

# Regulação, Mercado ou Pressão Social? Os Determinantes do Investimento Ambiental na Indústria\*

Claudio Ferraz e Ronaldo Seroa da Motta

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA)  
Av. Presidente Antonio Carlos 51, 17º andar  
Rio de Janeiro, RJ, 20020-010  
E-mail: [cferraz@ipea.gov.br](mailto:cferraz@ipea.gov.br), [seroa@ipea.gov.br](mailto:seroa@ipea.gov.br)

## Resumo

O presente trabalho utiliza dados da pesquisa da atividade econômica de São Paulo (PAEP) em conjunto com dados municipais de regulação, economia política e condições socio-econômicas, para explicar a probabilidade das unidades locais da indústria realizarem investimentos ambientais no ano de 1996. Para tal, um modelo probit é utilizado para estimar os efeitos marginais de características da firma e da regulação formal e informal. A especificação do modelo probit simples é discutida e a simultaneidade da decisão da firma e do regulador é levada em consideração estimando um modelo probit com variáveis instrumentais. Os resultados sugerem que a pressão das comunidades e outros agentes sociais afeta a regulação formal, provavelmente através de reclamações, e que indiretamente as firmas respondem a esta pressão via o regulador. Tamanho das unidades locais, produção exportada e origem do capital são também variáveis significativas para explicar o padrão do investimento ambiental.

Palavras-chave: regulação ambiental, regulação informal, investimento ambiental, probit, variáveis instrumentais, problema de seleção

## Abstract

This study is an attempt to analyze the probability of industrial firms in São Paulo to undertake environmental investments utilizing a database from the 1996 economic industrial survey PAEP together with economic and social of the location where production units are located. To carry this on, a probit model is employed to estimate marginal effects of firm's characteristics and formal and informal regulation. Taking into account simultaneity of decisions between firms and regulator, instrumented variables are used. Results suggest informal regulation act indirectly on firm's decisions on investment through regulators. Size, export-orientation and origin of capital are also significant variables explaining the environmental investment pattern.

Key words: environmental regulation, informal regulation, environmental investment, probit, instrumented variables, selection problems

JEL: Q13

Área ANPEC: 05

---

\* Agradecemos o apoio da Fundação SEADE.

## 1. Introdução

A gestão ambiental na indústria brasileira ganhou espaço durante a última década. Um maior número de empresas contam hoje em dia com uma unidade ambiental e a importância dada por essas empresas às certificações do tipo ISO 14.000 também cresceu substancialmente. Os resultados de uma pesquisa realizada pela CNI (1998) indicam que aproximadamente 85% das médias e grandes empresas adotam algum tipo de gestão ambiental.

O processo de preocupação empresarial com o meio ambiente não é único no Brasil e é uma consequência de diversas modificações nos incentivos criados para o controle da poluição. Por um lado, alguns mercados internacionais discriminam produtos intensivos em poluição e premiam os produtos “verdes”. Por outro lado, a crescente internacionalização da economia brasileira através da entrada de novas empresas e processos de fusões e aquisições introduziu modificações no comportamento dos empresários, especialmente aqueles que tem que prestar contas em países onde a regulação ambiental é mais estrita. Além disso, a consciência ambiental da população também se modificou e a vigilância comunitária aumentou graças aos processos de difusão de conhecimento, educação ambiental e surgimento de organizações não-governamentais de meio ambiente. A regulação formal ampliou-se e a informatização dos órgãos reguladores facilitou a tarefa de controle da poluição, o que foi complementado pela introdução de novas leis como a lei de crimes ambientais.

Apesar de todas essas modificações institucionais, sociais e econômicas, investir para a melhoria do meio ambiente ainda não pode ser considerada como uma estratégia primordial para a maioria das empresas. Mesmo com a melhoria de sistemas de regulação, a probabilidade de detecção de uma violação ambiental e de aplicação de sanções ainda é relativamente baixa, especialmente para as firmas pequenas. Por isso, existe um debate sobre os melhores instrumentos de política de gestão ambiental e os incentivos que podem ser criados pelo governo.

Neste contexto, a idéia de regulação informal ganhou importância durante os últimos anos. O trabalho *Greening Industry* do Banco Mundial resume grande parte deste novo paradigma enaltecendo a idéia que comunidades precisam somente de informação e poder de barganha para convencer as firmas a controlarem emissões de poluentes. O paradigma defendido em World Bank (1999) é que através de barganha, no melhor estilo “Coaseano”, grande parte dos problemas ambientais urbanos poderia ser resolvido, sempre e quando o problema de informação assimétrica sobre a gravidade da poluição fosse removido. Se isto for verdade, parte dos recursos investidos em regulação formal, fiscalização, monitoramento, multas, poderiam ser investidos de outra forma. Assim, torna-se importante para a implementação de políticas ambientais eficientes, investigar se a pressão da regulação informal realmente influencia as decisões das firmas.

A literatura afirma que um grande número de empresas adota cuidados e realiza investimentos ambientais mesmo com penalidades limitadas e pouca regulação formal (Harrington, 1988). Se visto desde um contexto estático, isto pode parecer um paradoxo. O modelo tradicional de crime proposto inicialmente por Becker (1968) determina que um agente econômico decide estar ou não dentro da lei comparando o custo marginal de estar dentro da lei com o custo marginal de estar fora da lei (probabilidade esperada de ser identificado multiplicada pela multa). No entanto, um simples modelo dinâmico de teoria

de jogos pode servir para explicar esta aparente contradição. Se o fato de ser identificado burlando a legislação ambiental tem conseqüências definitivas (entrar para uma lista negra por exemplo) aumentando a probabilidade de monitoramento para sempre, a decisão de aumentar o atendimento a legislação torna-se racional. Existe uma extensa literatura resumida em Cohen (1998) que utiliza modelos teóricos para explicar a racionalidade de firmas para cooperar com o regulador e do regulador para monitorar as firmas.

