destas, podem também ser incluídas variáveis ligadas a fatores climáticos, locais e sazonais. Por exemplo, é razoável supor que um período de estiagem mais prolongado apareça associado a um maior índice de incidência dessas doenças na região Amazônica. Isso é devido ao fato que as queimadas são realizadas em época de estação seca, e se prolongada, aumenta consideravelmente o risco de incêndios. A existência de pólos de serrarias e uma grande extensão de estradas não pavimentadas podem contribuir ainda para o agravamento do número de casos de doenças respiratórias devido, respectivamente, à inalação de serragem e poeira num nível que pode por em risco a saúde humana.

Portanto para se determinar os números de mortalidade e morbidade é necessário perfazer dois modelos distintos, relacionando tais variáveis dependentes às possíveis

variáveis explicativas tal como colocado anteriormente. Tendo isso em vista, estima-se em no que diz respeito a morbilidade um modelo com a seguinte especificação:

$$N_i = F(S_i, Z_i) \quad (1)$$

onde:

N_i é o número de casos de internações por doenças respiratórias no município i ;

S_i é a área queimada para o município i ;

Z_i é o vetor de variáveis sócio-econômicas do município i ;

A incidência de morbilidade ocasionada somente pelo uso do fogo para os anos 1996-1998, no município i , é obtida a partir do produto entre o parâmetro estimado relativo à área de fogo total, b , e a da área de fogo total em cada ano, S_i . Formalmente, tem-se:

$$b = \frac{\partial N_i}{\partial S_i} \quad (2)$$

$$Nf_i = b \cdot S_i \quad (3)$$

Onde:

Nf_i representa o número de internações por doenças respiratórias ocasionadas pelo uso do fogo no estado i ;

b é o parâmetro que representa a variação do número de internações por doenças respiratórias em relação à área de fogo total;

S_i representa a área de fogo total no estado i entre os anos de 1996-2000.

Em relação ao vetor de variáveis explicativas, deve ser observado que os sinais obtidos para os parâmetros devem obedecer a algum critério posto *a priori*. Por exemplo, em relação à área queimada, o sinal para o parâmetro dessa variável deve ser positivo, dado que, quanto maior a área queimada, maior produção de fumaça e portanto maior a probabilidade de aparecimento de casos de doenças respiratórias.

Em relação à mortalidade, o número de ocorrências será obtido de um procedimento idêntico. Dessa forma será estimado um modelo que relaciona a mortalidade às variáveis explicativas da seguinte forma:

$$M_i = G(S_i, Z'_i) \quad (3)$$

Onde:

M_{ip} representa o número de ocorrências de mortalidade por municípios no período 1996-2000;

S_i é a área queimada para o município i ;

Z'_i é o vetor de variáveis sócio-econômicas do município i ;

A incidência de mortalidade para o período 1996-2000 é obtida exatamente da mesma forma que no caso anterior. Assim temos que:

$$Mf_i = c \cdot \Delta S_i \quad (4)$$

$$c = \frac{\partial M_i}{\partial S_i} \quad (5)$$

Onde,

Mf_i representa o número de mortes por doenças respiratórias, somente devido ao uso do fogo, no estado i ;

c é o parâmetro que representa a variação do número de doentes por doenças respiratórias em relação à área de fogo total;

S_i representa a área de fogo total no estado i entre os anos de 1996-1998 (dados do INPE);

2.2. Valor do Dano.

Para valorar a ocorrência de morbidade, calcula-se quanto um indivíduo está propenso a pagar para diminuir o risco de contrair uma enfermidade respiratória, (Pearce, 1998). Estas estimativas de disposição a pagar (DAP) foram inicialmente estimadas com base na função em valores associados à morbidade relativos à Europa (ExternE, 1998). O valor do dano a saúde (VN) é dado pelo produto da incidência de morbidade por doença respiratória devido à fumaça gerada em queimadas (Nf_i) e valor da disposição a pagar (DAP), tal que:

$$VN_i = Nf_i \times DAP_{br} \quad (6)$$

Como valores da DAP não foram estimados diretamente para o Brasil serão utilizados os valores dessa medida calculados para a Europa (ExternE, 1998), mas ajustados

