

# Inovação ambiental e seu efeito sobre a produtividade industrial no Brasil

José Féres (IPEA e FGV/EPGE)

Maria Alice F. dos Santos (UFV)

# Inovação e produtividade

- Determinantes da inovação
  - Inovação induzida (*demand pull*): Hicks (1963), Hayami e Ruttan (1971)
  - Oportunidade tecnológica (*technology push*): Cohen e Levinthal (1989)
  - Teoria evolucionária: Nelson e Winter (1982), Dosi (1984)
- Efeitos da inovação sobre produtividade
  - Griliches (1979)

# Inovação ambiental

- Regulação ambiental como mecanismo de incentivo à inovação
  - Alteração dos preços relativos dos recursos ambientais/correção de externalidades
- Competitividade e meio ambiente: a hipótese de Porter
  - Porter e Linde (1995): inexistência de trade-off entre preservação ambiental e competitividade
  - Regulação ambiental pode induzir inovações que reduzem custos e aumentam competitividade/lucratividade das firmas

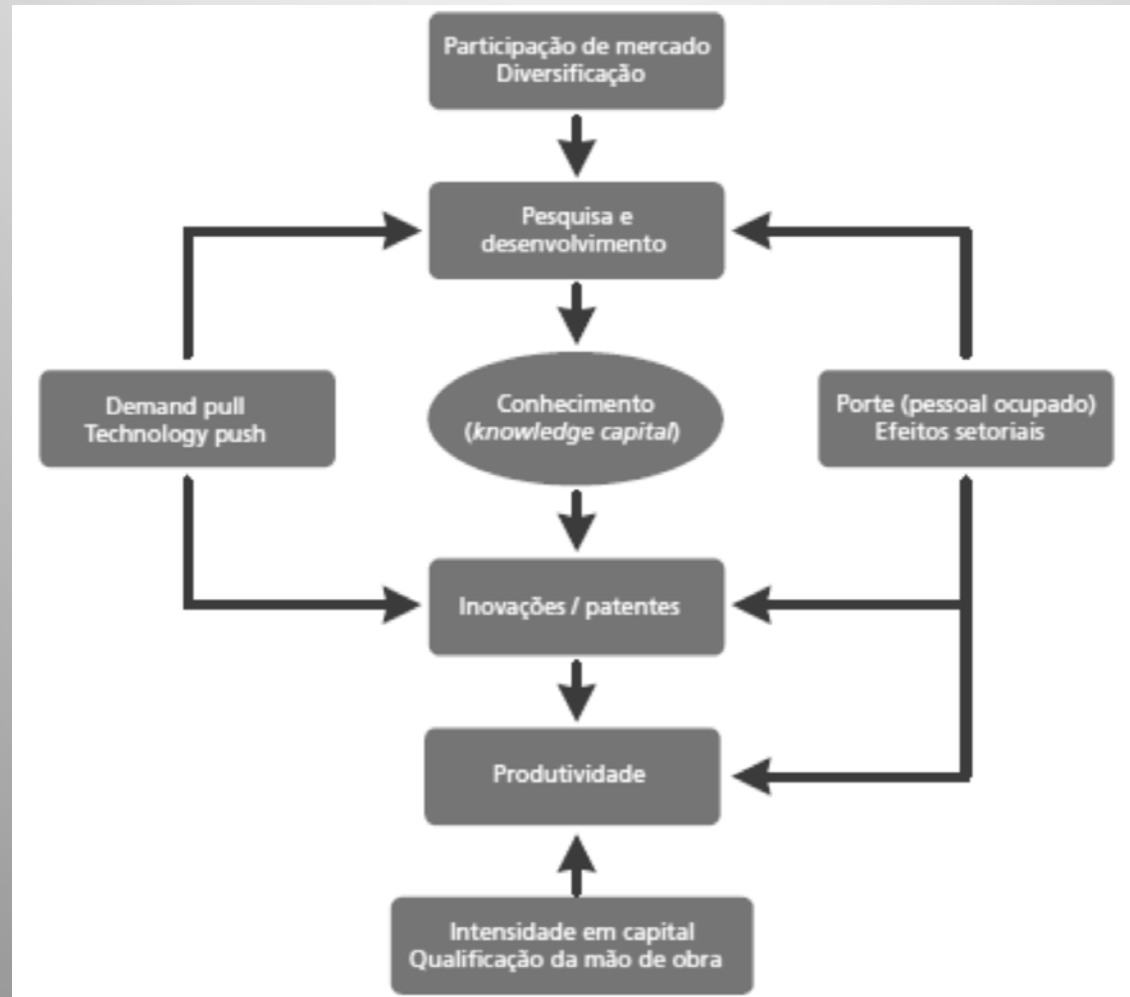
# Objetivos do estudo

- Analisar os determinantes da adoção da inovação ambiental e os efeitos destas inovações sobre a produtividade na indústria de transformação brasileira
- Perguntas de investigação
  - Quais fatores determinam a decisão quanto aos gastos com atividades inovadoras?
  - O que leva uma firma a realizar uma inovação ambiental? Há distinções entre os determinantes da inovação ambiental e da inovação convencional?
  - Qual o impacto da inovação sobre a produtividade?

# Metodologia

- Abordagem CDM: Crépon, Duguet e Mairesse (1998)
- Primeira etapa: análise das decisões de gastos em atividades inovativas (i.e. intensidade do esforço de inovação)
- Segunda etapa: avaliação dos determinantes da inovação ambiental
- Terceira etapa: análise da relação entre inovação ambiental e produtividade