Diversos trabalhos empíricos testam a relação entre os níveis de emissões de plantas industriais e fiscalização ambiental (Magat e Viscusi, 1990; Gray e Deily, 1996; Laplante e Rilstone, 1996, Helland, 1998; Gray e Shadbegian, 2000). No entanto, Magat e Viscusi (1990) e Laplante e Rilstone (1996) discutem a endogeneidade da fiscalização ambiental numa regressão que busca explicar os níveis de poluição de uma planta. Laplante e Rilstone (1996) utilizam fiscalização esperada como um instrumento para variável fiscalização para tentar resolver o problema de endogeneidade.

Além da regulação formal, a idéia de regulação informal através de pressão da comunidade tem sido descrita na literatura e testada empiricamente (Pargal e Wheeler, 1996; Blackman e Bannister, 1998; Dion, Lanoie, Laplante, 1998; Schatzki e Panayotou, 1998; Dasgupta, Hettige e Wheeler, 2000).

Neste trabalho partimos, entretanto, de um modelo positivo onde assumimos que o regulador está preocupado não só em cumprir o seu papel, mas está preocupado em agradar o governo através de votos futuros. Desta forma fatores como a proporção de empregos na indústria local torna-se um fator determinante para a decisão geográfica de regulação.

Sendo assim, nosso trabalho, na linha dos trabalhos citados anteriormente, tenta identificar quais são os determinantes de investimento ambiental utilizando como base a pesquisa da atividade econômica paulista (PAEP) e variáveis em nível municipal. Além das variáveis tradicionais utilizadas em outros trabalhos, este trabalho inclui uma variáveis de economia política e de organização coletiva. Utilizamos dados de proporção de votos para deputados em partidos de plataforma ambiental e o número de ONGs ambientais por município.<sup>1</sup>

Pelas hipóteses adotadas neste trabalho, dois tipos de empresas podem estar fazendo investimento em meio ambiente: aquelas que poderiam ser consideradas ambientalmente corretas, que buscam exportar, agradar seus consumidores “verdes” e acreditam que através da inovação e controle da degradação ambiental existe um ganho de competitividade; e aquelas que não são limpas, e assim não acreditam nestes ganhos de competitividade, mas que sofrem pressão de regulação formal e informal e estariam tentando diminuir suas emissões de poluentes.

Para evitar problemas de endogeneidade, controlamos pelo fato da empresa ter feito inovação tecnológica voltada para o meio ambiente entre 1994-1996 e pelo fato dela ter utilizado técnicas de melhoria de meio ambiente em 1994. Dada a característica dicotômica da variável investimento ambiental, estimamos um modelo probit para explicar os determinantes da probabilidade de investimento ambiental. No entanto, dois problemas adicionais são tratados buscando identificar os parâmetros da nossa análise da formas mais consistente possível. Primeiro tratamos o problema de censura da nossa amostra que poderia induzir um problema de seleção viesando os coeficientes estimados. Um modelo de

---

<sup>1</sup> Outro modelo que inclui uma variável de economia política é Gray e Shadbegian (2000). Porém, a variável utilizada consiste em proporção de votos feita por congressistas em favor de questões ambientais.

seleção de Heckman é estimado e comparado com os resultados do probit com amostra censurada.

Segundo, um problema conhecido na literatura é a simultaneidade da decisão da firma de realizar investimento ambiental para reduzir emissões e a decisão de fiscalização do regulador. Buscamos identificar os parâmetros estimados através de um modelo probit com variáveis instrumentais utilizando o estimador “Amemiya’s generalized least square (AGLS)”.

## 2. Dados

A principal fonte de dados utilizada neste estudo é a Pesquisa de Atividade Econômica Paulista (PAEP) executada pela Fundação SEADE que tem como referência o ano de 1996. A PAEP foi desenhada tendo como base o cadastro da pesquisa censitária do IBGE e a Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) de 1995. Nosso interesse se centra na parte de indústria da PAEP. O universo da PAEP industrial inclui empresas com cinco ou mais pessoas ocupadas nos 21 setores industriais considerados de acordo com a classificação CNAE e inclui empresas que tinham pelo menos uma unidade local produtiva no estado de São Paulo em 1996.<sup>2</sup>

As empresas da população de referência foram divididas em dois estratos utilizando os mesmos critérios estabelecidos pela Pesquisa Censo Cadastro do IBGE. O estrato certo inclui empresas com 30 ou mais pessoas ocupadas e o estrato aleatório abrange as empresas com sede no estado de São Paulo que possuem de 5 a 29 pessoas ocupadas. O universo da PAEP segundo a pesquisa do IBGE de 1995 inclui 47.959 empresas no setor indústria sendo 12.476 no estrato certo e 35.483 no estrato aleatório.

O levantamento teve um caráter censitário para as 25.772 empresas do estrato certo. A pesquisa do estrato aleatório foi feita dividindo as empresas segundo a atividade (21 atividades para o setor indústria) e a localização da sede (região metropolitana e interior). Dentro de cada subdomínio foi feita uma amostra aleatória sistemática com estratificação por localidade, código de atividade (4 dígitos) e porte para cada categoria. O estrato aleatório totalizou 8.337 empresas. Para o setor indústria, que é o setor que nos interessa, o estrato certo totalizou 12.475 empresas e o estrato aleatório 4.834 empresas<sup>3</sup>

Dado o interesse de explicar o investimento ambiental em função de características da unidade produtiva e da localização, optamos por utilizar dados da unidade local (UL), o que poderia ser cruzado com dados de localização geográfica. A nossa amostra inicial na indústria, após a retirada pelo SEADE de questionários não aproveitados, é de 15.359 unidades locais. Porém, as variáveis de interesse relacionadas com o investimento em meio ambiente foram perguntadas somente para a empresa e não para as unidades locais. Uma alternativa para esta discordância seria assumir que todas as plantas pertencentes a uma empresa que faz investimento ambiental também fazem investimento ambiental. Porém, esta hipótese seria contrária ao que queremos estudar, o efeito das variáveis locais.

Optamos por utilizar na nossa amostra somente as unidades locais de empresas que são unilocalizadas e unidades locais de empresas que não são unilocalizadas, mas que mantêm somente uma unidade local produtiva. Assim, foram descartadas da nossa amostra

---

<sup>2</sup> Para uma descrição metodológica mais detalhada, ver SEADE (1999a).