para por meio da aplicação de uma técnica denominada função de transferência de benefícios. Essa função tem como argumento o diferencial de renda per capita ajustada pela paridade de poder de compra e ponderada pela elasticidade renda da demanda. Isso representa a redução marginal da disposição a pagar de um indivíduo por um certo benefício em relação à redução marginal da sua renda. O valor da DAP deve levar em consideração também fatores como a expectativa de vida e os gastos com saúde, conforme proposto por Heintz *et alli* (1996) e adotado em Seroa da Motta *et alli* (2000). Nesse caso a função de transferência de benefícios assume a seguinte forma:

$$DAP_{br} = DAP_{eu} \times (PPC_{br} / PPC_{eu})^e \times (E_{br} / E_{eu}) \times (G_{br} / G_{eu}) \quad (7)$$

Onde:

VN_i valor do dano associado a mortes por doenças respiratórias no município i ;

DAP disposição a pagar para diminuir o risco de contrair uma doença para o Brasil a partir de valores estimados para a Europa

PPC_{br} renda per capita brasileira ajustada pela paridade do poder de compra do Real.

PPC_{eu} renda per capita da Europa ajustada pela paridade do poder de compra do Euro.

e elasticidade marginal da renda no Brasil. São utilizados valores alternativos de 0,54 e 1,00.

E é a expectativa de vida na Europa e no Brasil;

G são os gastos do governo com saúde na Europa e no Brasil.

3. Aplicação.

3.1. Modelo Básico de Dados de Painei.

De modo a levar a cabo estimação do modelo apresentado na seção 2.1 será feito o uso de dados de painel que combina informação relativa a variação ao longo das unidades individuais com a variação que ocorre no tempo. Nesse sentido o modelo pode ser apresentado do seguinte modo:

$$y_{it} = \beta' x_{it} + \delta' z_i + v_{it}, \text{ para } i = 1, \dots, N; t = 1, \dots, T \quad (8)$$

Aqui y_{it} é a variável dependente representada no modelo pelo número de delitos praticados, x_{it} representa o vetor de variáveis explicativas, z_i o vetor de variáveis que somente possuem variação em i . As variáveis y e x variam tanto em i como em t . De acordo com a metodologia para dados de painel se tem ainda que $v_{it} = \alpha_i + u_{it}$, onde α_i é um termo estocástico próprio dos indivíduos onde $E(\alpha_i^2) = \sigma_\alpha^2$, enquanto que u_{it} é um distúrbio não estocástico não correlacionado com (x, α) de modo que $E(u_{it}^2) = \sigma_u^2$. Além disso ambos os termos possuem valor esperado igual a zero Assim temos que:

$$y_{it} = \beta' x_{it} + \delta' z_i + \alpha_i + u_{it}, \text{ para } i = 1, \dots, N; t = 1, \dots, T \quad (9).$$

Tendo em vista as hipóteses do modelo deve-se notar que o vetor de distúrbio v , $N \times T$, para todas as observações agrupadas foge a hipótese clássica de homocedasticidade

já que sua matriz de covariância é definida por $\Omega = \sigma_u^2 I_{N \times T} + \sigma_\alpha^2 (I_N \otimes i_T i_T')$, onde i é o vetor unitário e \otimes é o produto de Kronecker. Assumindo em (8) que α é aleatório pode ocorrer que $E(\alpha | x, z) \neq 0$ ou $E(\alpha | x, z) = 0$. No primeiro caso é possível mostrar que os coeficientes $(\beta_{GLS}, \delta_{GLS})$ obtido a partir da estimação por GLS é um estimador MELNT e consistente dos parâmetros (β, δ) . Esse estimador é conhecido na literatura como estimador de efeito aleatório. Por outro lado, quando ocorre que $E(\alpha | x, z) \neq 0$, ou seja que o efeito individual é correlacionado com as variáveis explicativas é possível obter um estimador consistente para β a partir do seguinte procedimento. Através da aplicação da matriz de desvio Q , $Q = I_{N \times T} - (I_N \otimes i_T i_T' / T)$ sobre (8) ficamos com $Q C_{it} = Q X_{it} \beta + Q u_{it}$, onde aqui o vetor de letras maiúsculas representa os dados já agrupados. A partir disso a estimação do parâmetro β por OLS que gera o estimador de efeito “fixo” b_w , onde $b_w = (X_{it}' Q X_{it})^{-1} X_{it}' Q Y_{it}$, produz um estimador consistente para β . Aqui cabe uma observação. Como assinala Johnston et Dinardi (1997) não existe na literatura de dados painel um consenso quanto ao emprego do termo efeito fixo. Muitas vezes ele é usado quando se presume que o componente individual é um parâmetro. Nesse caso cada parâmetro individual pode ser estimado a partir do estimador LSDV (Least Square Dummy Variable), que incorpora uma dummy para cada indivíduo (município). Na análise empreendida para esse trabalho se está assumindo que o componente individual é aleatório. O termo efeito fixo diz respeito apenas ao estimador b_w .

