



O PARADOXO DE JEVONS (REBOUND EFFECT) NA TECNOLOGIA COBB-DOUGLAS

Rubens Nunes¹

¹ Departamento de Engenharia de Biosistemas – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – Universidade de São Paulo (Campus de Pirassununga) rnunes@usp.br

1. Introdução

O senso comum acredita que o progresso tecnológico pode contribuir decisivamente, por meio do aumento da eficiência, para a redução da demanda de recursos não renováveis. A idéia não é nova e foi criticada enfaticamente por Jevons no livro *A Questão do Carvão*, escrito em 1865. O autor partiu da constatação empírica de que a demanda por carvão aumentou substancialmente na Inglaterra ao mesmo tempo em que as máquinas a vapor se tornavam mais eficientes. “É uma confusão total de idéias supor que o uso econômico de combustível é equivalente a uma redução do consumo. Exatamente o contrário é a verdade” (JEVONS, 1866. Tradução livre).

O objetivo aqui é investigar teoricamente as condições em que se verificaria o Paradoxo de Jevons a partir de uma tecnologia descrita por uma função de produção Cobb-Douglas, com o propósito de dar subsídios a discussão de estratégias de enfrentamento da escassez de recursos naturais não renováveis, notadamente o petróleo.

Contudo, a controvérsia sobre quando e se o pico de Hubbert será atingido está fora do escopo deste trabalho, registrando-se aqui apenas a existência de diferentes posições e estratégias para lidar com a possível depleção das reservas de petróleo, como as apresentadas em MILLS (2008). Autores como GOODSTEIN (2004), que formam o mainstream, acreditam em uma crise aguda ainda neste século. Mills, numa posição otimista e minoritária, acredita que há muito exagero nas previsões do fim da era do petróleo.

Vale notar ainda que, independentemente da controvérsia sobre o volume das reservas e de sua viabilidade econômica, a emissão de gases do efeito estufa pode constituir restrição importante ao consumo de combustíveis, e o aumento de eficiência no consumo tem sido proposto como meio de mitigar o aquecimento global.

2. Métodos

O ponto de partida é uma função de produção Cobb-Douglas, com apenas dois fatores ou insumos, em que y é a quantidade produzida e x_i ($i = 1, 2$) representa a quantidade utilizada de cada insumo. Os parâmetros a e b estão associados positivamente à produtividade dos insumos, que tem rendimentos decrescentes. Assume-se que os fatores de produção apresentam rendimentos decrescentes e que a tecnologia apresenta retornos decrescentes de escala ($a+b < 1$).

$$y = x_1^a x_2^b \quad [1]$$

Os preços dos insumos 1 e 2 são, respectivamente, w_1 e w_2 . A função custo associada a essa tecnologia (a derivação pode ser obtida em VARIAN, 1992) é dada por:



$$C(y) = \left[\left(\frac{a}{b}\right)^{\frac{b}{a+b}} + \left(\frac{a}{b}\right)^{\frac{-a}{a+b}} \right] w_1^{\frac{a}{a+b}} w_2^{\frac{b}{a+b}} y^{\frac{1}{a+b}} \quad [2]$$

A demanda condicional (à quantidade produzida y) do insumo 1 (supostamente um recurso não renovável) é:

$$x_1^* = \left(\frac{a}{b}\right)^{\frac{b}{a+b}} w_1^{\frac{-b}{a+b}} w_2^{\frac{b}{a+b}} y^{\frac{1}{a+b}} \quad [3]$$

A demanda do insumo 1, $x_1 = f(p, w_1, w_2)$, pode ser obtida substituindo-se a quantidade produzida y na equação [3] pela oferta do produto em um mercado competitivo em que o preço do produto (p) é igual a seu custo marginal ($p = dC(y)/dy$).

O custo marginal é:

$$\frac{dC(y)}{dy} = \frac{1}{a+b} \left[\left(\frac{a}{b}\right)^{\frac{b}{a+b}} + \left(\frac{a}{b}\right)^{\frac{-a}{a+b}} \right] w_1^{\frac{a}{a+b}} w_2^{\frac{b}{a+b}} y^{\frac{1-a-b}{a+b}} \quad [4]$$

A equação [5] é a demanda do insumo 1 (recurso não renovável).

$$x_1^* = \frac{w_1^{\frac{-b}{a+b}} w_2^{\frac{b}{a+b}} \left(\frac{a}{b}\right)^{\frac{b}{a+b}} (p(a+b))^{\frac{1}{1-a-b}}}{\left\{ \left[\left(\frac{a}{b}\right)^{\frac{b}{a+b}} + \left(\frac{a}{b}\right)^{\frac{-a}{a+b}} \right] w_1^{\frac{a}{a+b}} w_2^{\frac{b}{a+b}} \right\}^{\frac{1}{1-a-b}}} \quad [5]$$

Com base na equação [5] foram feitas simulações dos efeitos de ganhos de produtividade (aumentos do valor do parâmetro a) e de elevação do preço do recurso não renovável sobre a demanda pelo recurso escasso. Foram considerados dois cenários, um em que o preço do produto permaneceu constante, e outro em que 80% da alta do insumo foi repassada para o preço do produto final.