<sup>3</sup> Ver SEADE (1999b) para uma descrição do plano amostral da pesquisa.

todas as unidades locais de empresas que tem mais de uma unidade local produtiva. Além disso, na amostra de indústria estão incluídas unidades locais não industriais de empresas que tem uma atividade principal industrial. Estas unidades locais também foram excluídas da nossa análise. Desta forma as unidades selecionadas para nossa análise econométrica consistem em UL produtivas industriais (total de 11.554) com as quais estimamos um modelo probit utilizando somente aquelas que pertencem a empresas com uma unidade local produtiva industrial, o que corresponde a 10.070 unidades ou 87% das UL produtivas industriais.

A variável de investimento ambiental utilizada (variável dependente nas regressões) foi construída juntando as respostas três perguntas: (i) Houve ocorrência de investimento em substituição de insumos contaminantes para redução de problemas ambientais causados pela atividade da empresa? (ii) Houve ocorrência de investimento em mudanças no processo de produção para redução de problemas ambientais causados pela atividade da empresa? (ii) Houve ocorrência de investimento em reutilização ou tratamento de resíduos para redução de problemas ambientais causados pela atividade da empresa?

Se uma empresa respondeu sim a *pelo menos uma* das três perguntas anteriores, esta empresa teve atribuído um valor de 1 na variável investimento ambiental, caso contrário um valor de 0 foi computado. Das 10.070 unidades locais, 23,62% fizeram algum tipo de investimento ambiental enquanto 76,38% afirmaram não ter feito nenhum tipo de investimento ambiental.

Para explicar a probabilidade de fazer investimento ambiental foram escolhidas variáveis relacionadas com o tamanho da unidade local (economia de escala e visibilidade), uma dummy de origem do capital (estrangeiro=1) (multinacionais por trazerem tecnologia de fora de países com regulação mais estrita e sócios e gerentes estrangeiros podem ser mais sensíveis a passivos ambientais e à possível degradação da imagem), exportação (hipótese de que mercados em alguns países da OECD tem preferência por produtos vindos de lugares menos poluentes), idade da empresas (empresas mais antigas tem que se renovar mais suas tecnologias), dummy para setores considerados verdes e marrons em relação aos setores considerados vermelhos (setores mais intensivos em poluição tenderão a ter que fazer mais investimento), uma dummy com requisito de escolaridade para contratação (empresas que tem requisitos de contratação com alta escolaridade são mais intensivas em tecnologia e tenderão a fazer mais investimento ambiental).

Os dados da PAEP foram combinados com dados em nível municipal provenientes de outras fontes (IBGE, TSE, CETESB, PMU). Utilizamos códigos municipais para cruzar dados das unidades locais com dados municipais. Por tanto, as informações municipais são constantes para todas as UL pertencentes a um mesmo município. As variáveis coletadas no nível municipal podem ser divididas em três grupos.

O primeiro grupo está composto por variáveis que estão relacionadas com o nível de pressão e regulação executado pela CETESB em um determinado município. Neste sentido foram coletados dados de multas e advertências (1993 a 1995) e número de postos da CETESB existentes em cada município.

O segundo grupo de variáveis servem de controle para entender a importância da indústria no município. Estas variáveis são utilizadas para explicar advertências na estimação por dois estágios. Esperamos que o número de multas e advertências aumente com o número de estabelecimentos da indústria, com o número de distritos industriais, existentes no município, com a proporção de empregos ocupados na indústria, com a

participação da indústria do município no valor adicionado do estado (importância econômica relativa do município) e proporção da população urbana.

Terceiro incluímos as variáveis que aproximam a pressão informal. Utilizamos uma variável de economia política que é a proporção de votos do município para deputado estadual que foram para partido verde e a proporção de votos para deputado federal que foram para o partido verde e o candidato Fabio Feldman nas eleições de 1994. Incluímos o número de ONGs ambientais por município existentes em 1995, nível de escolaridade e renda do município em 1991.

Além das variáveis previamente mencionadas, incluímos duas variáveis de controle disponíveis na PAEP. Uma dummy=1 se a empresa realizou inovação tecnológica entre 1994 e 1996 e teve o meio ambiente como um fator importante (aqui criamos uma dummy colocando 1 para quem respondeu de 3(importante) a 5(crucial)). Um dummy=1 se a empresa respondeu sim à pergunta: “*classifique a situação da empresa frente aos programas/ técnicas/ métodos voltados para o aumento da qualidade e produtividade. Melhoria de métodos produtivos para defesa do meio ambiente, utilizava em 1994?*”.

O objetivo da inclusão destas duas variáveis é conseguir identificar os determinantes que levam as empresas a fazerem um maior investimento ambiental. Assim, queremos controlar pelo fato de uma empresa estar fazendo inovação tecnológica e por isso não estar investindo diretamente em meio ambiente. Além disso, também queremos controlar pelo fato da empresa ter utilizado métodos produtivos para defesa do meio ambiente em 1994.

### **3. Modelo**

O modelo teórico utilizado como referência para este trabalho é Andrew e Keeler (1994). O modelo assume uma interação estratégica entre as firmas e o órgão regulador, gerando um equilíbrio em um jogo de líder-seguidor. O presente trabalho toma como pano de fundo um modelo de escolhas simultâneas (quantidade de poluição, quantidade de regulação e quantidade de reclamação) e propõe um modelo econométrico onde estas relações possam ser estimadas. A simultaneidade entre as decisões de quanto poluir e quanto regular gera a necessidade de um modelo econométrico que inclua relações firma/regulador e vice-versa. O papel da comunidade pode ocorrer através de uma barganha direta com a firma ou somente através de reclamações ao órgão regulador. O tipo de comportamento da comunidade será testado através do modelo.

#### **3.1 Um Modelo Probit Básico**

Assumimos que cada firma  $i$  observa suas características e forma expectativas em relação ao mercado, à atuação do órgão regulador e da comunidade e decide realizar um montante de investimento ambiental  $I_i$ . O investimento ambiental consiste tanto na manutenção do equipamento necessário para controlar as emissões de poluentes como em novos investimentos e utilização de novas técnicas, processos ou uso de insumos menos poluentes. A firma decidirá investir no meio ambiente se o benefício marginal deste investimento for igual ao seu custo marginal, alternativamente, podemos dizer que se o benefício líquido do investimento ambiental for positivo, observamos um investimento positivo.

