

08 a 11 de Outubro de 2018
Instituto Federal Fluminense
Búzios - RJ

ANÁLISE DE DESACOPLAMENTO DAS EMISSÕES DE CO₂ E CRESCIMENTO ECONÔMICO

André Gomes de Lima¹ – gomesdelimaandre@gmail.com

Diego Lilargem Rocha² – diego.lilargem@gmail.com

João José de Assis Rangel^{1,2} – joao.rangel@ucam-campos.br

¹Instituto Federal Fluminense – Campos dos Goytacazes, RJ, Brazil

²Universidade Cândido Mendes – Campos dos Goytacazes, RJ, Brazil

Resumo. *Este trabalho analisa o desacoplamento entre as emissões de dióxido de carbono referentes a queima de combustíveis fósseis em relação ao crescimento econômico no Brasil, África, Mundo e os países da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE) entre 1990 até 2015. A preocupação com o crescimento econômico de forma minimizar os danos ao meio ambiente, estimulou diversos países a usarem métodos que mensuram o desenvolvimento econômico relacionado a emissões de gases efeito estufa. Dentre eles se destacam o método da OCDE e o método de Tapio. Ambos verificam a situação de desacoplamento de um país. O Método de desacoplamento da OCDE demonstrou que o Brasil foi o único que não apresentou estado de desacoplamento, enquanto África, a OCDE e o Mundo apresentaram o estado de desacoplamento relativo. O Método de Tápico, confirmando o resultados obtidos pelo método da OCDE, apresentou que o Brasil foi o único com um crescimento das emissões de CO₂ maior do que o da economia.*

Palavras-Chave: *Desacoplamento, PIB, CO₂, OCDE e Tapio.*

1. INTRODUÇÃO

O crescimento econômico obtido historicamente pelos países, esteve em conjunto com um crescimento do consumo energético (HENRIQUES & BOROWIECKI, 2017). Entretanto, o consumo por fontes não renováveis de energia, os chamados combustíveis fósseis, foram os responsáveis por um aumento nas emissões de gases efeito estufa na atmosfera. Diante dessa situação, surgiu um novo desafio: desenvolver-se economicamente de forma a minimizar os danos ao meio ambiente, ou seja, implementar nos países um desenvolvimento sustentável.

Uma forma de se analisar o quanto o crescimento econômico de um país, estava desvinculado do crescimento das emissões de dióxido de carbono (CO₂) é a análise de desacoplamento. Essa é uma relação entre as emissões de CO₂ e o Produto Interno Bruto

(PIB) de um país e, recentemente, esse indicador foi considerado apropriado para avaliar o desenvolvimento sustentável (CHEN et al., 2017).

O termo desacoplamento foi inicialmente utilizado por Zhang (2000) ao verificar o crescimento das emissões de CO₂ relacionado ao crescimento do PIB na China. A partir disso, esse conceito foi ganhando forças e outros trabalhos realizaram análises de desacoplamento em diversos locais diferentes. Jiang *et al.* (2016) estudaram o desacoplamento entre as emissões de carbono relacionadas a energia e o PIB nos Estados Unidos. Ning *et al.* (2017) verificaram o desacoplamento entre sete regiões diferentes da China. Enquanto Rodríguez; Ares & Santos (2018) estudaram o desacoplamento em 28 países da União Europeia (EU-28).

Dentre os variados métodos que podem ser utilizados para a análise de desacoplamento, existem dois que serão abordados por este artigo: o método da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE) e o método de Tapio. A OCDE é um órgão que tem como missão promover políticas que melhorem o bem-estar econômico e social das pessoas em todo o mundo (OECD, 2002). Seu método utiliza os dados de CO₂ e PIB aplicado a partir de uma equação matemática que resulta em estados diferentes de desacoplamento. Da mesma forma que o método de Tapio, sendo que este consegue ser mais específico e mostra a situação do país em oito estados diferentes referentes ao desacoplamento.