A questão de como identificar se α é correlacionado ou não com X_{it} pode ser respondida por meio da aplicação do teste de Hausman. Hausman (1978) observa que sob a hipótese nula de ortogonalidade entre α e os regressores, tanto o estimador de efeito fixo

quanto o estimador de GLS de efeito aleatório são consistentes, enquanto b_w seja ineficiente. Sob a hipótese alternativa $E(\alpha | x, z) \neq 0$, b_w é consistente enquanto o estimador GLS não apresenta essa propriedade. Portanto sob a hipótese nula os dois estimadores não devem diferir sistematicamente (Green, 1993). Deve ser observado entretanto que em contrapartida a aplicação da transformação Q em (8) elimina δ o que por sua vez não permite a estimação desse parâmetro por meio desse procedimento. Assim a estimação dos coeficientes de efeito fixo e aleatório tem como função básica indicar se existe correção entre os regressores e o componente individual. Quando não existe na matriz de variáveis explicativas regressores do tipo Z_i e todas as colunas de X_{it} são correlacionadas com α_i , o estimador b_w de efeito fixo apresenta as propriedades desejáveis de consistência e eficiência. Portanto no caso em que apenas algumas das colunas de X_{it} são correlacionadas com α_i e ainda da presença de regressores no modelo do tipo Z_i é necessário encontrar uma outra alternativa para estimar (β, δ) .

Nesse caso Hausman & Taylor (1981) sugerem estimar β a partir do seguinte procedimento. Primeiro é necessário tomar $X_{it} = (X_{it1}, X_{it2})$ e $Z_{it} = (Z_{it1}, Z_{it2})$, onde X_{it1} são as colunas de X_{it} não correlacionadas com os efeitos individuais ($\text{plim } X_{it1}\alpha = 0$) e X_{it2} são as colunas de X_{it} correlacionadas com α . O mesmo raciocínio se aplica para as colunas de Z_i onde $Z_i = (Z_{i1}, Z_{i2})$ Uma vez feita essa observação, torna-se possível explicitar o estimador HT. Primeiro aplicamos a transformação $\Omega^{-1/2}$ sobre (8) de modo que:

$$\Omega^{-1/2} C_{it} = \Omega^{-1/2} X_{it} \beta + \Omega^{-1/2} Z_{it} \delta + \Omega^{-1/2} \alpha_i + \Omega^{-1/2} u_{it} \quad (9)$$

Como ainda persiste o problema de correlação entre o efeito individual e os subconjuntos X_{it2} e Z_{i2} da matriz dos regressores, tendo em vista que essa transformação serve somente para corrigir o problema relacionado à heterocedasticidade, é necessário estimar β e δ a partir do uso de variáveis instrumentais, de modo que $b_{HT} = (X_{it}'\Omega^{-1/2}P_A\Omega^{-1/2}X_{it})^{-1}X_{it}'\Omega^{-1/2}P_A\Omega^{-1/2}C_{it}$ onde novamente P_A é a projeção ortogonal sobre os instrumentos. Esse estimador é conhecido na literatura como estimador HT. Hausman & Taylor (1981) sugerem utilizar como instrumentos o conjunto $A_i = (Q, X_{i1}, Z_{i1})$, onde P_v é a matriz de média. Breuch et alli (1986) demonstram no entanto que a matriz $A_1 = (QX_{i1}, QX_{i2}, X_{i1}, Z_{i1})$ geram o mesmo espaço projetivo que A_1 . Aqui é importante observar que para levar a cabo b_{HT} é possui estimadores consistentes de σ^2_ε e σ^2_u . Hausman & Taylor (1981) apresentam um modo simples de se obter esses estimadores.