O nosso modelo econométrico busca explicar os determinantes do investimento ambiental e pode ser descrito como:

$$(1) \quad I_i^* = X_i\beta + R_i\delta + C_i\gamma + \varepsilon_i,$$

Onde  $X_i$  é um vetor de características da firma e da unidade local,  $R_i$  é uma variável que indica o nível de regulação que a firma observa e  $C_i$  é um vetor de variáveis geográficas e socioeconômicas que aproximam a possível pressão da sociedade civil.

Na base de dados utilizada, não observamos a variável latente investimento  $I_i^*$ , somente observamos a decisão de fazer ou não investimento ambiental. Para cada firma  $i$ , a variável observada investimento ( $I_i$ ), está relacionada com  $I_i^*$  da seguinte forma:  $I_i=1$  quando a firma fez investimento ambiental e  $I_i=0$  quando não faz. A probabilidade de investimento ambiental da  $i$ -ésima firma está dada por:

$$(2) \quad \begin{aligned} \Pr[I_i = 1] &= \Pr[\beta'X_i + \delta'R_i + \gamma'C_i + \varepsilon_i > 0] = F[\beta'X_i + \delta'R_i + \gamma'C_i] \\ &= \Phi[\beta'X_i + \delta'R_i + \gamma'C_i] \end{aligned}$$

onde assumimos que  $\varepsilon \sim N(0,1)$  e portanto a função  $F(.)$  é a função de densidade acumulada de uma normal.

A estimação do modelo Probit gerado pela expressão (2) inclui os grupos de variáveis descritos anteriormente junto com três variáveis de controle. Primeiro controlamos pelo setor industrial da unidade local. Esperaríamos que setores que são naturalmente mais poluentes tenham uma maior probabilidade de fazer investimento ambiental. Além disso, tentamos controlar pelo fato de uma empresa já ter adotado procedimentos de gestão anteriormente e por tanto quanto perguntada pela PAEP em 1996, ela responda que não fez investimento ambiental. Para isso, duas variáveis são utilizadas: a primeira variável controla pelo fato de em 1994 a empresa ter introduzido técnicas e procedimentos ambientais e a segunda variável controla pelo fato da empresa ter feito inovação tecnológica entre 1994 e 1996 com motivação ambiental.

Os resultados do modelo Probit básico são apresentados na Tabela 1. Conforme descrito anteriormente, utilizamos três grupos de variáveis. Um primeiro grupo representa as características da firma, um segundo grupo que aproximam a regulação e um terceiro grupo que está relacionado com a regulação informal (votos e ONGs) e pressão da comunidade (renda e educação).

Todas as variáveis incluídas no modelo são significativas em 1%, exceto o requisito de escolaridade que é significativa no nível de 5%. Os resultados obtidos são interessantes e confirmam uma serie de hipóteses. Primeiro que tamanho determina de forma positiva a probabilidade da unidade local realizar investimento ambiental. Unidades locais que pertencem a empresa com capital estrangeiro e capital estrangeiro/nacional também têm aproximadamente 0,09% a mais de probabilidade de fazer investimento ambiental. As variáveis de controle investimento em processo em 1994 e inovação tecnológica motivada por meio ambiente são ambas significativas. Já a unidade local que fez inovação tem 0,05% a mais probabilidade de fazer investimento ambiental, enquanto as unidades locais que

fizeram mudança no processo em busca de maior produtividade e competitividade em 1994 têm uma probabilidade 17% maior de fazer investimento ambiental em 1996.

Firmas mais antigas tem maior probabilidade de fazer investimento ambiental. Por cada ano adicional de antiguidade, esta probabilidade aumenta em 0,002%. Conforme esperado pela teoria de demanda de produtos ambientalmente corretos em países desenvolvidos, uma maior proporção de exportação sobre vendas aumenta a probabilidade de investimento ambiental.

As “dummies” verde e marrom indicam que unidades locais que pertencem aos setores classificados em estas categorias tem respectivamente 0,05% e 0,06% probabilidade de fazer menor investimento ambiental. Por último, a variável que representa a regulação formal no município ou a percepção da regulação é significativa com um sinal positivo. Unidades locais que estão localizadas em municípios onde o regulador (CETESB) distribuiu mais advertências por unidades locais tem uma maior probabilidade de fazer investimentos ambientais. Por outro lado as variáveis indicadoras de pressão informal não foram significativas, inclusive as de votos verdes, ONGs e renda.

**Tabela 1**

**Estimação do modelo Probit de investimento Ambiental**

Variáveis independentes	(1)		(2)	
	Efeito Marginal Coeficiente	Erro padrão	Efeito Marginal Coeficiente	Erro padrão
PO atividade principal	0,0001	0,0000*	0,0001	0,0000**
Origem do capital estrangeiro (Sim=1)	0,0987	0,0237*	0,1007	0,0249**
Origem do capital nac./estrangeiro (Sim=1)	0,0913	0,0320*	0,0899	0,0335**
Mudança capital (Sim=1)	---	---	-0,0186	0,0482
Inovação meio ambiente 94-96 (Sim=1)	0,0493	0,0026*	0,0496	0,0027**
Idade da firma	0,0020	0,0003*	0,0020	0,0003**
Processo e gestão ambiental em 1994 (Sim=1)	0,1786	0,0094*	0,1812	0,0097**
Unilocalizada (Sim=1)	---	---	-0,0052	0,0117
Proporção exportação/vendas	0,0018	0,0005*	0,0016	0,0005**
Requisito de escolaridade para contratação (Sim=1)	0,0193	0,0090*	0,0192	0,0093*
Setor verde (Sim=1)	-0,0485	0,0113*	-0,0482	0,0118**
Setor Marrom (Sim=1)	-0,0596	0,0103*	-0,0557	0,0107**
Advertência por estabelecimento	0,5347	0,1015*	0,1749	0,0360**
% chefes fam. renda > 5 s.m.	---	---	-0,0005	0,0004
% Votos dep. estadual PV	---	---	-0,2035	0,8793
ONGs amb per capita	---	---	53,7085	477,2159
Constante	-0,3818	0,0119*	-0,3549	0,0257
Log Likelihood	-4519,42		-4303,80	
Classificados corretamente	78,7 %		79,3 %	
McKelvey and Zavoina's R <sup>2</sup>	0,23		0,24	



Variável dependente: fez investimento ambiental =1, não fez investimento ambiental=0. Número de observações 9.794 para o primeiro modelo e 9267 para o segundo modelo. Erro padrão estimado robusto utilizando o método de White. Efeitos marginais calculados nas médias das variáveis independentes.