Diante do apresentado, o objetivo deste trabalho é verificar a aplicação dos dois métodos matemáticos de desacoplamento no Brasil, e compara-los com a situação de outras regiões. As demais regiões analisadas foram: o continente africano, onde puderam ser vistos o comportamento de uma região, em sua maioria, subdesenvolvida; os países pertencentes a OCDE, comportamento de uma região composta de países desenvolvidos; e os dados do mundo como um todo, demonstrando o panorama geral do planeta na atualidade. A base de dados utilizada foi a *International Energy Agency* (IEA), e foram retirados os valores das emissões de CO₂ referentes a queima de combustíveis fósseis e o PIB entre o período de 1990 até 2015 devido a disponibilidade da base.

2. METODOLOGIA

2.1 Método OCDE de desacoplamento

A metodologia de desacoplamento da OCDE foi desenvolvida pela própria organização no ano de 2002. Esse método trata-se de uma equação matemática que visa mensurar o quanto associado está um indicador de atividade econômica em relação a um indicador de pressão ambiental (OECD, 2002).

$$\text{Índice de desacoplamento} = \frac{\frac{EP}{DF} \text{ final do período}}{\frac{EP}{DF} \text{ início do período}} \quad (1)$$

Onde:

EP = Pressão Ambiental

DF = Atividade Econômica

$$\text{Fator de desacoplamento} = 1 - \text{Índice de desacoplamento} \quad (2)$$

O resultado obtido mediante a aplicação da Equação 1 ou Equação 2 são divididos em dois estados de desacoplamento: Desacoplamento Absoluto, Desacoplamento Relativo. Observe que o desacoplamento Absoluto e o Desacoplamento Relativo irão acontecer somente quando o Índice de desacoplamento for menor do que 1 ou o Fator de desacoplamento for maior do que 0. Esses estados diferenciam-se pelo fato de que para ocorrer o Desacoplamento absoluto é necessário que o EP seja estável ou diminua e DF aumente. Já o desacoplamento relativo ocorre quando a EP e DF aumentam, no entanto DF cresce mais do que EP. Caso o índice de desacoplamento seja maior que 1 ou o fator de desacoplamento seja menor do que 0 não há desacoplamento, podendo dizer assim, que o país encontra em acoplamento (OECD, 2002).

2.2 Método de desacoplamento de Tapio

O método de desacoplamento de Tapio foi desenvolvido por Tapio (2005), sendo ela uma modificação do método de Vehmas *et al.* (2003). Esse método visa quantificar o desacoplamento das emissões de CO₂ em relação ao PIB. Tapio no ano de 2012 visando tornar o seu método mais didático e claro, realizou algumas modificações resultando no desacoplamento diamante (FINEL & TAPIO, 2012). Note que esse método de desacoplamento mais recente pode ser observado na equação 3.

$$e = \frac{\% \Delta CO_2}{\% \Delta PIB} \quad (3)$$

Onde:

e = índice de elasticidade

$\% \Delta CO_2$ = variação percentual das emissões de CO₂

$\% \Delta PIB$ = variação percentual do PIB

Segundo Finel & Tapio (2012) o resultado obtido mediante a aplicação da Equação 3 pode ser dividido em oito estados de desacoplamento diferentes, sendo eles: desacoplamento negativo fraco, acoplamento expansivo, desacoplamento fraco, desacoplamento forte, desacoplamento recessivo, acoplamento recessivo, desacoplamento negativo recessivo e desacoplamento negativo forte. Observe então que a Tabela 1 demonstra as condições necessárias para cada estado de desacoplamento e a Figura 1 ilustra graficamente o posicionamento de cada estado.

Tabela 1 - Condições para o estado de desacoplamento segundo Tapio

Condições	Estados
Se $e > 1,2$ e $\% \Delta CO_2 > 0$ e $\% \Delta GDP > 0$	Desacoplamento negativo fraco
Se $0,8 < e < 1,2$ e $\% \Delta CO_2 > 0$ e $\% \Delta GDP > 0$	Acoplamento expansivo
Se $0 < e < 0,8$ e $\% \Delta CO_2 > 0$ e $\% \Delta GDP > 0$	Desacoplamento fraco
Se $e < 0$ e $\% \Delta CO_2 < 0$ e $\% \Delta GDP > 0$	Desacoplamento forte
Se $e > 1,2$ e $\% \Delta CO_2 < 0$ e $\% \Delta GDP < 0$	Desacoplamento recessivo
Se $0,8 < e < 1,2$ e $\% \Delta CO_2 < 0$ e $\% \Delta GDP < 0$	Acoplamento recessivo
Se $0 > e < 0,8$ e $\% \Delta CO_2 < 0$ e $\% \Delta GDP < 0$	Desacoplamento negativo recessivo
Se $e < 0$ e $\% \Delta CO_2 > 0$ e $\% \Delta GDP < 0$	Desacoplamento negativo forte