Uma questão de suma relevância para levar a cabo o estimador HT é saber diagnosticar as partições de X_{it} e Z_i que mantém correlação com o componente individual omitido α . Essa questão será tratada na seção seguinte onde será feita a estimação do modelo para a morbidade.

3.2. Resultados Econométricos para Modelo de Morbidade.

Nessa seção são apresentadas as estimativas econométricas para o modelo de morbidade que foi introduzido pela equação (1). Esse modelo foi obtido a partir do emprego de dados de painel para os municípios da região Amazônica abrangendo o período de 1996 a 1999 seguindo a seguinte especificação. As variáveis explicativas que serão testadas nesse modelo são as seguintes: área queimada (píxeis quentes), população, índice

de atividade pecuária, valor real da produção agrícola, volume de madeira serrada e extensão de estradas não pavimentadas no município. Aqui cabe uma explicação para a utilização de cada uma delas. As demais não demonstraram ser significativas para o modelo.

Os píxeis quentes retratam a área atingida pelo fogo em cada município. Naturalmente aqui se deseja encontrar uma correlação positiva entre a variável píxeis e a incidência dos casos de morbidade devido a doenças respiratórias.

A inclusão da população como variável explicativa se encontra em acordo com outros trabalhos (Seroa da Mota e Mendes, 1995) e tem como objetivo captar a evolução espontânea dos casos de enfermidades respiratórias, além de servir como variável de escala. Novamente é esperado o sinal positivo para o coeficiente estimado dessa variável.

No caso do índice de atividade pecuária, valor real da madeira e o valor da produção agrícola, essas três variáveis aparecem como aproximações da renda do município. A explicação para isso está no fato de que, dado que renda municipal não está aferida para todo o período de análise, é necessário o uso de variáveis que a representem no modelo. O índice de atividade pecuária representa a evolução do rebanho bovino em cada município, enquanto o valor real da produção agrícola procura identificar o produto gerado pela agricultura. A idéia de incluir mais de uma variável como proxy para a renda se deve ao fato que elas podem permitir captar a evolução da renda municipal na região que tem sua base alicerçada nessas três atividades. No que se refere aos sinais dos parâmetros associados a essas variáveis, eles devem pelo menos indicar o grau de associação do uso do fogo como instrumento agrícola com da atividade. Por exemplo, uma correlação negativa entre preço da madeira e morbidade pode estar relacionada com o fato de que quanto maior o preço da madeira mais esse bem deve ser extraído da floresta. Tendo em vista que o uso

do fogo está diretamente associado a essa atividade logo vale dizer que a exploração madeireira aumenta os casos de morbidade por doenças respiratórias.

O volume de produção madeireira e a extensão de estradas não pavimentadas em cada município, podem também ter influência sobre a incidência sobre os casos de doenças respiratórias. A explicação para isso reside no fato de que a fuligem e a poeira associadas, respectivamente, a essas duas variáveis têm comprovadamente efeito adverso sobre o aparelho respiratório humano, e conseqüentemente devem apresentar correlação positiva com o número de casos de morbidade.

O Quadro 1 logo abaixo apresenta os resultados do modelo de morbidade estimado com a utilização de dados de painel. A coluna (1) ilustra a estimação do modelo por regressão simples OLS. As duas colunas seguintes apresentam os resultados da regressão para efeito aleatório e efeito fixo, respectivamente. Por fim, a coluna (4) mostra a regressão estimada a partir do estimador de Hausman & Taylor (HT). A inclusão dos resultados por OLS tem apenas o objetivo de servir como referência na análise, pois ela não leva em consideração a discriminação do efeito individual omitido. Antes de avançarmos na análise dos resultados é necessário à colocação de alguns comentários. Em nenhum dos modelos apresentados no Quadro 1 o parâmetro estimado do valor real da produção agrícola se mostrou significativo. Devido a forte correlação existente entre as variáveis estradas não pavimentadas e volume médio de produção madeireira se optou estimar a regressão com apenas uma delas de modo a evitar problema de multicolinearidade. Conforme então pode se visto pela simples inspeção do Quadro 1 as primeiras quatro variáveis de acordo com a análise da Seção 3.1 a matriz X_{it} enquanto a extensão de estradas não pavimentadas é a única variável associada a matriz Z_i .