### 3.2 Problema de Seleção

Conforme explicado na Seção 2, a variável investimento ambiental está disponível somente no nível da firma e dado o nosso interesse na unidade local fomos obrigados a utilizar somente 85% da amostra disponível. Isto não seria um problema se essa amostra tivesse sido escolhida de forma aleatória. Porém, existe a possibilidade da decisão de ter mais de uma unidade local produtiva estar relacionada com o fato desta empresa fazer ou não investimento ambiental. Neste caso, os coeficientes estimados pelo modelo probit simples estariam viesados e seria necessário utilizar algum método para corrigir este problema.

Uma solução clássica para este problema está na utilização do modelo de seleção de Heckman. O modelo de Heckman trata o problema de seleção como um problema de especificação utilizando um estimador de máxima verossimilhança (ou método de dois estágios) para controlar pela má especificação. Num primeiro estágio estimamos um modelo probit que determina a probabilidade de uma empresa ter uma ou mais de uma unidade local industrial produtiva. Determinamos assim a probabilidade da observação estar na amostra censurada. Formalmente, dado o modelo de investimento latente descrito na equação ( 1), adicionamos o fato da variável investimento ambiental ser observada somente para as plantas que pertencem a empresas com uma unidade industrial produtiva. Assumindo que as variáveis explicativas podem ser agrupadas em  $x$ , o modelo probit estimado acima pode ser descrito como:

$$I_i^p = 1 \quad \text{se} \quad x_i \beta + \varepsilon_i > 0$$

No entanto, fazendo a censura observamos a variável investimento da firma  $i$  somente quando:

$$I_i^s = 1 \quad \text{se} \quad z_i \gamma + u_i > 0$$

onde  $z$  é um vetor de características da firma que explicam a probabilidade de existirem uma ou várias unidades locais produtivas,  $\varepsilon \sim N(0,1)$ ,  $u \sim N(0,1)$  e  $\text{corr}(\varepsilon, u) = \rho$ . Se  $\rho \neq 0$ , os parâmetros estimados acima pelo modelo probit estarão viesados.

Para que o modelo esteja identificado, precisamos incluir pelo menos uma variável no primeiro estágio que não faça parte da estimação do segundo estágio. Como dispomos de uma serie de variáveis no nível da firma que podem explicar a escolha de manter mais de uma unidade produtiva, resolvemos utilizar uma serie de variáveis. Além das variáveis origem do capital e idade utilizadas anteriormente, foram utilizadas também dummies indicando se houve aumento da escala de produção durante o período 94-96, se foram instaladas novas unidades entre 94-96 e se a sede da empresa está dentro do estado de São Paulo. Incluíram-se as variáveis contínuas: proporção da venda exportada sobre receita total e investimento total efetuado.

O resultado deste modelo está descrito na Tabela 2. Exceto pela dummy origem do capital nacional/estrangeiro, todas as variáveis são significativas e tem o sinal esperado. A

variável dependente neste caso é uma dummy que indica 1 se a variável está na nossa amostra, ou seja, se ela tem somente uma unidade local produtiva e zero se tem mais de uma.

Observamos pelos resultados que unidades locais pertencentes a empresas que tiveram aumento de escala e instalaram nova planta de 1994 a 1996 tem menor probabilidade de ter somente uma planta. Firms com origem do capital estrangeiro também têm menor probabilidade de ter somente uma planta assim como empresas com sede fora de São Paulo. Empresas com maior proporção de exportações sobre vendas, mais antigas e com maior nível de investimento tem menor probabilidade de ter somente uma planta.

**Tabela 2**

**Estimação do modelo Heckman Probit de investimento Ambiental**

Variável dependente: investimento ambiental (Sim=1)	Probit controlando seleção		Probit sem controle seleção	
	Coefficiente	Erro padrão	Coefficiente	Erro padrão
Variáveis independentes				
PO atividade principal	0,0004	0,0001**	0,0005	0,0001**
Origem do capital estrangeiro (Sim=1)	0,3468	0,0855**	0,3503	0,0840**
Origem do capital nac./estrangeiro (Sim=1)	0,3266	0,1135**	0,3241	0,1135**
Inovação meio ambiente 94-96 (Sim=1)	0,1746	0,0092**	0,1748	0,0092**
Idade da firma	0,0066	0,0012**	0,0070	0,0011**
Processo e gestão ambiental em 1994 (Sim=1)	0,6342	0,0332**	0,6337	0,0331**
Proporção exportação/vendas	0,0061	0,0017**	0,0063	0,0016**
Requisito de escolaridade para contratação (Sim=1)	0,0664	0,0318*	0,0685	0,0318*
Setor verde (Sim=1)	-0,1767	0,0402**	-0,1721	0,0401**
Setor Marrom (Sim=1)	-0,2126	0,0367**	-0,2114	0,0366**
Advertência por estabelecimento	1,8899	0,3608**	1,8974	0,3598**
Constante	-1,3523	0,0457**	-1,3546	0,0457
Variável dependente: somente uma planta industrial (Sim=1)				
Aumento de escala 94-96 (Sim=1)	-0,1502	0,0378**		
Instalação de nova planta 94-96 (Sim=1)	-1,4130	0,0493**		
Origem do capital estrangeiro (Sim=1)	-0,4680	0,0848**		
Origem do capital nac./estrangeiro (Sim=1)	0,1723	0,1446		
Localização sede fora São Paulo (Sim=1)	-0,8334	0,1860**		
Proporção exportação/vendas	-0,0089	0,0014**		
Idade	-0,0210	0,0012**		
Investimento	-1.03e-08	5.28e-09*		
Constante	2,9242	0,1945		
Rho	0,0584	0,0881		
Wald test of rho=0	chi2(1) = 0,44 Pr > chi2=0,51			
Log likelihood	-7453,3			

Número de observações do modelo completo: 11049. Número de observações do modelo consurado: 9766. \* Variável significativa ao 5% e \*\* variável significativa ao 1%.