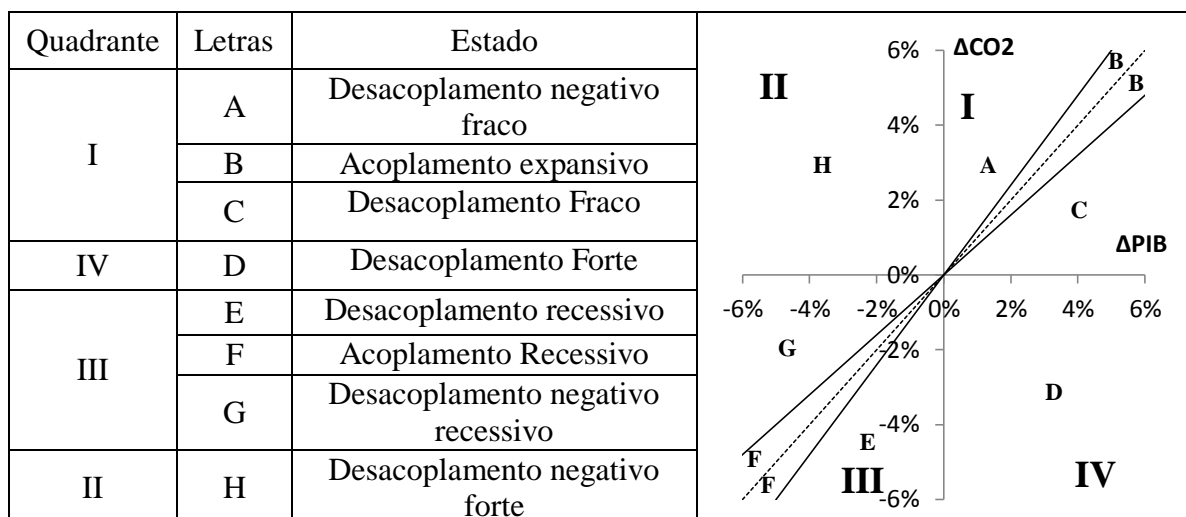


Figura 1 - Ilustração gráfica dos estados de desacoplamento segundo Tapio

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Método da OCDE

A Figura 2 apresenta graficamente os resultados obtidos mediante a aplicação do método da OCDE na África, Brasil, OCDE e no mundo no período de 1990 até 2015. Note que ela apresenta os valores dos fatores de desacoplamento dos países selecionados. Perceba também que o valor do fator de desacoplamento quando for maior do que 0 indica que houve desacoplamento, já quando esse valor for inferior a 0 demonstra que houve acoplamento.

Mediante isso, veja que o Brasil foi o único país que apresentou um Fator de desacoplamento menor do que 0, enquanto os outros analisados obtiveram valores maiores do que 0. Esse fato demonstra que o país foi o único dentre os selecionados que ainda não conseguiu desacoplar suas emissões de CO₂ em relação ao seu PIB.

O mundo, a OCDE, e a África, diferentemente do Brasil, apresentaram o estado de desacoplamento relativo. Dentre eles a OCDE foi o que demonstrou maior crescimento do seu PIB em comparação com suas emissões de CO₂, atingindo assim, o maior valor de fator de desacoplamento (0,36). Após a OCDE, o mundo ficou com o segundo maior valor de desacoplamento (0,20) e o terceiro maior valor de desacoplamento ficou com a África (0,13).