# Modelo CDM: referencial analítico



# Etapa 1: determinantes dos gastos com atividades relacionadas a inovação

- Gastos com atividades relacionadas à inovação: Manual de Oslo
  - Gastos próprios em P&D
  - Aquisição externa de P&D
  - Compra de software para mentação de novos produtos e processos
  - Treinamento e aquisição de máquinas para implementação de novos produtos e processos
  
  - Foco na difusão da inovação
  - Limitação: não capta processos informais de aprendizagem
- Viés de seleção: características não observadas podem afetar tanto o nível de gastos quanto à própria decisão de se investir nas atividades relacionadas à inovação
  - Modelo de Heckman

# Etapa 1: determinantes dos gastos com atividades relacionadas a inovação

- Equação de seleção:

$$DI_{it} = \delta_0 + \delta_1 \ln PO_{it} + \delta_2 \ln Mkt_{it} + \delta_3 \text{Controle}_{it} + \delta_4 UNFs_{it} + \delta_5 \text{Intec}_{it} + \delta_6 \text{Região}_{it} + \varepsilon_{it}$$

Equação de gastos em atividades relacionadas à inovação:

$$\begin{aligned} \ln G_{it} &= \beta_0 + \beta_1 \ln PO_{it} + \beta_2 \ln Mkt_{it} + \beta_3 \text{Compet}_{it} + \beta_4 \text{Capcontr}_{it} \\ &+ \beta_5 \text{Ap\_Gov}_{it} + \beta_6 \text{Quali}_{it} + \beta_7 \text{Coop}_{it} + \beta_8 \text{Intec}_{it} \\ &+ \beta_9 \text{Região}_{it} + \lambda_{it} + e_{it} \end{aligned}$$



# Etapa 2: determinantes da inovação ambiental

- Inovação ambiental: definição
- Conceito amplo (fraco): qualquer processo que implique em redução do consumo de recursos naturais ou geração de resíduos
  - Foco no desempenho ambiental
  - Inovação ambiental como subproduto de inovação
- Conceito restrito (forte): inovação com intenção primeira de minimização do impacto ambiental
  - Implantação específica de técnicas de gestão ambiental