3. Resultados

O Gráfico 1 mostra a demanda do recurso escasso (x_1^*), a demanda do insumo 2 (x_2^*) e a quantidade produzida (y), como funções do parâmetro a (eixo horizontal). O efeito Jevons se traduz em uma demanda crescente em relação à produtividade. A demanda do recurso renovável cai continuamente.

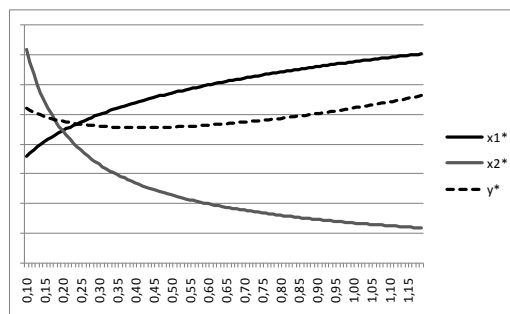


Gráfico 1 – Demanda dos recursos não renovável e renovável, e quantidade produzida, em função de ganhos de produtividade ($b = 0,2$; $p = 5$; $w_1 = 1$; $w_2 = 1$)

Esse cenário, contudo, é irrealista, na medida em que, em um mercado competitivo, os preços relativos dos fatores e do produto não permaneceriam constantes. No cenário



alternativo, os preços do produto final (p) sobem 80% da alta dos preços do recurso não renovável.

O Gráfico 2 apresenta o resultado da simulação, para diferentes níveis de preços do insumo escasso (w_1) e do produto final (p).

A alta do preço do recurso escasso não é capaz de reverter o efeito Jevons, mesmo que com um repasse parcial ao preço do produto final. Para cada nível de produtividade do recurso não renovável (parâmetro a), os preços mais altos do insumo e do produto deslocam a demanda para cima.

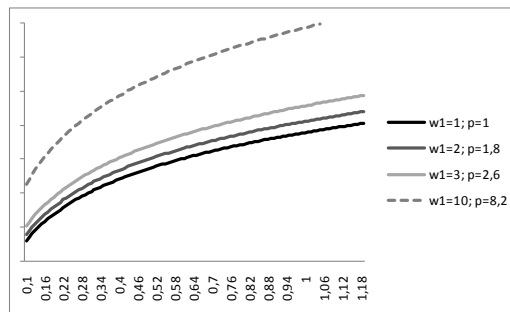


Gráfico 2 – Demanda do recurso escasso – repasse de 80% do aumento do preço do insumo ao preço do produto final ($b = 0,2$; $w_2 = 1$)

4. Conclusões

A consequência deste exercício, limitado por sua própria natureza, é a de que o aumento da eficiência no uso dos recursos não renováveis é insuficiente para compensar a depleção desses recursos, nem, no caso dos combustíveis fósseis, para reduzir as emissões de gases do efeito estufa. Inovações incrementais que melhorem a eficiência do uso de recursos não renováveis ou da emissão de poluentes não reduzem o consumo desses recursos. Muito ao contrário, como sugeriu Jevons no século XIX.

O efeito positivo do progresso técnico no consumo do recurso não renovável se dá principalmente sobre o bem estar. O mecanismo de preços não atuaria no sentido de retardar a depleção, mas ao contrário, acelerá-la.

Para atingir objetivos relacionados à conservação dos recursos naturais é necessário criar instituições adequadas que limitem o uso desses recursos de forma compulsória e/ou que alterem substancialmente os preços de recursos não renováveis e respectivos produtos. Um dos papéis do progresso técnico seria o de mitigar as perdas de bem estar decorrentes da regulação, por meio de ganhos de eficiência. Outro papel seria o de encontrar alternativas radicais ao uso dos recursos não renováveis, antes de uma possível crise energética. Como disse o Sheik Zaki Yamani, “a idade da pedra não acabou por falta de pedras, e a idade do petróleo não acabará por falta de óleo” (MILLS, 2008: 4). Para conter a rápida depleção do recurso não renovável, é mais efetivo aumentar a produtividade do recurso renovável.

Referências

GOODSTEIN, David. (2004) *Out of Gas: The End of the Age of Oil*. W. W. Norton & Company

JEVONS, William Stanley. (1866) *The Coal Question. An Inquiry Concerning the Progress of the Nation, and the Probable Exhaustion of Our Coal-Mines*. 2nd edition London: MacMillan and Co.



III Simpósio de
Sustentabilidade
& Ciência Animal

<http://www.econlib.org/library/YPDBooks/Jevons/jvnCQ.html>

MILLS, Robin M. (2008) *The Myth of the Oil Crisis: Overcoming the Challenges of Depletion, Geopolitics, and Global Warming*. London: Praeger.

VARIAN, Hal R. (1992) *Microeconomic Analysis*. 3rd ed. Norton