Quadro 1. Modelo Econométrico para Morbidade

<i>Variáveis Independentes</i>	<i>OLS (1)</i>	<i>Ef. Aleatório (GLS) (2)</i>	<i>Efeito Fixo (3)</i>	<i>HT (4)</i>
<i>Pixéis Quentes (it)</i>	0,5352 (0,000)	0,2897 (0,000)	0,2919 (0,000)	0,5784 (0,000)
<i>Valor Real da Madeira (it)</i>	0,9447 (0,000)	0,4322 0,014	0,3212 0,090	0,5784 (0,000)
<i>Índice de Atividade Pecuária (it)</i>	-0,1793 (0,224)	-0,9237 (0,000)	-1,4821 (0,000)	-1,3408 (0,045)
<i>População (it)</i>	0,0071 (0,000)	0,072 (0,000)	0,0082 (0,000)	0,0071 (0,000)
<i>Estradas não Pavimentadas (i)</i>	0,8459 (0,000)	1,2657 (0,000)	–	0,9528 (0,000)
<i>Constante</i>	128,64 (0,000)	252,11 (0,000)	410,59 (0,000)	307,79 (0,000)
<i>Número de observações</i>	1044	1044	1044	1044
<i>R²</i>	0,66	0,64	0,16	–
<i>*Rho</i>	–	0,91	0,92	–
<i>Teste de Hausman</i>	–	19,08 (0,000)	–	–
Teste de Breusch-Pagan	–	1274,99 (0,000)	–	–

Como pode ser visto a partir da inspeção do Quadro 1 o teste de Hausman quase ao final da coluna (2) indica que não se deve descartar a hipótese de que o efeito individual seja correlacionado com alguma variável explicativa. Esse resultado assinala portanto que a estimação do modelo por efeito aleatório não gera estimadores consistentes para o modelo. No entanto não se pode afirmar sem uma segunda análise que o estimador de efeito fixo b_w seja o mais apropriado para o caso em questão na medida que nada garante que a correlação entre a matriz dos regressores e o efeito individual omitido ocorra para todas as colunas dessa matriz. Isso pode ser enfatizado na medida que praticamente existe alteração entre o coeficiente da variável população em ambos os modelos de efeito aleatório e fixo. A

mesma afirmação já não é válida para as outras duas variáveis de X_{it} . Esse fato parece indicar que as outras três variáveis explicativas são endógenas no modelo devido a possível correlação que existem entre elas e o componente individual omitido. Com relação a variável extensão de estradas não pavimentadas será assumido que ela é exógena.

Tendo em vista essas últimas observações de acordo com o que foi colocado na Seção 3.1 o estimador b_w não é o mais apropriado para estimar o modelo. Para tal é necessário o emprego do estimador HT. Isso é levado a cabo na coluna (4). Comparando as colunas (3) e (4) é possível observar que os coeficientes obtidos a partir desses dois estimadores mostraram certa alteração, principalmente para a variável píxel. Esse exercício serviu para mostrar que embora na maioria dos casos a diferença que aparece entre os coeficientes obtidos pelos estimadores das colunas (3) e (4) não se mostre acentuada (Cornell, 1988) isso não deve ser tomado como regra. No caso presente o coeficiente da variável píxel demonstra esse fato.