# Etapa 2: determinantes da inovação ambiental

- Existem heterogeneidades nos determinantes da inovação ambiental em relação à inovação convencional?
- Modelo probit bivariado

$$Y_{1it}^* = X_{it}\beta_i + \alpha_i + \mu_{1it}$$

$$Y_{1it} = 1 \text{ se } Y_{1it}^* > 0; Y_{1it} = 0 \text{ caso contrário} \quad (20)$$

$$Y_{2it}^* = X_{it}\beta_i + \alpha_i + \mu_{2it}$$

$$Y_{2it} = 1 \text{ se } Y_{2it}^* > 0; Y_{2it} = 0 \text{ caso contrário} \quad (21)$$

onde  $Y_1$  inovação ambiental

$Y_2$  inovação convencional

# Etapa 3: determinantes da produtividade

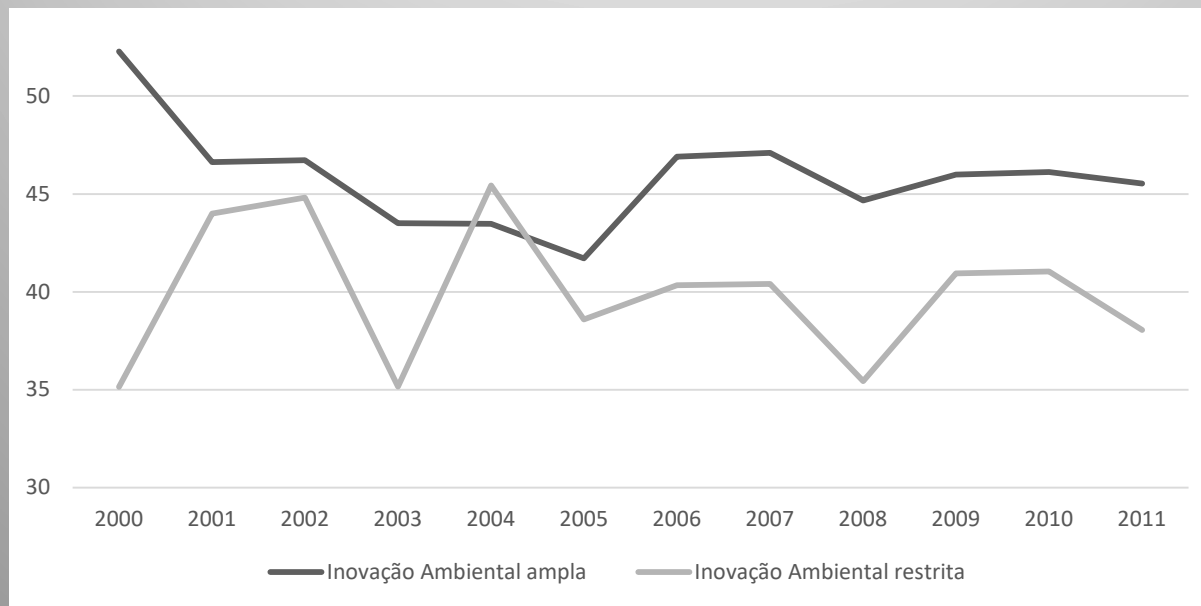
- Especificação básica

$$PT_{it} = \widehat{IA}_{it} \delta + X_{4it} \beta_4 + \alpha_i + v_{it}$$

onde  $\widehat{IA}_{it}$  é a probabilidade de realizar inovação ambiental (estimada na segunda etapa)

# Base de dados: estatísticas descritivas

- Microdados PINTEC (2000, 2003, 2005, 2008, 2011) e PIA (2001-2011)



**Figura 3** – Percentual das firmas da indústria de transformação que realizaram inovações ambientais ampla e restrita no período 2000 – 2011

Fonte: Elaboração própria com base na PINTEC 2000-2011.

