
Projeto de Econometria: “Measuring the Macroeconomic Impact of Carbon Taxes”

Clara Valente da Silva | up202102526 | up202102526@edu.fep.up.pt

Enzo Aragão de Almeida | up202102463 | up202102463@edu.fep.up.pt

Telmo Gabriel Fernandes Teixeira | up202102527 | up202102527@edu.fep.up.pt

Econometria / Econometrics (2ME03)

Mestrado em Economia / Master in Economics

Índice

1. Objeto do Artigo e Principais Resultados Empíricos.....	3
2. Descrição dos Dados Utilizados no Artigo	5
3. Descrição Geral dos Ficheiros <i>do</i>	6
4. Replicar o Principal Resultado Empírico	6
5. Explorar o Principal Resultado Empírico.....	6
5.1. Exclusão da Irlanda e Noruega.....	7
5.2. Criação de Variável <i>Dummy</i> para Países Escandinavos	7
5.3. Exclusão do Liechtenstein	8
Bibliografia.....	9
Anexos	10

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Principais Resultados Empíricos.....	4
Tabela 2 – Estatísticas Descritivas.....	10
Tabela 3 – Informação Detalhada Sobre os Dados.....	10
Tabela 4 – Resultados Empíricos da Exclusão da Irlanda e Noruega.....	11
Tabela 5 – Resultados Empíricos da Restrição aos Países Escandinavos.....	11
Tabela 6 – Resultados Empíricos da Exclusão do Liechtenstein.....	12

1. Objeto do Artigo e Principais Resultados Empíricos

O artigo “Measuring the Macroeconomic Impact of Carbon Taxes”, de Gilbert E. Metcalf e James H. Stock, de 2020, pretende estudar o efeito dinâmico de uma taxa sobre o carbono na taxa de crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) e na taxa de crescimento do emprego de países europeus. Especificamente no caso do PIB, antes de chegarem aos resultados, os autores depararam-se com um possível problema de simultaneidade. Essencialmente, mudanças nas taxas sobre o carbono podem ser analisadas através de duas componentes. A primeira sendo o crescimento económico histórico e a outra que não é previsível pelo crescimento passado (e.g., mudanças na taxa de acordo com a preferência do partido político que está no poder). O problema da simultaneidade ocorre quando ambas as componentes explicadas anteriormente influenciam o PIB durante o mesmo período. Para evitar tal problema, os autores assumiram que a componente imprevisível pelo crescimento passado é exógena. Essa suposição permite calcular o impacto das mudanças imprevisíveis da taxa de carbono no crescimento do PIB recorrendo ao método da Projeção Local (LP) com base em Jordà (2005), adaptado para modelos em painel. Os principais resultados empíricos estão apresentados na Tabela 1 do presente relatório. Os autores usaram o método OLS para estimar uma sequência de regressões de dados em painel através da seguinte equação:

$$100\Delta \ln(PIB_{it+h}) = \alpha_i + \Theta_h T_{it} + \beta(L)T_{it-1} + \delta(L)\Delta \ln(PIB_{it-1}) + W_{it} + u_{it}$$

Onde T_{it} é a taxa real de imposto sobre o carbono para o país i no ano t , Θ_h é o efeito de uma variação inesperada na taxa de imposto sobre o carbono no ano t sobre o crescimento anual do PIB, h períodos. O vetor W_{it} representa variáveis de controlo, que neste caso correspondem a efeitos do ano. Segundo os autores, os desvios-padrão são de heterocedasticidade robusta. Estes afirmam ainda que não existe qualquer relação entre o crescimento do PIB e a taxa de imposto, o que significa que a taxa de carbono é estritamente exógena. Por exemplo, os políticos não ajustam a taxa de carbono como resposta a mudanças nas condições económicas internas. Esta condição não é rejeitada para o nível de significância estatística de 10%, apesar de ser menos convincente do que a respeitante à especificação LP, o que permite que os efeitos dinâmicos sejam estimados através de desfasamentos distribuídos (DL; mais de seis desfasamentos) da taxa de carbono e dos efeitos base do ano através da seguinte regressão:

$$100\Delta \ln(PIB_{it}) = \alpha_i + \beta(L)T_{it} + W_{it} + u_{it}.$$

Tabela 1 – Principais Resultados Empíricos¹

Método	Amostra	Impacto no ano		
		0	1-2	3-5
Painel A. Taxa de crescimento do PIB				
DL	Completa	0.14 (0.41)	0.46 (0.27)	0.38 (0.31)
LP	Completa	0.26 (0.37)	0.49 (0.42)	0.36 (0.26)
DL	CT\$20	0.44 (0.81)	0.42 (0.52)	0.37 (0.38)
LP	CT\$20	0.48 (0.58)	0.35 (0.62)	0.17 (0.43)
Painel B. Taxa de crescimento do emprego total				
DL	Completa	0.10 (0.59)	0.46 (0.38)	0.10 (0.15)
LP	Completa	0.30 (0.30)	0.42 (0.39)	-0.08 (0.21)
DL	CT\$20	0.40 (0.94)	0.76 (0.60)	0.34 (0.23)
LP	CT\$20	0.83 (0.39)	0.58 (0.48)	0.05 (0.35)

Nota: A tabela apresenta o impacto estimado nas taxas de crescimento anual em pontos percentuais de uma taxa sobre o carbono de 40\$ por tonelada de CO_2 no ano zero, o impacto médio nos primeiros dois anos e o impacto médio do terceiro ao quinto ano. Os desvios-padrão estão representados entre parêntesis (*clustered* ao nível do país para DL, heterocedasticidade robusta para LP). A amostra CT\$20 evidencia a possibilidade de os resultados da amostra completa serem influenciados pelo conjunto de países com taxas de imposto sobre o carbono bastante baixas.

Fonte: Metcalf, Gilbert E., and James H. Stock, 2020.

Antes de comentar o resultado em si, é importante referir que todas as regressões incluem efeitos do ano para controlar choques macroeconómicos comuns a todos os países num determinado ano, como por exemplo a crise financeira global. As regressões através do método DL diferem das regressões através do método LP na medida em que as regressões DL incluem apenas os desfasamentos na taxa de imposto de um determinado país enquanto as regressões através do método LP também controlam as taxas de crescimento do PIB ou do emprego do próprio país.

Tendo em conta os resultados apresentados na Tabela 1, verifica-se que existe apenas um resultado estatisticamente significativo para o nível de significância estatística de 5%, é

¹ Como os autores referem no ficheiro “readme_AERPP.txt”, foi encontrado um erro nos dados que provoca uma pequena alteração no resultado empírico apresentado no artigo, no entanto, os resultados apresentados na Tabela 1 do relatório e no ficheiro “Resultados_Replicados.xls” já se encontram corrigidos.

observado no painel B, na regressão LP para a amostra CT\$20, uma vez que o valor do coeficiente é duas vezes superior ao valor do desvio padrão. Esse coeficiente revela que a existência de uma taxa de carbono de 40\$ por tonelada de CO₂ no ano zero leva a um aumento de 0.83 pontos percentuais na taxa de crescimento do emprego total, mantendo tudo o resto constante. Todos os outros resultados, tanto no painel A como no painel B, para a amostra completa e para a amostra CT\$20, são positivos apesar de não serem estatisticamente significativos, isto é, e como realçam os autores, não existem evidências robustas de um efeito negativo do imposto sobre o emprego e sobre o crescimento do PIB.

2. Descrição dos Dados Utilizados no Artigo

Os autores recorreram a um conjunto de países europeus com dados em painel. Esta amostra contém 32 países², isto é, os 28 países pertencentes à União Europeia (UE), à data do artigo, em conjunto com a Islândia, Noruega, Liechtenstein e Suíça. Todos os países fazem parte do *Emission Trading System* da UE (ETS). Este sistema consiste em limitar as emissões de carbono das empresas do setor energético, da indústria transformadora e das transportadoras aéreas que operam entre estes países. De acordo com este pacto estão cobertas 40% das emissões dos gases com efeito de estufa da UE. A amostra contempla o horizonte temporal de 1985 a 2018. A partir da mesma, os autores estimaram o que aconteceria nos seis anos seguintes, daí a sua análise se focar num curto período de tempo. Os 6 desfasamentos da regressão DL correspondem ao horizonte temporal analisado.

Neste ponto alterou-se os dados através da introdução de uma nova variável que atribui um valor específico a cada país. Desse modo, é possível informar o Stata que estão a ser utilizados dados em painel através do código *xtset*, o que permite utilizar o código *xtsum* para obter estatísticas descritivas dos dados e o código *panelstat*³ para se obter uma caracterização detalhada dos dados em painel. Assim, a Tabela 2 (consultar Anexo, pág. 10) apresenta as estatísticas descritivas e a Tabela 3 (consultar Anexo, pág. 10) apresenta uma informação mais detalhada sobre os dados.

