O Papel das Taxas de Depreciação na Estimativa do Estoque de Capital em Infraestrutura

# Introdução

Avaliações econômicas frequentemente esbarram na falta de uma medida acurada para o estoque de capital. Na década de 90 a preocupação primordial do Sistema de Contas Nacionais (SCN/IBGE) era contabilizar os fluxos da formação bruta de capital fixo, não havendo uma preocupação explicita em estatísticas de estoque (OCDE, 2001). Apesar da falta de informações públicas, o estoque de capital é uma informação crucial a ser incluídas em modelos econométricos, e indicadores de produtividade. Nos modelos econométricos, sua ausência dá origem ao chamado viés por omissão de variáveis, afetando os parâmetros estimados das demais variáveis explicativas (Wooldridge, 2009). Por outro lado, sua aproximação por meio de *proxies* mal construídas dá origem ao chamado viés por erro de medida (Hyslop e Imbens, 2001), que resulta na endogeneidade das variáveis explicativas em relação ao termo de erro.

A utilização de medidas aproximadas para o estoque de capital é a solução encontrada por muitos trabalhos, particularmente na mensuração da produtividade total dos fatores e estimativa dos parâmetros de funções de produção. Notadamente, os gastos em energia elétrica e os fluxos de investimento das firmas foram utilizadas no passado como medidas aproximadas do estoque de capital (Alves & Silva, 2007). Entretanto, como já comentado, tal recurso pode resultar no viés devido ao erro de mensuração (Greene, 2007), originando uma correlação entre as variáveis explicativas e o erro, tornando os estimadores do modelo viciados.

1. **Método do Inventario Perpétuo**

O método do inventário perpétuo é frequentemente utilizado para estimativa do estoque de capital[[1]](#footnote-1). Trata-se de uma forma indireta de cálculo por meio da soma dos investimentos acumulados que, devidamente depreciada, converge ao longo do tempo para o estoque de capital fixo das empresas. O estoque de capital em *t* é dado por:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

onde, e representam o estoque de capital e o investimento do setor *i*, no ano *t*. A taxa de depreciação possui bastante impacto na metodologia de estimação do estoque de capital, dependendo se esta é considerada constante () ou variável com o tempo (). Como veremos, a simplificação por uma taxa de depreciação constante, apesar operacionalmente viável, pode induzir a resultados com pouca acerácea. A utilização de taxas de depreciação variáveis com o tempo, apesar de mais precisa, pode tornar o processo de estimação do estoque de capital excessivamente complexo.

Na ausência de um valor inicial para o estoque de capital no período inicial, utiliza-se . Esta abordagem também pode resultar em um erro de medida quando não possuímos uma série de investimentos especialmente longa. No método do inventário perpetuo a convergência do estoque de capital calculado para o estoque de capital real só ocorre após vários períodos de tempo (Alves & Messa, 2008):

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

1. **Contabilização do Ativo Imobilizado**

O ativo fixo é composto pelos bens tangíveis destinados à manutenção das atividades da firma, inclusive os decorrentes de operações que transfiram à companhia os benefícios riscos e controles destes bens.

Os princípios contáveis dizem que os bens do ativo fixo devem ser avaliados pelo custo de aquisição, deduzido dos saldos das respectivas contas de depreciação, amortização e exaustão. Também devem se considerados os impostos não recuperáveis sobre a compra e custos de instalação (Ludícibus *et al.*, 2010).

A depreciação corresponde à parte do caixa investido na aquisição ou construção do ativo que não será recuperado pelas entradas de recursos resultantes da sua eventual venda ao final de seu uso. A tabela 1 apresenta os critérios de depreciação pela legislação fiscal considerando um turno de trabalho de 8 horas (Ludícibus *et al.*, 2010).

**Tabela 1: Critérios de Depreciação do ativo Imobilizado segundo a Legislação Fiscal.**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Taxa anual | Anos de vida útil |
| Edifícios | 4% | 25 |
| Máquinas e equipamentos | 10% | 10 |
| Instalações | 10% | 10 |
| Móveis e utensílios | 10% | 10 |
| Veículos | 20% | 5 |
| Sistemas de processamento de dados | 20% | 5 |

**Fonte**: Lubícibus *et. al* (2010, p. 249).

Trabalhando especificamente com a estimação do estoque de capital em infraestrutura Frischtak & Mourão (2001) utilizam uma taxa constante ao longo do tempo, mas variável para os setores da infraestrutura. A única exceção é o setor de transportes, que recebe taxa de depreciação distinta entre 2001-2016. Os autores mostram através que existe consistência nas estimativas de estoque de capital obtidas, caso ocorram algumas variações controladas das taxas de depreciações adotadas. Pode-se observar que o setor de telecomunicações, mais intensivo em tecnológica, está exposto a uma maior obsolescência na sua infraestrutura.

**Tabela 2: Taxas de Depreciação para setores de Infraestrutura.**

|  |  |
| --- | --- |
| Setor | Taxa de Depreciação |
| Energia Elétrica | 3,00% |
| Telecomunicações | 8,00% |
| Saneamento | 2,27% |
| Transportes | 4,33% |
| Total | 3,90% |

**Fonte**: Lubícibus *et. al* (2010, p. 249).

1. **Utilização das Baixas como Taxa de Depreciação**

Uma das críticas da aplicação do método do inventário perpétuo em dados é a utilização de uma taxa de depreciação fixa. Muitos trabalhos adotaram a taxa de depreciação constante ao longo de todo período de tempo. Entretanto, pela tabela 1, a heterogeneidade na composição de estoque de capital dos setores levaria a diferentes taxas de depreciação.