# Estatísticas descritivas (cont.)

**Tabela 1** – Estatísticas Descritivas: Variáveis binárias no período de 2000 a 2011

Variáveis Binárias	Amostra por Intensidade Tecnológica				
	Amostra Total (%)	Baixa (%)	Média-Baixa (%)	Média-Alta (%)	Alta (%)
Atividades Inovativas	32,89	30,53	32,12	37,68	44,76
Regulação Ambiental	19,85	23,34	30,32	34,33	36,98
Universidades	10,67	40,78	23,30	25,20	10,72
Controle e gerenciamento	8,82	48,80	25,03	22,74	3,42
Competitividade Internacional	7,15	5,50	5,83	4,25	4,94
Capital Controlador	10,41	5,98	8,85	22,47	23,51
Exportação	36,33	30,99	23,80	31,22	39,73
Arranjo Cooperativo	12,07	45,30	27,50	22,31	4,89
Qualidade da mão de obra	19,38	14,67	15,55	53,20	16,26
Apoio do Governo	4,99	53,48	25,04	18,42	3,05
Informação com a Cadeia					
Produtiva	24,05	21,37	22,35	31,33	32,45
Região Norte	3,73	3,63	4,18	3,92	3,89
Região Nordeste	9,40	9,46	10,07	9,15	9,53
Região Sudeste	56,85	57,26	55,52	57,15	52,33
Região Sul	26,65	25,91	26,39	26,33	30,00
Região Centro-Oeste	3,37	3,74	3,84	3,46	4,26
Observações	83993	19247	9567	9836	4957

Fonte: Elaboração própria a partir das bases citadas no Quadro 1.

# Estatísticas descritivas (cont.)

**Tabela 2** – Estatística Descritiva: variáveis contínuas – Médias no período de 2000 a 2011

Variáveis Contínuas	Amostra	Amostra por Intensidade Tecnológica			
		Baixa	Média-Baixa	Média-Alta	Alta
	<b>Total</b>				
Gasto com Atividades Inovativas*	1428,8	4644,5	8060,0	11248,4	16841,9
Pessoal Ocupado	330,69	477,86	500,95	351,90	322,89
Market share (%)	0,04	0,04	0,32	0,31	0,06
Capital por Trabalhador (em log)	10,03	14,97	15,04	15,74	15,88
Consumo de matérias primas por trabalhador (em log)	10,55	10,31	10,47	10,98	11,07
Produtividade do Trabalho (em log)	10,50	10,20	10,58	10,89	11,06
Observações	83993	19247	9567	9836	4957

Nota: \*Em milhões de Reais.

Fonte: Elaboração própria a partir das bases citadas no Quadro 1.

# Resultados: etapa 1

```
heckman lnGAI lnPO lnMkt compet capital incent_gov quali coop_inova i.setor i.regiao, select(lnPO lnMkt controle_gerenciam UNFs_gov i.setor i.regiao) twostep vce(boot)
```

Variável	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Dependente: <i>lnG</i>	Geral	Baixa	Média-baixa	Média-alta	Alta
<b>Intensidade</b>					
ln(nº empregados)	0,321*** (0,013)	0,263*** (0,021)	0,281*** (0,025)	0,391*** (0,028)	0,317*** (0,034)
ln(market share)	0,199*** (0,008)	0,163*** (0,010)	0,201*** (0,026)	0,290*** (0,025)	0,217*** (0,025)
D_exportação	0,165** (0,037)	0,347*** (0,051)	-0,134 (0,093)	0,307*** (0,079)	-0,063 (0,130)
D_knacional	-0,240*** (0,022)	-0,259*** (0,041)	-0,216*** (0,049)	-0,136*** (0,042)	-0,249*** (0,055)
D_P&Dgoverno	0,860*** (0,034)	0,753*** (0,061)	0,879*** (0,080)	0,906*** (0,063)	0,743*** (0,084)
D_qual_mdoamb	4,084*** (0,036)	3,907*** (0,037)	4,184*** (0,050)	4,211*** (0,044)	4,175*** (0,061)
D_P&Dcooper.	0,633*** (0,024)	0,728*** (0,039)	0,508*** (0,053)	0,492*** (0,048)	0,774*** (0,063)
Média-baixa	0,091*** (0,025)	-	-	-	-
Média-alta	0,507*** (0,035)	-	-	-	-
Alta	0,723*** (0,046)	-	-	-	-