² No artigo de base, são mencionados apenas 31 países, os autores não referem o Liechtenstein. No entanto, está presente na base de dados e é usado em cada uma das regressões, após corrigirem um erro existente nos dados. Posteriormente, no ponto 5.3, este aspeto será mais aprofundado.

³ Caso o leitor não possua este comando instalado, pode fazê-lo através da seguinte ligação: <https://github.com/BPLIM/Tools/tree/master/ados/General/panelstat>

Optou-se pela criação de uma pasta, chamada “code2”, onde estão incluídos todos os materiais necessários para a obtenção dos resultados apresentados neste ponto.

3. Descrição Geral dos Ficheiros *do*

Existem dois ficheiros *do*. O primeiro ficheiro, “EUctax_IRF_AERPP.do”, cria as variáveis, estima as regressões e chama o segundo ficheiro *do*, executando-o autonomamente. Cria ainda o ficheiro Excel, “AERPP_results.xlsx”, onde o segundo ficheiro *do*, “EUctax_IRF_AERPP_out_r1.do”, escreve e formata os resultados empíricos.

4. Replicar o Principal Resultado Empírico

O principal resultado empírico encontra-se reproduzido na pasta “code4”. No entanto, para que tal fosse possível, foi necessário realizar duas alterações no ficheiro “EUctax_IRF_AERPP.do”. A primeira alteração foi realizada na linha 28, onde se corrigiu essa linha para “use ctax_gdp_AERPP.dta, clear”, e a segunda alteração foi realizada na linha 54 (linha 60 do ficheiro original), onde se alterou para “global fxlout “AERPP_resultados_replicados””. Além disso, retiraram-se as linhas 42 até à 50 do ficheiro *do* original, uma vez que elas apenas criam uma tabela e permitem a visualização em lista dos valores das variáveis.

5. Explorar o Principal Resultado Empírico

Para verificar a robustez do modelo, os autores tentaram diversas especificações como, por exemplo, restringir a amostra aos países escandinavos, verificar os impactos de uma medida alternativa ao imposto ou excluir a Irlanda e a Noruega da amostra, entre outras. Segundo estes, os resultados obtidos em todas as especificações são qualitativamente⁴ iguais aos apresentados na tabela dos principais resultados empíricos. No entanto, os autores não apresentam os resultados no artigo e também não disponibilizam os códigos relativos aos testes que afirmam ter realizado. Portanto, como forma de contestar a veracidade da afirmação dos autores, optou-se por explorar algumas das especificações e

⁴ Neste caso, foi considerado que o termo “qualitativo” se refere à significância estatística dos coeficientes.

comparar se os resultados são efetivamente idênticos, em termos qualitativos, aos resultados apresentados na tabela dos principais resultados empíricos. Para além disso, acrescentou-se o aspeto quantitativo⁵ para agregar valor à análise.

Esta mesma especificação será realizada com e sem o Liechtenstein, cujo motivo será explicado no ponto 5.3.

Todos os materiais utilizados para se chegar aos resultados apresentados encontram-se na pasta “code5”.

5.1. Exclusão da Irlanda e Noruega

No caso da exclusão da Irlanda e da Noruega, os autores informaram que optaram por realizar tal teste de robustez porque os dados provenientes do Banco Mundial relativos ao PIB da Irlanda contêm um aumento do mesmo em 26% em 2015, devido à Apple ter deslocalizado a sua propriedade intelectual para este país. Por outro lado, os dados do PIB do Banco Mundial para a Noruega não excluem dados da atividade petrolífera do Mar do Norte, e, de acordo com a opinião dos autores, isso não reflete o real estado da economia norueguesa. Logo, os autores decidiram utilizar outras fontes de dados, que não o Banco Mundial, para estes dois países. Dessa forma, de modo a uniformizar os dados (i.e., todos provenientes do Banco Mundial) e não incluir dados distorcidos como os ditos anteriormente, explorou-se o principal resultado empírico excluindo a Irlanda e a Noruega da amostra.

Através da Tabela 4 (consultar Anexo, pág. 11), é perceptível que os resultados obtidos na especificação onde se exclui a Irlanda e a Noruega são qualitativamente idênticos aos resultados apresentados na Tabela 1, uma vez que permanecem não estatisticamente significativos, pelo que se verifica que a afirmação dos autores se encontra de acordo com o resultado obtido. Apesar disso, são quantitativamente diferentes e, nalguns casos específicos, passam a ser negativos.