Em relação aos resultados dos coeficientes eles apresentam os sinais esperados. Conforme pode ser observado existe de fato a indicação de que o uso do fogo representado pela variável píxeis quentes exercem influência sobre a incidência de doenças respiratórias na região Amazônica. No que diz respeito aos sinais encontrados para as variáveis, índice de pecuária e valor da madeira, pode ser dito que atividades ligadas à pecuária tendem a diminuir o impacto do aparecimento de doenças respiratórias na região Amazônica enquanto que aquelas ligadas à extração madeireira acabam por acentuar o número de casos ligados a essas enfermidades. Por fim, pode ser notado a partir do exame da coluna (1) que a não consideração dos fatores específicos às unidades individuais (municípios), que é feito quando se perfaz a regressão por OLS, altera os resultados do modelo. No modelo OLS o coeficiente do índice de pecuária não é significativo e ainda o valor dos coeficientes

encontrados para as outras variáveis são bastante diferentes comparados aos outros modelos. A necessidade do uso de dados de painel para estimar o modelo é corroborada pelo teste de Breusch-Pagan cuja hipótese nula é que variância do componente individual α_i em (9) seja igual a zero. O resultado desse teste ao final da coluna dois indica claramente a presença de componente individual no modelo. A presença do componente individual é também corroborado pelo valor do coeficiente RHO que indica a proporção da variância estimada do componente individual em relação à variância estimada do distúrbio. Nos dois modelos esse valor é superior a 90% o que por sua vez indica a importância do componente individual do distúrbio.

3.3. Nota sobre o Modelo de Mortalidade.

Infelizmente em relação ao modelo para mortalidade descrito pela expressão que aparece em (4.4) não foi possível, diferentemente do que ocorre no caso da morbidade, obter nenhum resultado econometricamente consistente para esse modelo. Isso talvez seja devido ao fato que ambos modelos possuam características estatísticas marcadamente distintas. Por exemplo, é razoável a colocação de que a mortalidade em relação a certas doenças respiratórias seja um fenômeno crônico quanto ao aspecto temporal, principalmente se tratando daquelas cuja incidência é agravada pelos efeitos que decorrem da inalação da fumaça, poeira e fuligem é o caso da região amazônica. Nesse caso a obtenção de uma relação estatística consistente para o modelo somente poderia ser encontrada através de uma metodologia que levasse em consideração a relação de longo prazo entre os casos de mortalidade e os possíveis fatores que geram impacto sobre o número de casos. No entanto a verificação desse ponto não é possível no âmbito dessa pesquisa pois a base de dados para esse trabalho é bastante limitada no que diz respeito ao

horizonte temporal. Os números para área queimada somente estão disponíveis para o período de 1996 a 2000, enquanto que as informações sobre morbidade para esse intervalo somente constam entre 1996 a 1998.

Tendo em vista as colocações postas acima, como não foi possível estabelecer um modelo para a mortalidade e por conseguinte obter dele apenas os casos relacionados ao uso do fogo, o dano estimado à saúde em decorrência dessa prática irá se restringir apenas quanto aos caso de morbidade cujos números podem ser obtidos a partir do modelo estimado na seção anterior.

3.4. Projeção e Valoração do Dano à Saúde Humana.

Tendo estimado modelo econométrico para a morbidade devido a doenças respiratórias, o passo seguinte é projetar e valorar o dano à saúde devido somente ao uso do fogo na região Amazônica. No Quadro 2, logo abaixo, são apresentados os valores projetados para incidência de morbidade assim como a valoração desse dano. Os números projetados para a morbidade relacionados somente com o uso do fogo foram obtidos a partir da equação que parece na equação (3). Esses números estão postos na coluna (3) do Quadro 2. O coeficiente usado aqui tal como está definido em (5) é o coeficiente obtido a partir do estimador HT para a variável píxeis que aparece na coluna (4) do Quadro 1. Os valores usados para valorar o dano à saúde são mostrados na coluna na coluna (2) do Quadro 2. Nesse caso, têm por base a disposição a pagar estimada para a Europa (ExternE, 1998) calculados para dois valores distintos para a elasticidade marginal da renda. Por fim, a valoração do dano feita de acordo com a expressão que aparece em (7) é mostrada na última coluna do Quadro abaixo.