# Resultados: etapa 1 (cont.)

Variável	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Dependente: Decisão em investir em atividades inovativas	Geral	Baixa	Média-baixa	Média-alta	Alta
<b>Seleção</b>					
ln(nº empregados)	0,153*** (0,004)	0,173*** (0,005)	0,0736*** (0,0105)	0,144*** (0,011)	0,149*** (0,016)
ln(market share)	0,069*** (0,003)	0,033*** (0,004)	0,133*** (0,008)	0,118*** (0,008)	0,108*** (0,011)
D_processosISO	0,270*** (0,017)	0,340*** (0,028)	0,244*** (0,032)	0,165*** (0,034)	0,236*** (0,046)
D_universidades	1,673*** (0,076)	1,830*** (0,142)	1,551*** (0,143)	1,521*** (0,140)	1,693*** (0,201)
Média-baixa	0,057*** (0,011)	-	-	-	-
Média-alta	0,395*** (0,013)	-	-	-	-
Alta	0,570*** (0,018)	-	-	-	-
$\rho$	0,092***	0,161***	0,113***	0,517***	0,369***
$\lambda$	0,182***	0,322***	0,223***	1,096***	0,737***
$\sigma$	1,978***	2,017***	1,973***	2,119***	1,995***
$\chi^2$	42732***	14299***	8445***	11722***	3484***
Nº de Obs.	83993	41145	19859	15816	7173
Censuradas	40757	22062	10390	6066	2239
Não censuradas	43236	19083	9469	9750	4934



# Resultados: etapa 2 (conceito restrito)

```

xtprobit Inovadora lnGAIhat lnPO.incent_gov coop_inova REG controle_gerenciam tecnicas_gestao i.cnae2 i.setor i.regiao, re vce(boot, rep(100))
outreg2 using "Modelos_econometricos.xls", append e(all)
margins, dydx(*) post predict(pu0)
outreg2 using "Modelos_econometricos.xls", append e(all)
    
```

Tabela 7 – Estimações: Inovação Ambiental restrita – *Probit*

Variável	Efeito Marginal				
	(1) Geral	(2) Baixa	(3) Média-baixa	(4) Média-alta	(5) Alta
Dependente: IA					
$\ln \hat{G}$	0,016*** (0,001)	0,019*** (0,002)	0,016*** (0,003)	0,018*** (0,003)	0,008** (0,004)
$\ln(\text{n}^\circ \text{ emp.})$	0,018*** (0,003)	0,017** (0,003)	0,006 (0,005)	0,027*** (0,005)	0,045*** (0,007)
D_reg_ambiental	0,230*** (0,005)	0,220*** (0,007)	0,223*** (0,011)	0,228*** (0,009)	0,251*** (0,014)
D_cooperativas	0,054*** (0,005)	0,044*** (0,009)	0,065*** (0,012)	0,079*** (0,012)	0,008 (0,016)
D_governo	0,023*** (0,008)	0,018*** (0,013)	0,014*** (0,017)	0,026*** (0,015)	0,015 (0,020)
Média-baixa	0,041*** (0,013)	-	-	-	-
Média-alta	-0,059*** (0,011)	-	-	-	-
Alta	0,011*** (0,001)	-	-	-	-
$\rho$	0,629	0,642	0,663	0,601	0,590
Log Likelihood	-23992	-9171	-4757	-4862	-2451
$\chi^2$	6216***	1402***	1328***	1260***	616,3***
Nº de Obs.	45982	20206	10246	10314	5216