Os materiais deste ponto estão disponíveis na pasta “Drop NOR IRL”, dentro da pasta “code5”.

5.2. Criação de Variável *Dummy* para Países Escandinavos

Outra especificação explorada está relacionada com a restrição da amostra unicamente aos países escandinavos, cujos resultados estão presentes na Tabela 5 (consultar Anexo, pág. 11). Estes países correspondem à Islândia, à Noruega, à Suécia, à Dinamarca e à

⁵ O termo “quantitativo” refere-se à magnitude e sentido dos coeficientes.

Finlândia. No geral, com a *dummy* para este grupo de países, o número de coeficientes com significância estatística passou de um para cinco. Além disso, todos os coeficientes referentes ao impacto entre os anos três e cinco (coluna “P” do ficheiro Excel “Scandinavia.xlsx”) apresentam sinal negativo, diferente do principal resultado empírico. Ou seja, foram obtidos resultados qualitativamente e quantitativamente diferentes aos principais resultados empíricos. Desta forma, os resultados não estão de acordo com a afirmação dos autores. Os materiais deste ponto estão disponíveis na pasta “Scandinavia”, dentro da pasta “code5”.

5.3. Exclusão do Liechtenstein

Esta exploração do resultado empírico deve-se a uma contradição entre os ficheiros que os autores disponibilizaram através do repositório e o artigo em si. Na base de dados “ctax_gdp_AERPP.dta” existem 32 países, incluindo Liechtenstein. No entanto, como dito anteriormente na nota de rodapé no ponto 2 do presente relatório, os autores não citam que Liechtenstein faz parte dos países utilizados na amostra. Inclusive, na página 102 do artigo, os autores informam o seguinte: “Our sample includes 31 European countries (“EU+countries”) that all are part of the EU Emission Trading System (ETS)... This includes EU countries plus Iceland, Norway, and Switzerland.” (Metcalf G. E. & Stock J. H., 2020). No entanto, Liechtenstein é um país europeu que faz parte do ETS desde 2008. Além disso, os autores também não informam o porquê de não citarem o Liechtenstein ao longo do artigo. Logo, decidiu-se averiguar se existem alterações no principal resultado empírico quando se exclui o país Liechtenstein da amostra.

Como mostra a Tabela 6 (consultar Anexo, pág. 12), e como era razoável de se esperar, não houve alterações qualitativas com a exclusão do Liechtenstein. Os resultados quantitativos também foram minimamente alterados. No entanto, o mais interessante é a relação que os resultados, com a exclusão de Liechtenstein, têm com os resultados apresentados na tabela 2 do artigo, onde os autores referem a existência de um “*minor bug*” (consultar o ficheiro “readme_AERPP.txt” presente na pasta “repo”).

Em suma, os resultados com a exclusão do Liechtenstein são iguais aos resultados reportados na tabela 2 do artigo. A amostra CT\$20 não apresenta qualquer alteração porque o Liechtenstein não cumpre os requisitos para fazer parte deste grupo de países. Dito isto, é plausível concluir que o “*minor bug*” referido pelos autores é, essencialmente, a não inclusão do país Liechtenstein na amostra.

Os materiais deste ponto estão disponíveis na pasta “Drop LIE”, dentro da pasta “code5”.

Bibliografia

- Comission, E. *EU Emissions Trading System (EU ETS)*. Retrieved 22/11/2021 from https://ec.europa.eu/clima/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets_en
- Metcalf, G. E., & Stock, J. H. (2020). Measuring the Macroeconomic Impact of Carbon Taxes. *AEA Papers and Proceedings*, 110, 101-106. <https://doi.org/10.1257/pandp.20201081>

Anexos

Tabela 2 – Estatísticas Descritivas

Variable	Mean	Std. dev.	Min	Max	Observations
share19 overall	.1409375	.18054	0	.62	N = 1088
between		.1833445	0	.62	n = 32
within		0	.1409375	.1409375	T = 34
d1rgdp overall	2.551174	3.324277	-16.0141	11.48911	N = 997
between		.9956793	.9763942	4.394801	n = 32
within		3.180292	-17.53769	11.10913	T-bar = 31.1563
d1emptot overall	.7526374	2.251267	-15.48429	8.076119	N = 708
between		.9208417	-1.281701	3.177353	n = 30
within		2.092507	-14.58931	6.989242	T-bar = 23.6
ctaxever overall	.5	.5002299	0	1	N = 1088
between		.5080005	0	1	n = 32
within		0	.5	.5	T = 34
rater~18 overall	7.877878	21.5323	0	135.5384	N = 1016
between		16.96206	0	82.54518	n = 32
within		13.00574	-74.6673	74.70211	T-bar = 31.75
ctaxyear overall	2002.875	9.49474	1990	2015	N = 544
between		9.797108	1990	2015	n = 16
within		0	2002.875	2002.875	T = 34
EU overall	.96875	.1740727	0	1	N = 1088
between		.1767767	0	1	n = 32
within		0	.96875	.96875	T = 34
EU2 overall	1	0	1	1	N = 1088
between		0	1	1	n = 32
within		0	1	1	T = 34