Na terceira e quarta coluna replicamos os coeficientes estimados através do modelo probit anterior. Observamos que todos os coeficientes são bastante parecidos. O ganho de eficiência obtido de estimar o modelo controlando pelo problema de seleção pode ser testado através do teste de Wald do coeficiente rho. Como seria esperado pela similaridade dos coeficientes estimados, não podemos rejeitar a hipótese de correlação zero entre os resíduos das duas equações (probit e seleção) o que indica que os coeficientes estimados originalmente pelo modelo probit são válidos.

### 3.3 Um Modelo Probit com Simultaneidade

As estimações do modelo probit apresentadas nas seções anteriores não incorporam a possibilidade do investimento ambiental e das advertências serem determinadas de forma simultânea. Este ponto já foi levantado previamente por Magat e Viscusi (1990), Laplante e Rilstone (1996). A existência de simultaneidade cria uma correlação entre a variável de regulação e o termo de erro, provocando uma estimação inconsistente dos coeficientes do modelo.

Um estimador consistente para os parâmetros do modelo foi proposto por Lee (1981). Estimando um primeiro estágio através de MQO, é possível obter estimações consistentes dos parâmetros de forma que se possa estimar uma forma reduzida no segundo estágio através de um Probit, com uma função de verossimilhança ligeiramente modificada. Apesar deste estimador ser consistente, ele não é eficiente. Amemiya (1978) mostra que o estimador que utiliza os valores estimados é ineficiente quando comparado com o Amemiya's Generalised Least Square (AGLS), apresentado no anexo.

Neste trabalho utilizamos o AGLS aplicado ao caso de um modelo Probit com uma variável dependente endógena, derivado em Rivers and Vuong (1988), Newey (1987) e Maddala (1983). Intuitivamente, a idéia do estimador AGLS é de utilizar um passo a mais que o estimador em dois estágios fazendo uma ponderação por uma matriz de variância e covariância.

Na Tabela 3 apresentamos os resultados do modelo com variáveis instrumentais. Nas notas apresentamos um resumo do modelo utilizado no primeiro estágio onde o número de advertências é explicado pela proporção de população urbana, renda, ONGs ambientais, proporção de votos no PV, proporção de emprego industrial, número de distritos industriais e número de postos da CETESB. Todas as variáveis mencionadas anteriormente são significativas e seus coeficientes, assim como o  $R^2$  ajustado, encontram-se nas notas da Tabela 3.

O coeficiente da variável endógena, advertências, aumenta significativamente quando controlamos pela simultaneidade, passando de 1,89 para 3,72. Conforme podemos observar comparando os coeficientes nas duas colunas da Tabela 3, todas as demais variáveis continuam com coeficientes bastante similares, não havendo alterações significativas. Porém, se acreditamos na endogeneidade da variável advertência, o estimador AGLS permite identificar este parâmetro mostrando que sua importância para explicar a probabilidade de investimento ambiental é maior do que originalmente comprovada. Além disso, vemos que as variáveis de comunidade como votos, ONGs e renda explicam as advertências, o que sugere uma relação entre regulação formal e informal bastante diferente do que já foi mostrado para outros países em desenvolvimento. Nossos resultados sugerem que a regulação informal é importante, mas no sentido de pressionar a regulação formal a adotar medidas contra empresas poluidoras.

**Tabela 3****Estimação do modelo Probit de investimento Ambiental com variáveis instrumentais**

Variáveis independentes	Probit		Probit com VI	
	Coefficiente	Erro padrão	Coefficiente	Erro padrão
Advertência por estabelecimento 1995	1,8974	0,3637**	3,7245	0,7976**
PO atividade principal	0,0005	0,0001**	0,0004	0,0001**
Origem do capital estrangeiro (Sim=1)	0,3503	0,0830**	0,3436	0,0832**
Origem do capital nac./estrangeiro (Sim=1)	0,3241	0,1130**	0,3025	0,1135**
Inovação meio ambiente 94-96 (Sim=1)	0,1748	0,0090**	0,1744	0,0090**
Idade da firma	0,0070	0,0011**	0,0072	0,0011**
Processo e gestão ambiental em 1994 (Sim=1)	0,6337	0,0325**	0,6299	0,0326**
Proporção exportação/vendas	0,0063	0,0017**	0,0063	0,0017**
Requisito de escolaridade para contratação (Sim=1)	0,0685	0,0317*	0,0657	0,0318*
Setor verde (Sim=1)	-0,1721	0,0404**	-0,1636	0,0407**
Setor Marrom (Sim=1)	-0,2114	0,0369**	-0,2016	0,0372**
Constante	-1,3546	0,0466**	-1,4597	0,0623**

Variável dependente: fez investimento ambiental =1, não fez investimento ambiental=0. Erro padrão estimado robusto utilizando o método de White. Efeitos marginais calculados nas médias das variáveis independentes. \*Variável significativa ao 5% e \*\* variável significativa ao 1%. Número de observações: 9794. Modelo utilizado no primeiro estágio: 0,91\*proporção da população urbana – 0,007\*renda + 131\*pong + 0,283\*proporção votos PV dep. est. + 0,067\* proporção emprego industrial -0,01\*número distritos industriais -0,004\* postos Cetesb. R<sup>2</sup> ajustado de 0,28 e F(7, 10059) = 516.

**Conclusão**

Desde o trabalho de Pargal e Wheeler (1996), diversos autores têm enfatizado a importância da regulação informal feita através da pressão das comunidades. Neste contexto, diversos trabalhos discutem se o dinheiro gasto com regulação informal não seria mais produtivo se fosse orientado para a disseminação de informação e programas alternativos como o programa de categorização de poluidores da Indonésia.