# Etapa 2: heterogeneidade

```
biprobit in_meioambiente Inovadora lnGAIhat lnPO incent_gov coop_inova REG infcad i.cnae2 i.setor i.região, vce(robust)
outreg2 using "Modelos_econômétricos.xls", replace e(all)
margins,dydx(lnGAIhat lnPO incent_gov coop_inova REG infcad) pr(p11) post
estimate store eff_marginal
outreg2 [eff_marginal] using "Modelos_econômétricos.xls", append e(all)
margins,dydx(lnGAIhat lnPO incent_gov coop_inova REG infcad) pr(p10) post
estimate store eff_marginal
outreg2 [eff_marginal] using "Modelos_econômétricos.xls", append e(all)
margins,dydx(lnGAIhat lnPO incent_gov coop_inova REG infcad) pr(p01) post
estimate store eff_marginal
outreg2 [eff_marginal] using "Modelos_econômétricos.xls", append e(all)
margins,dydx(lnGAIhat lnPO incent_gov coop_inova REG infcad) pr(p00) post
estimate store eff_marginal
outreg2 [eff_marginal] using "Modelos_econômétricos.xls", append e(all)
margins,dydx(lnGAIhat lnPO incent_gov coop_inova REG infcad) pr(pmarg1) post
estimate store eff_marginal
outreg2 [eff_marginal] using "Modelos_econômétricos.xls", append e(all)
margins,dydx(lnGAIhat lnPO incent_gov coop_inova REG infcad) pr(pmarg2) post
estimate store eff_marginal
outreg2 [eff_marginal] using "Modelos_econômétricos.xls", append e(all)
margins,dydx(lnGAIhat lnPO incent_gov coop_inova REG infcad) pr(pcond1) post
estimate store eff_marginal
outreg2 [eff_marginal] using "Modelos_econômétricos.xls", append e(all)
margins,dydx(lnGAIhat lnPO incent_gov coop_inova REG infcad) pr(pcon2) post
estimate store eff_marginal
outreg2 [eff_marginal] using "Modelos_econômétricos.xls", append e(all)
```

# Etapa 2: heterogeneidade

Tabela 8 – Estimações: Inovação Ambiental restrita (IA) e Inovação Convencional (IC) – *Probit* Bivariado

Variáveis	y = Pr[IA restrita=1]	y = Pr[IC=1]	y = Pr[IA restrita=1   IC=1]	y = Pr[IC=1   IA restrita=1]	y=Pr[Não IA=0 e IC=0]	y=Pr[Apenas IA restrita=1 e IC=0]	y=Pr[Apenas IC=1 e IA=0]	y=Pr[IA restrita=1 e IC=1]
$\ln\hat{G}$	0,005*** (0,0006)	0,011*** (0,001)	0,002** (0,001)	0,003*** (0,0003)	-0,0004 (0,006)	0,005*** (0,001)	0,006*** (0,002)	0,011*** (0,001)
$\ln PO$	0,006*** (0,0009)	0,021*** (0,002)	0,003 (0,001)	0,007* (0,0003)	0,006*** (0,0009)	0,004** (0,002)	0,015*** (0,005)	0,021*** (0,002)
REG	0,224** (0,003)	0,097*** (0,003)	0,258*** (0,045)	0,005*** (0,0008)	0,097*** (0,003)	0,127*** (0,05)	0,012*** (0,0001)	0,254*** (0,004)
Coop	0,054*** (0,004)	0,007*** (0,003)	0,045*** (0,005)	-0,004 (0,001)	0,006*** (0,003)	0,061*** (0,005)	0,001*** (0,0002)	0,045*** (0,006)
Ap_Gov	0,029*** (0,007)	0,008* (0,004)	0,043*** (0,008)	-0,0004 (0,001)	0,008* (0,005)	0,022*** (0,008)	0,005*** (0,0002)	0,043*** (0,008)
Infcad	0,009*** (0,003)	0,125*** (0,006)	0,058*** (0,007)	0,074*** (0,004)	0,008*** (0,003)	0,001*** (0,006)	0,116*** (0,0002)	0,091*** (0,006)
Média -baixa	-0,029* (0,017)	-0,177*** (0,025)			-	-	-	-
Média -alta	-0,099*** (0,018)	-0,099*** (0,027)			-	-	-	-
Alta	0,144*** (0,024)	0,076** (0,035)			-	-	-	-
$Ath\rho$	0,505***							
$\rho$	0,466***							
Nº de Obs.	45982							

Nota: \*\*\* significativo a 1%, \*\* significativo a 5% e \* significativo a 10%. Os erros-padrão são robustos e se encontram entre parênteses e foram estimados por *bootstrap* com mil replicações. As *dummies* de localização das regiões geográficas foram incluídas nas equações e não estão reportadas, bem como as constantes.