Quadro 2 - Valoração do dano à saúde humana / Morbidade (US\$ 1998)

Elasticidade ¹ (1)	Disposição a Pagar ² (2)	Número ³ de Casos por ano (3)	Dano Total à Saúde (4)
E=0,54	1.372	1996 – 6.424	8.813.728
		1997 – 10.462	14.353.864
		1998 – 18.247	25.034.884
		1999 – 20.204	27.719.888
		2000 - 3991	5.476.626
e=1,00	797	1996 – 6.424	4.734.488
		1997 – 10.462	7.770.494
		1998 – 18.247	13.890.039
		1999 – 20.204	14.890.348
		2000 - 3991	3.181.393

¹ Transferência de Benefícios: $VVE_{br} = VVE_{eu} \times (PPC_{br} / PPC_{eu})^e \times (E_{br} / E_{eu}) \times (G_{br} / G_{eu})$

² Serôa da Motta *et alli* (2000) – Disposição a pagar para evitar doenças respiratórias

³ Numeros obtidos com base no modelo da equação (13).

No que se refere ao gasto incorrido pelo estado em decorrência do número de internações por doenças respiratórias que ocorreram somente devido ao uso do fogo cujos valores estimados aparecem na coluna (3) do quadro acima e que poderiam ter sido evitados caso não se fizesse emprego desse instrumento, esse pode ser obtido de acordo com a expressão que aparece na expressão (10).

$$GDR_i = Nf_i \times VI_i \quad (10)$$

Onde:

GMR_i gasto com morbidade por doenças respiratórias no município i;

VI_i valor médio da internação por doença respiratória no município i.

Esses valores estão presentes no Quadro 3 logo abaixo. No caso dos gastos totais incorridos com tratamento de saúde por doenças respiratórias causadas apenas pelo uso do fogo, e que aparecem na coluna (4), eles representam em torno de 25 % do valor total dos gastos com saúde representados pela disposição a pagar, caso se leve em conta o valor ortodoxo de US\$ 797. No caso onde o valor mais alto seja considerado essa média desce ao patamar de 14 %.

Quadro 3. Desembolso Total com Internação / Morbidade (US\$ 1998).

Ano (1)	Número de Internações (2)	Gasto Médio com Internação* (3)	Gasto Total com Internação (4)	% em relação a disp. a pagar
1996	6.424	185	1.188.440	0,25
1997	10.462	173	1.809.926	0,23
1998	18.247	196	3.576.412	0,26
1999	20.204	192	3.879.168	0,26
2000	3.991	205	818.155	0,26

* Valor obtido a partir do gasto médio de internação por estado. Fonte: DATASUS.

4. Base de Dados.

Em relação aos dados sobre saúde, foram utilizados nessa pesquisa os valores anuais de casos de morbidade e gasto médio por doenças respiratórias representados respectivamente pelo número de internações e valor médio por internação. A amostra abrangeu todos os municípios da região Amazônica. Os dados ainda se referem aqueles observados pela rede pública, sendo que eles foram extraídos do DATASUS, serviço de informação do Ministério da Saúde.

A estimativa de área queimada utilizada nesse trabalho foi obtida a partir dos chamados píxeis quentes. Esses píxeis quentes representam dados de focos de fogo observados por satélite. Essas informações foram processadas pelo Wood Hole Research Center.

No que se refere aos dados de população usados nessa pesquisa, a série para esta variável teve que ser construída. Isso foi devido ao fato de não se dispor de informações anuais em nível municipal, já que essa informação está disponível somente nos períodos de censo feito pelo IBGE. O procedimento empregado nesse caso foi tomar os dados de população municipal, existentes para os anos de 1991 e 1997, e obter os demais períodos por interpolação com base numa taxa de crescimento linear, determinada pelos valores da população municipal referentes aos dois anos assinalados.

Não estando disponíveis as informações de renda municipal para o período analisado, foi testado como proxy para essa variável o valor real da produção madeireira (madeira em tora), o valor real da produção agrícola (lavoura temporária). Ainda como uma possível proxy para a renda municipal se faz uso de um índice de atividade pecuária que, por sua vez, mantém relação direta com a expansão do rebanho bovino na região. Todos esses dados foram construídos a partir das informações obtidas no sistema SIDRA, mantido pelo IBGE.

Os dados sobre estradas não pavimentadas foram gerados a partir de um trabalho conjunto feito pelo IPEA e IBGE.