Buscamos utilizar a base de dados da PAEP em conjunto com dados em nível municipal para testar os determinantes do investimento ambiental na indústria. Além de um modelo probit tradicional foi estimado um modelo de seleção para testar a robustez dos resultados em relação a um possível problema de seleção gerado pela censura da amostra. Os resultados encontrados vão de acordo com a literatura, plantas com um maior número de trabalhadores tem uma maior probabilidade de fazer investimento ambiental, assim como empresas mais antigas e empresas com capital estrangeiro. Comprovando a tese de que empresas que exportam se beneficiam com algum tipo de diferenciação do produto “verde”, plantas com maior proporção de exportação sobre vendas têm uma maior probabilidade de

fazer investimento ambiental. Igualmente, os setores considerados mais poluentes têm uma maior probabilidade de fazer investimento ambiental.

Em relação aos fatores externos à firma, somente se mostraram significativos fatores associados à regulação formal. O número de advertências, tanto no probit simples quanto no probit com variáveis instrumentais, foi altamente significativo enquanto os fatores associados com regulação informal, votos, número de ONGs e renda não foram significativos para explicar o comportamento da firma. No entanto estes fatores explicaram de forma significativa a quantidade de advertências feitas, sugerindo que para o caso brasileiro a organização local e pressão da comunidade não são realizadas de forma direta sobre a firma, mas utilizando reclamações aos órgãos reguladores.

Este resultado é bastante diferente a outros resultados encontrados em países em desenvolvimento onde a regulação informal parece ser um dos principais fatores regulando a poluição. No entanto, é importante mencionar que em São Paulo a agência regulatória é considerada bastante eficiente em controlar a poluição industrial gerando advertências e multas para empresas que não cumprem a lei. Esta poderia ser a explicação para a falta de importância da regulação informal. No entanto, esta conclusão ainda é preliminar dado o nível agregado dos dados de ONGs e as proxies agregadas de pressão da comunidade.

## Referências

- AMEMIYA, T, (1978), “The estimation of a simultaneous equation generalized probit model”, *Econometrica* 46, 1193-1205,
- BECKER, G, (1968), “Crime and punishment: an economic approach,” *Journal of Political Economy*, vol, 76, pag, 169-217,
- BLACKMAN, A., BANNISTER, G,J, (1998), “Community pressure and clean technology in the informal sector: an econometric analysis of the adoption of propane by traditional Mexican brickmakers,” *Journal of Environmental Economics and Management*, vol, 35, pag, 1-21,
- COHEN, M, (1998), “Monitoring and enforcement of environmental policy” em Tietenberg e Folmer (eds), *International Yearbook of Environmental and Resource Economics*, Volume III, Edward Elgar,
- CNI (1998), *Pesquisa gestão ambiental na indústria brasileira*, BNDES/CNI/SEBRAE,
- DASGUPTA, S., HETTIGE, H., WHEELER, D, (2000), “What improves environmental performance ? evidence from the Mexican industry,” *Journal of Environmental Economics and Management*
- DION, C., LANOIE, P., LAPLANTE, B, (1998), “Monitoring of pollution regulation: do local conditions matter ?” *Journal of Regulatory Economics*, vol, 13, pag, 5-18,
- FOULON, J., LANOIE, P., LAPLANTE, B, (1999), “Incentives for pollution control: regulation and/or information?,” Mimeo, World Bank,

GRAY, W,B., DEILY, M,E, (1996), “Compliance and enforcement: air pollution regulation in the U,S, steel industry,” *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol, 31, pag,96-111,

GRAY, W,B., SHADBEGIAN, R,J, (2000), “When is enforcement effective or necessary?” Paper presented in the NBER environmental economics workshop, August 2000,

HARRINGTON, W, (1988), “Enforcement leverage when penalties are restricted,” *Journal of Public Economics* vol 37, pag, 29-53,

HELLAND, E, (1998), “The enforcement of pollution control laws: inspections, violations and self-reporting,” *The Review of Economics and Statistics*,

HETTIGE, H, *ET ALL*, (1996), “Determinants of pollution abatement in developing countries: evidence from South and Southeast Asia,” *World Development*, Vol, 24 (12), pag, 1891-1904,

LAPLANTE, B,, RILSTONE, P, (1996), “Environmental inspections and emissions of the pulp and paper industry in Quebec,” *Journal of Environmental Economics and Management*, vol,31, pag, 19-36,

LEE, L,F, (1981), “Simultaneous equations models with discrete and censored variables” em C,F, Manski e D, McFadden, eds,, *Structural Analysis of Discrete data with Econometric Applicatios*, MIT Press, Cambridge, MA,

PARGAL, S, WHEELER, D, (1996), “Informal regulation of industrial pollution in developing countries: evidence from Indonesia,” *Journal of Political Economy*, Vol, 104 (6),

SEADE (1999a), *PAEP- registros metodológicos*, Mimeo, Seade: São Paulo,

SEADE (1999b), *Plano amostral da pesquisa da atividade econômica paulista*, Mimeo, Seade: São Paulo,

TIETEMBERG, T,, WHEELER, D, (1998), “Empowering the community: information strategies for pollution control,” Paper presented in Frontiers of Environmental Economics Conference, Airlie House, Virginia,

WORLD BANK (1999), *Greening the industry: new roles for communities, markets and governments*, Oxford University Press,

## **Anexo A: Estimador AGLS**

A apresentação do modelo de AGLS segue Rivers e Vuong (1988). O modelo está composto de uma equação estrutural e uma serie de equações em forma reduzida para as variáveis explicativas exógenas:

$$(A 1) \quad y_i^* = Y_i \gamma + X_{ii} \beta + u_i$$

$$(A 2) \quad Y_i = \Pi X_i + V_i$$

onde  $X_{ii} = J X_i$  e  $J$  é a matriz de seleção apropriada. Somente observamos para a variável latente  $y_i^*$  a seguinte distribuição:

$$y_i = 1 \quad \text{se } y_i^* > 0 \\ y_i = 0 \quad \text{se } y_i^* < 0$$

e assumimos que  $u$  e  $V$  tem uma distribuição normal com média zero e uma matriz de covariância  $\Omega$  positiva definida.