Fonte: Elaboração própria a partir das bases citadas no Quadro 1.

# Etapa 3: equação de produtividade (conceito amplo)

Tabela 9 – Estimações: Produtividade – Efeitos fixos

Variável Dependente: lnPT	(1) Geral	(2) Baixa	(3) Média-baixa	(4) Média-alta	(5) Alta
$\bar{I}A$ ampla	0,074*** (0,016)	-0,064 (0,043)	0,094** (0,041)	0,105*** (0,030)	0,079* (0,043)
REG	0,211*** (0,022)	0,157** (0,062)	0,240*** (0,058)	0,171*** (0,038)	0,088 (0,059)
lnMkt	0,197*** (0,006)	0,347*** (0,028)	0,352*** (0,052)	0,219*** (0,031)	0,196*** (0,033)
lnK	0,162*** (0,009)	0,200*** (0,025)	0,253*** (0,035)	0,298*** (0,025)	0,260*** (0,044)
lnMP	0,226*** (0,011)	0,126*** (0,030)	0,107*** (0,034)	0,224*** (0,031)	0,210*** (0,038)
Capcontr	-0,069*** (0,020)	-0,057*** (0,006)	-0,023*** (0,004)	-0,028*** (0,005)	-0,033*** (0,005)
Exp	0,008** (0,001)	0,008*** (0,003)	0,009*** (0,003)	0,006*** (0,003)	0,004*** (0,0003)
Média-baixa	0,230*** (0,021)	-	-	-	-
Média-alta	0,398*** (0,022)	-	-	-	-
Alta	0,340*** (0,027)	-	-	-	-
R <sup>2</sup> (within)	0,133	0,091	0,160	0,280	0,198
R <sup>2</sup> (between)	0,428	0,321	0,424	0,436	0,400
R <sup>2</sup> (overall)	0,425	0,284	0,429	0,450	0,430
Nº de Obs.	43607	19247	9567	9836	4957

# Etapa 3: equação de produtividade (conceito restrito)

Tabela 10 – Estimações: Produtividade – Efeitos fixos

Variável Dependente: lnPT	(1) Geral	(2) Baixa	(3) Média-baixa	(4) Média-alta	(5) Alta
$\widehat{IA}$ restrita	0,197*** (0,019)	0,199*** (0,072)	0,313*** (0,052)	0,261*** (0,035)	0,207*** (0,058)
REG	0,338*** (0,022)	0,308*** (0,073)	0,481*** (0,065)	0,322*** (0,043)	0,221*** (0,071)
lnMkt	0,213*** (0,006)	0,358*** (0,031)	0,375*** (0,052)	0,228** (0,032)	0,196*** (0,033)
lnK	0,157*** (0,008)	0,195*** (0,025)	0,241*** (0,035)	0,272*** (0,025)	0,247*** (0,044)
lnMP	0,224*** (0,011)	0,117*** (0,031)	0,092*** (0,034)	0,207*** (0,030)	0,205*** (0,038)
Capcontr	-0,081*** (0,020)	-0,054*** (0,006)	-0,008*** (0,004)	-0,027*** (0,005)	0,037 (0,056)
Exp	0,005*** (0,001)	0,006*** (0,003)	0,008*** (0,003)	0,003* (0,002)	0,005* (0,003)
Média-baixa	0,222*** (0,021)	-	-	-	-
Média-alta	0,408*** (0,022)	-	-	-	-
Alta	0,364*** (0,027)	-	-	-	-
R <sup>2</sup> (within)	0,138	0,093	0,168	0,291	0,202
R <sup>2</sup> (between)	0,429	0,320	0,425	0,437	0,392
R <sup>2</sup> (overall)	0,425	0,281	0,429	0,450	0,421
Nº de Obs.	45982	20206	10246	10314	5216

# Conclusões

- Regulação ambiental tem importante papel como determinante de inovação ambiental
- Resultados geram evidências empíricas a favor da hipótese de Porter para a indústria da transformação no Brasil