Tabela 3 - Informação Detalhada Sobre os Dados

```
*****
Basic descriptives
*****
There are 1088 time x individuals observations
There are 32 unique individuals
Time values range from 1985 to 2018
Maximum time range is 34
The average number of periods per individual is 34.00
The level of completeness is 100.00% (100% is a fully balanced panel)
Average number of gaps per individual is 0.00
Average gap size is .
Largest gap is .
*****
```

```
*****
Distribution of number of observations per individual
*****
```

Observ per individual	Freq.	Percent	Cum.
34	32	100.00	100.00
Total	32	100.00	

Tabela 4 – Resultados Empíricos da Exclusão da Irlanda e da Noruega

Método	Amostra	Impacto no ano		
		0	1-2	3-5
Painel A. Taxa de crescimento do PIB				
DL	Completa	0.11 (0.85)	0.47 (0.40)	0.31 (0.35)
LP	Completa	-0.10 (0.41)	0.49 (0.50)	0.25 (0.35)
DL	CT\$20	0.30 (0.94)	0.36 (0.42)	0.33 (0.39)
LP	CT\$20	-0.03 (0.52)	0.29 (0.53)	0.32 (0.51)
Painel B. Taxa de crescimento do emprego total				
DL	Completa	0.18 (0.74)	0.06 (0.41)	-0.21 (0.26)
LP	Completa	0.05 (0.43)	-0.14 (0.43)	-0.30 (0.28)
DL	CT\$20	0.47 (0.93)	0.30 (0.50)	0.27 (0.34)
LP	CT\$20	0.68 (0.44)	0.09 (0.45)	0.05 (0.40)

Fonte: Cálculos dos autores do relatório

Tabela 5 – Resultados Empíricos da Restrição aos Países Escandinavos

Método	Amostra	Impacto no ano		
		0	1-2	3-5
Painel A. Taxa de crescimento do PIB				
DL	Completa	1.04 (0.52)	0.63 (0.27)	-0.29 (0.19)
LP	Completa	0.65 (0.53)	0.51 (0.45)	-0.35 (0.30)
DL	CT\$20	1.48 (0.99)	0.85 (0.52)	-0.43 (0.28)
LP	CT\$20	0.78 (0.93)	0.57 (0.85)	-0.52 (0.49)
Painel B. Taxa de crescimento do emprego total				
DL	Completa	1.12 (0.42)	1.07 (0.26)	-0.06 (0.11)
LP	Completa	0.67 (0.42)	0.78 (0.48)	-0.15 (0.29)
DL	CT\$20	1.77 (0.60)	1.52 (0.55)	-0.19 (0.19)
LP	CT\$20	1.04 (0.64)	1.03 (0.78)	-0.29 (0.43)

Fonte: Cálculos dos autores do relatório

Tabela 6 – Resultados Empíricos da Exclusão do Liechtenstein

Método	Amostra	Impacto no ano		
		0	1-2	3-5
Painel A. Taxa de crescimento do PIB				
DL	Completa	0.10 (0.43)	0.48 (0.28)	0.38 (0.30)
LP	Completa	0.26 (0.37)	0.53 (0.42)	0.38 (0.27)
DL	CT\$20	0.44 (0.81)	0.42 (0.52)	0.37 (0.38)
LP	CT\$20	0.48 (0.58)	0.35 (0.62)	0.17 (0.43)
Painel B. Taxa de crescimento do emprego total				
DL	Completa	0.11 (0.58)	0.44 (0.38)	0.10 (0.15)
LP	Completa	0.33 (0.30)	0.42 (0.39)	-0.08 (0.21)
DL	CT\$20	0.40 (0.94)	0.76 (0.60)	0.34 (0.23)
LP	CT\$20	0.83 (0.39)	0.58 (0.48)	0.05 (0.35)

Fonte: Cálculos dos autores do relatório