Se escrevemos (A 1) na forma reduzida temos que:

$$(A 3) \quad y_i^* = (\Pi X_i) \gamma + X_i \beta + u_i + V_i \gamma.$$

Amemiya (1978) propõe a estimação de (A 3) sem a imposição de qualquer restrição maximizando

$$L_n^*(\tau_*) = \sum_{i=1}^n y_i \log \Phi(X_i \tau_*) + (1 - y_i) \log [1 - \Phi(X_i \tau_*)],$$

em relação à  $\tau_*$ . Posteriormente, os valores estimados na amostra de  $\tau_*$  e  $\hat{\Pi}$  geram

$$(A 4) \quad \hat{\tau}_* = \hat{H} \begin{bmatrix} \gamma_* \\ \beta_* \end{bmatrix} + e \quad \text{onde } \hat{H} = (\hat{\Pi}, J) \text{ e } e = (\hat{\tau}_* - \tau_*) - (\hat{\Pi} - \Pi) \gamma_*.$$

Se aplicamos MQO a (A 4) obtemos estimadores consistentes dos parâmetros de interesse  $\gamma$  e  $\beta$ . Porém, o estimador de Amemiya pondera este estimador por uma matriz de variância e covariância obtida de forma consistente ( $\hat{V}$ ), gerando um estimador de mínimos quadrados generalizados. Podemos então definir o estimador de Amemiya como:

$$(A 5) \quad \begin{bmatrix} \hat{\gamma}_*^A \\ \hat{\beta}_*^A \end{bmatrix} = (\hat{H} \hat{V} \hat{H})^{-1} \hat{H} \hat{V}^{-1} \hat{\tau}_*$$

## Anexo B: Definições das dummies setoriais

### Setores mais poluentes:

Indústria Extrativa"  
Prepar. e Confec. de Artef. de Couro  
Fabric. de Celulose e Papel"  
Fab. e Ref. Petróleo, Álcool"  
Fabricação de Produtos Químicos"  
Fab. Prod. Mineriais Não-Metálicos"  
Metalurgia Básica"

### Setores intermediários (dummy marrom)

Fabricação de Alimentos e Bebidas"  
Fabricação de Produtos Têxteis"  
Confec. de Vestuários e Acessórios"  
Fab. Prod. Metal (Excl. Maq. e Eq.)"  
Fab. de Máquinas e Equipamentos"  
Fab. e Montagem de Veículos Automotores, Reboques e Carrocerias"  
Fab. Outros Equip. de Transp."

### Setores relativamente mais limpos (dummy verde)

Edição, Impressão, Reprod. de Grav."  
Fabricação de Artigos de Borracha e Plásticos "  
Fab. de Maq. Escritório e Equipamentos de Informática"  
Fab. de Maq, Ap. e Mat. Elétrico"  
Fab. Mat. Eletrônico e Aparelhos e Equipamentos de Comunicações"  
Fab. Equip. Méd. Ótica e Relógios, Instr. precisão, Automação Industrial"  
Outras Indústrias"

## Anexo C: Definições das perguntas utilizadas da PAEP

Tema: Meio Ambiente

<b>E97IO005 - INVESTIMENTO-SUBSTIT. INSUMOS CONTAMINAN.</b>	Ind-
<b>Conceito:</b> OCORRÊNCIA DE INVESTIMENTO EM SUBSTITUIÇÃO DE INSUMOS CONTAMINANTES PARA REDUÇÃO DE PROBLEMAS AMBIENTAIS CAUSADOS PELA ATIVIDADE DA EMPRESA.	

Tema: Meio Ambiente

<b>E97IO006 - INVESTIMENTO-MUDANÇAS PROCESSO PRODUÇÃO</b>	Ind-
<b>Conceito:</b> OCORRÊNCIA DE INVESTIMENTO EM MUDANÇAS NO PROCESSO DE PRODUÇÃO PARA REDUÇÃO DE PROBLEMAS AMBIENTAIS CAUSADOS PELA ATIVIDADE DA EMPRESA.	

Tema: Meio Ambiente

<b>E97IO007 - INVESTIMENTO-REUTILIZAÇÃO/TRAT. RESÍDUOS</b>	Ind-
<b>Conceito:</b> OCORRÊNCIA DE INVESTIMENTO EM REUTILIZAÇÃO OU TRATAMENTO DE RESÍDUOS PARA REDUÇÃO DE PROBLEMAS AMBIENTAIS CAUSADOS PELA ATIVIDADE DA EMPRESA.	



**Tema:**Automação e Inovações tecnológicas

<b>E971A031 - FATOR INOV,-MEIO AMBIENTE (94-96)</b>	Ind-
<b>Obtenção:</b> F031	
<b>Conceito:</b> FATORES QUE MOTIVARAM A EMPRESA A INOVAR, NO PERÍODO DE 1994 À 1996 - PRESERVAÇÃO DO MEIO AMBIENTE: indica o grau de importância da estratégia de preservação do meio ambiente como fator de motivação para a empresa inovar, Se: - INDIFERENTE; - POUCO IMPORTANTE; - IMPORTANTE; - MUITO IMPORTANTE; - CRUCIAL; - NÃO SE APLICA, caso não tenha ocorrido inovação tecnológica no período de 94 a 96, ou este tipo de fonte para desenvolvimento de atividades inovadoras não se aplique à empresa,	

**Tema:**Estratégias de Gestão da Produção

<b>E971G100 - PROGR,/TÉC,-MELHORIA P/DEF,MEIO AMB(94)</b>	Ind-
<b>Obtenção:</b> F100	
<b>Conceito:</b> UTILIZAÇÃO DE PROGRAMAS,TÉCNICAS E/OU MÉTODOS PARA AUMENTO DE QUALIDADE E PRODUTIVIDADE, EM 1994 - MELHORIA DE MÉTODOS PRODUTIVOS PARA DEFESA DO MEIO AMBIENTE,	