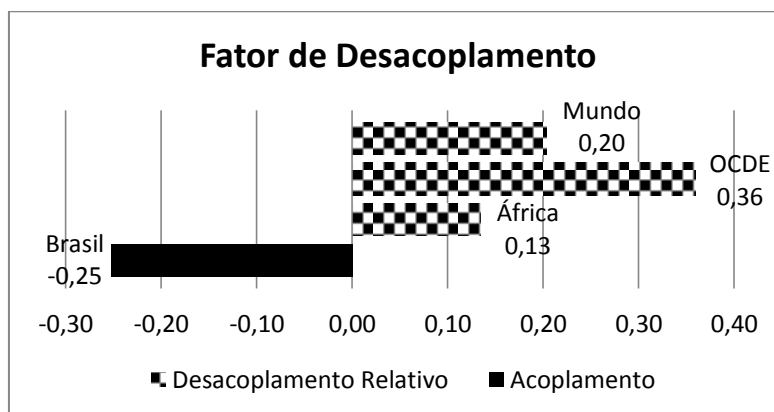


Figura 2- Resultados dos fatores de desacoplamento

3.1 Método de Tapio

A Figura 3 apresenta os resultados obtidos mediante a aplicação do método de Tapio nos países selecionados com intervalo compreendido entre 1990 até 2015. No entanto, eles foram divididos em intervalos de 5 em 5 anos para ser possível visualizar os diferentes estados de desacoplamento obtidos pelos países e sua evolução ao longo dos vinte e cinco anos analisados. Os intervalos foram numerados de 1 a 5 representando respectivamente os seguintes intervalos de tempo: 1990-1995, 1995-2000, 2000-2005, 2005-2010 e 2010-2015. Note também que apenas foram ilustrados o primeiro e o quarto quadrante, pois foram apenas os estados de desacoplamento obtidos. Os países almejam atingir uma evolução na qual seu PIB aumenta apresentando uma redução de suas emissões de CO₂, ou seja atingir o estado e desacoplamento negativo forte (quarto quadrante).