5. Conclusões.

Esse trabalho teve como objeto identificar o dano à saúde humana em decorrência do uso do fogo na Amazônia no período de 1996 a 2000. Para tal foi necessário estimar os modelos que descrevem as incidências de mortalidade e morbidade devido às doenças respiratórias na região Amazônica e a partir de então detectar apenas os casos relacionados com o uso do fogo. Infelizmente no caso do modelo de mortalidade não foi possível verificar nenhuma relação consistente entre o número de óbitos por doenças respiratórias e a evolução de área queimada. No caso da morbidade foi possível estimar uma relação econométrica consistente para esse modelo a partir do emprego de dados de painel.

A partir do modelo estimado para a morbidade, pôde-se então projetar os casos de morbidade por doenças respiratórias somente relacionadas o uso do fogo na região Amazônica. A tarefa seguinte teve como objetivo a valoração. Isso foi feito tomando por base o valor da disposição a pagar. Aqui os valores calculados para o caso europeu foram convertidos a partir do uso da função de transferência de benefícios. A aplicação desse procedimento permite que valores que foram calculados para uma determinada região sejam ajustados para uma outra levando em consideração as características distintas de ambas.

Um outro ponto importante diz respeito ao fato de que os dados ainda permitiram calcular o total gasto pelo estado, representado aqui pela rede de saúde pública, no tratamento dos casos de morbidade devido somente ao uso do fogo. Sem dúvida esse valor pode contribuir para análise de qualquer política na região que tenha como objetivo o tratar o uso do fogo na Amazônia.

6. Bibliografia.

ALVES, D. e EVENSON, R. *Modelling the Impacts of Climate on Health Patterns in Brasil: A Censored Regression Analysis*. mimeo, 2000.

BALTAGI, B. H. *Econometric Analysis of Panel Data*. John Wiley & Sons, 1995.

BREUSCH, T. S., MIZON, G. E., SCHMIDT, P. 1986. "Efficient Estimation Using Panel Data" *Econometrica*, v. 57(3): 695-700.

CORNWELL, C. and RUPERT, P. 1988. *Efficient Estimation with Panel Data: an empirical comparison of instrumental variables*. *Journal of Applied Econometrics*, v. 3: 149-155

EXTERNE. *Externalities of Fuel Cycles: Economic Valuations – An Impact Valuations Approach*. <http://externe.jrc.es/publications>, 1998.

GREEE, W. *Econometric Analysis*. Prentice Hall, 1993.

HAUSMAN, J. A. *Specification Test in Econometrics*. *Econometrica*, v.46, n. 6, pp. 1251-1271, 1978.

HAUSMAN, J. A. and TAYLOR, W. *Panel Data and Unobservable Individual Effects*. *Econometrica*, v. 49, No. 6, pp. 1377-1398, 1981.

HSIAO, C. *Analysis of Panel Data*. Cambridge University Press, 1995.

HEINTZ, R. J. and TOL, R. S. J. *Secondary Benefits of Climate Control Policies Implications for the Global Environment Facility*. CSERGE Working paper GEC 96-17, London, 1996

JOHNSTON, J. and DINARDI, J. *Econometric Methods*. M^c Graw-Hill International Editions, 1997

- MARKANDYA, A. The Valuation of Health Impacts in Developing Countries. *Planejamento e Políticas Públicas*, 18, p:119-143, 1998.
- NEPSTAD, D. C., MOREIRA, A. G. e ALENCAR, A. A. *A Floresta em Chamas: Origens, Impactos e Prevenção de Fogo na Amazônia*. Brasília: Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil. 1999.
- PEARCE, D. and MORAN, D. *Economic Value of Biodiversity*. London: Earthscan Publication Limited, 1994.
- PEARCE, D. Valuing Statistical Lives. *Planejamento e Políticas Públicas*, 18, p.69-118, 1998.
- OSTRO, B. D. The Effects of IR Pollution on Work Loss and Morbidity. *Journal of Environmental Economics and Management*, 10, 1983.
- SEROA da MOTTA, R. e MENDES, A. P. Custos de Saúde Associados à Poluição do Ar no Brasil. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, 25(1), p.165-198, 1995.
- SEROA da MOTTA, R., ORTIZ, R.A. e FERREIRA, S.F. *Health and Economic Values for Mortality Cases Associated with Air Pollution in Brazil*. Expert Workshop on Assessing The Ancillary Benefits and Costs of Greenhouse Gas Mitigation Strategies, Washington, DC, 27-29, March., 2000.