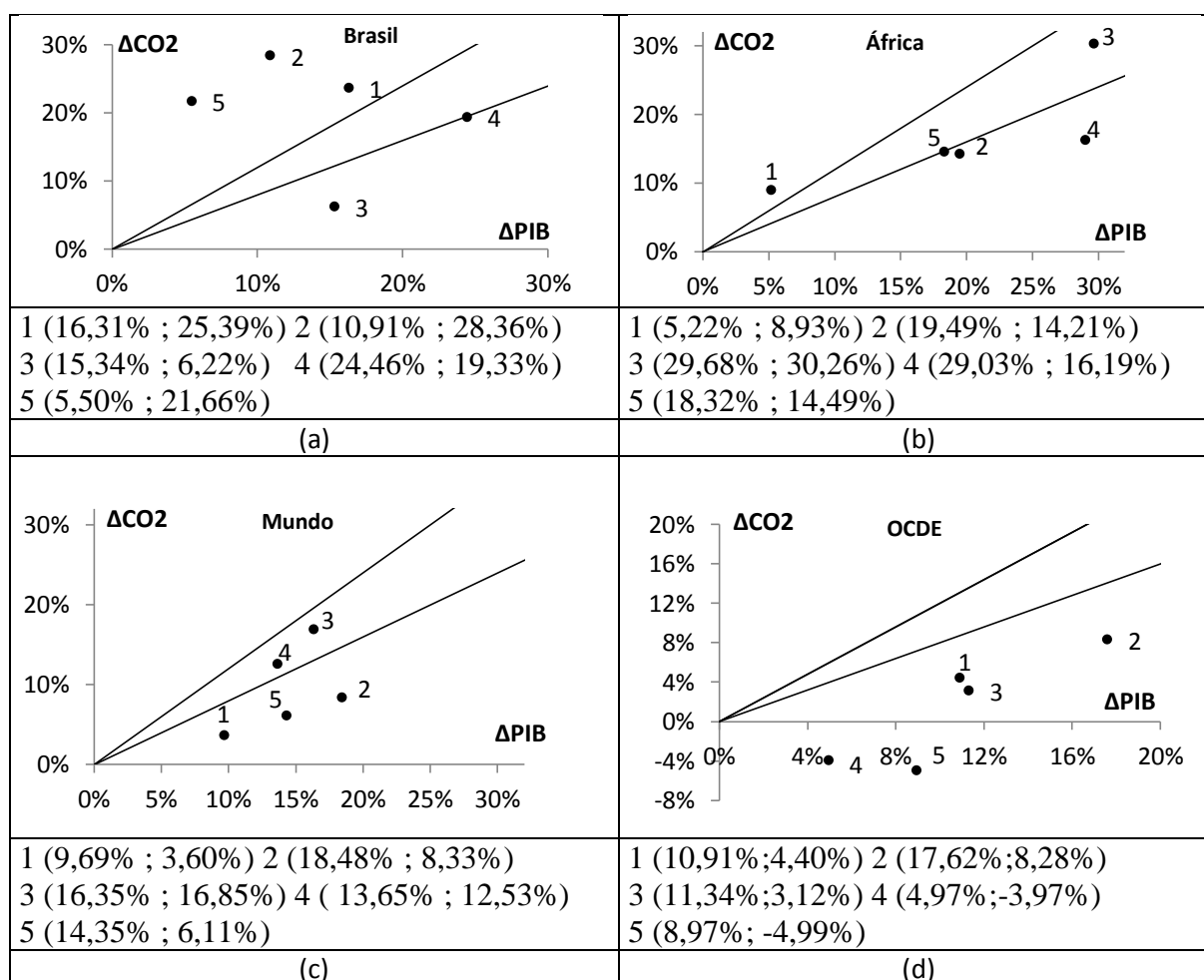


Figura 3- Resultados do método de desacoplamento de Tapio

Confirmando os resultados obtidos mediante a aplicação do método da OCDE, o método de Tapio demonstrou que o Brasil apresentou o resultado menos satisfatório em relação ao seu desacoplamento entre PIB e emissões de CO₂. O País foi o único em que na maioria dos períodos analisados apresentou o estado de desacoplamento negativo fraco, ou seja, o estado no qual o índice de elasticidade variou mais de 20% com um crescimento mais acelerado do CO₂. Esse fato pode ser observado na Figura 3 gráfico (a) e ocorreu nos períodos 1, 2 e 5, respectivamente 1990-1995, 1995-2000, 2010-2015. No entanto, a Figura 3 gráfico (a)

demonstra que o Brasil em dois períodos seguidos atingiu o estado de desacoplamento fraco, sendo esses nos períodos 3 e 4, respectivamente 2000-2005 e 2005-2010. O País não apresentou um perfil sólido de desacoplamento e demonstrou dificuldades em reduzir suas emissões de CO₂.

A África e o Mundo apresentaram um estado de desacoplamento mais concentrado em acoplamento expansivo e desacoplamento fraco. Observe então a Figura 3 gráficos (b) e (c), respectivamente a África e o mundo. Note que ambos apresentaram três intervalos de tempos no estado no qual o índice de elasticidade varia mais de 20 % com o PIB crescendo mais do que as emissões de CO₂, ou seja o estado de desacoplamento fraco. Sendo a África nos períodos 2, 4 e 5 (1995-2000, 2005-2010 e 2010-2015) enquanto o mundo nos períodos 1, 2, e 5 (1990-1995, 1995-2000 e 2010-2015). Perceba que um ponto positivo alcançado pela África deu-se pelo fato de que o estado de desacoplamento fraco alcançado foi nos dois períodos mais recentes, 4 e 5 (2005-2010, 2010-2015). Isso pode demonstrar indícios de que o continente está conseguindo apresentar um perfil de desacoplamento sólido que pode perdurar.

Observe agora a Figura 3 gráfico (d) que apresenta os resultados obtidos pelos países que compõem a OCDE. Note que há uma concentração dos períodos nos estado de desacoplamento fraco e desacoplamento forte. Os três primeiros períodos analisados, o 1, 2 e 3 (1990-1995, 1995-2000 e 2000-2005) foram de desacoplamento fraco e os dois últimos, o 4 e 5 (2005-2010 e 2010-2015) desacoplamento forte. Veja que esse conjunto de países desenvolvidos atingiram o comportamento desejado, no qual sua economia inicialmente cresceu em uma taxa maior do que suas emissões e, nos últimos dez anos, a economia continuou a crescer e suas emissões foram diminuindo.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos nesse trabalho demonstraram que o Brasil apresentou estados diferentes de desacoplamento quando comparados com continente africano, países da OCDE e mundo. A aplicação do método de desacoplamento da OCDE demonstrou que o Brasil foi o único entre os analisados que apresentou o estado de acoplamento, enquanto a África, OCDE e mundo apresentaram o estado de desacoplamento relativo. Já o método de Tapio confirmou os resultados obtidos pela metodologia de desacoplamento da OCDE. De acordo com Tapio, os países da OCDE apresentaram o melhor resultado, a África e o Mundo apresentaram resultados semelhantes enquanto o Brasil apresentou o pior comportamento entre eles. O Brasil permaneceu, na maioria dos períodos estudados, no estado de desacoplamento negativo fraco, ou seja apresentou um crescimento de suas emissões de CO₂ maiores que sua expansão econômica. A África e mundo permaneceram na maioria dos intervalos temporais no estado de desacoplamento fraco, onde apresentaram uma expansão econômica maior do que o crescimento de suas emissões de CO₂. Já a OCDE demonstrou uma evolução mais estável na qual nos últimos 10 anos apresentou o estado de desacoplamento forte, ou seja, demonstrou um perfil de crescimento econômico em conjunto com uma queda das emissões de CO₂.

Agradecimentos

Agradecemos a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

REFERENCIAS

- Chen, B. et al. Decoupling analysis on energy consumption, embodied GHG emissions and economic growth — The case study of Macao. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 67, p. 662–672, jan. 2017.
- Delgado Rodríguez, M. J.; Ares, A. C.; de Lucas Santos, S. Cyclical fluctuation patterns and decoupling: Towards common EU-28 environmental performance. *Journal of Cleaner Production*, v. 175, p. 696–706, fev. 2018.
- Finel, N.; Tapio, P. Decoupling transport CO₂ from GDP. Finland Future Research Centre FFRC ebook, v. 1, p. 12–42, 2012.
- Henriques, S. T.; Borowiecki, K. J. The drivers of long-run CO₂ emissions in Europe, North America and Japan since 1800. *Energy Policy*, v. 101, p. 537–549, fev. 2017.
- Jiang, X.-T. et al. The Multilevel Index Decomposition of Energy-Related Carbon Emission and Its Decoupling with Economic Growth in USA. *Sustainability*, v. 8, n. 9, p. 857, 31 ago. 2016.
- Ning, Y. et al. Analysis of regional decoupling relationship between energy-related CO₂ emission and economic growth in China. *Natural Hazards*, v. 87, n. 2, p. 867–883, jun. 2017.
- OECD. Indicators to Measure Decoupling of Environmental Pressure from Economic Growth. Paris: Organisation for Economic Co-operation and development (OECD), 16 maio 2002.
- Tapio, P. Towards a theory of decoupling: degrees of decoupling in the EU and the case of road traffic in Finland between 1970 and 2001. *Transport Policy*, v. 12, n. 2, p. 137–151, mar. 2005.
- Vehmas, J. et al. Europe in the global battle of sustainability: Rebound strikes back?—Advanced Sustainability Analysis. Publications of the Turku School of Economics and Business Administration, Series Discussion and Working Papers, v. 7, p. 2003, 2003.
- Zhang, Z. Decoupling China's carbon emissions increase from economic growth: An economic analysis and policy implications. *World Development*, v. 28, n. 4, p. 739–752, 2000.

DECOUPLING ANALYSIS OF CO₂ EMISSIONS AND ECONOMIC GROWTH

Abstract. *This paper analyses the decoupling of carbon dioxide emissions from fossil fuel combustion in relation of economic growth in Brazil, Africa, The World and the organization for Economic Co-operation and Development (OECD) countries from 1990 to 2015. The concern to get the economic growth in away that minimized damages to the environment, has encouraged several countries to use methods that measure economic development related to greenhouse gas emissions. Among them are the OECD method and the Tapio method. Both check the decoupling situation of a country. The OECD decoupling method demonstrated that Brazil was the only one that didn't show decoupling state, while Africa, the OECD and the world presented the relative decoupling state, The Tapio method, confirming the results obtained by de OECD method, showed that Brazil was the only one with a higher CO₂ emissions growth than the economy.*

Keywords: *Decoupling, GDP, CO₂, OECD and Tapio.*