Caso existe a disponibilidade e o acesso as declarações de baixas de máquinas, meios de transporte, e outras estruturas físicas[[2]](#footnote-2), estas podem ser usadas como medida aproximada da taxa de depreciação. Demostramos isto através da decomposição do inventário perpétuo conforme:

A relação entre as baixas e a taxa de depreciação aparece em: . O método do inventário perpétuo pode ser reescrito como:

onde, , e representam, respectivamente, o estoque de capital, o investimento, as baixas do setor *i*,no ano *t*.

De forma geral, o cálculo do estoque de capital demanda três informações essenciais: (i) Estoque inicial; (ii) Investimentos realizados no período de referência, (ii) e a taxa de depreciação dos ativos constituídos ao longo dos anos. Quando precisamos obter uma estimativa confiável do estoque especificamente para infraestrutura, os fluxos de investimento precisam incluir os investimentos públicos e privados (Frischtak, C. & Mourão). Outro aspecto importante a se considerar na estimação de estoque de capital em infraestrutura é o estabelecimento de uma taxa de depreciação adequada, construída preferencialmente no nível setorial.

A necessidade de padronização das metodologias de estimação do estoque de capital foi tema um manual lançado pela OCDE, cuja metodologia permitiu estimar o estoque de capital público de forma padronizada para países da OCDE. Conforme os resultados reproduzidos em públicos Frischtak & Mourão (2001), nos anos recentes poucos países ampliaram a participação do estoque de capital em infraestrutura como fração do PIB (Tabela 3).

Observa-se a liderança do Japão, Nova Zelândia e países desenvolvidos do continente europeu na acumulação de estoque de capital. Em relação a década de 1980 poucos países da ampliaram os gastos públicos em infraestrutura. Países como Portugal, Espanha e Grécia, que entraram na OCDE mais recentemente, apresentaram uma expansão dos seu estoque de capital em infraestrutura como proporção do PIB (Tabela 3). Infelizmente as estimativas não incluem o Brasil.

**Tabela 3 - Estoque de Capital de países da OCDE**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Pais | 1980 | 2000 |
| Japão | 98 | 117 |
| Nova Zelândia | 110 | 77 |
| Áustria | 75 | 57 |
| Holanda | 80 | 56 |
| Suíça | 46 | 55 |
| França | 55 | 54 |
| Grécia | 44 | 51 |
| Islândia | 48 | 51 |
| Noruega | 49 | 51 |
| Estados Unidos | 60 | 50 |
| Itália | 45 | 48 |
| Espanha | 36 | 48 |
| Alemanha | 58 | 47 |
| Finlândia | 44 | 47 |
| Portugal | 28 | 43 |
| Suécia | 42 | 42 |
| Austrália | 54 | 40 |
| Reino Unido | 64 | 40 |
| Bélgica | 40 | 38 |
| Canadá | 52 | 38 |
| Irlanda | 76 | 35 |
| Média Mundo | 58,2 | 51,4 |

Fonte: Adaptado de Frischtak & Mourão (2017)

No Brasil, Cavalcanti e Malliagros (1998) calculou o estoque de capital de infraestrutura utilizando do setor público e a empresas relevantes, utilizando taxas de depreciação arbitradas em: 6%, 8% e 10%. Os resultados indicam um estoque de capital em infraestrutura para 1994 de 35%, 29% e 24% do PIB, dependendo da taxa de depreciação arbitrada.

Morandi e Reis (2008) estimaram o estoque de capital de construção da administração pública. Apesar do EKCAP possuir componentes não diretamente relacionados à infraestrutura, a maior parte do mesmo diz respeito à infraestrutura econômica.

Os componentes públicos e privados devem ser considerados na obtenção do estoque de infraestrutura. Além desses componentes, é necessário estabelecer uma taxa de depreciação setorial construída por métodos adequados.

Quanto à depreciação, as estimativas de estoque de capital no Brasil utilizaram as taxas depreciação observadas nos Estados Unidos (Morandi e Reis, 2008) , taxas arbitrárias (Cavalcanti e Malliagros, 1998), ou taxas de depreciação que construídas a partir das demonstrações financeiras de empresas que atuam no setor, associadas às informações cedidas por agências reguladoras (Frischtak & Mourão).

Friscjtak & Mourão (2017) ressaltam que muitos estudos encontraram dificuldade em mensurar separadamente o estoque de capital em infraestrutura. Uma aproximação relativamente acurada pode ser encontrada em Arestoff e Hurlin (2006). Os autores consideraram os investimentos públicos em rodovias, ferrovias, energia, gás, saneamento e telecomunicações. Esses segmentos se enquadrariam satisfatoriamente na definição de infraestrutura mais amplamente aceita, mas ainda assim, os autores não consideram os investimentos privados.

Para obter uma estimativa razoável do estoque de capital e necessário considerar investimentos públicos e privados, além de uma taxa de depreciação setorial. Para isto, Frischtak & Mourão (2017) utilizam séries de investimento disponibilizadas por empresas dos setores chave de infraestrutura e agências governamentais para quatro grandes setores relacionados à infraestrutura. O método do inventário perpétuo é a metodologia de cálculo do estoque de capital empregada. A taxa de depreciação é constante ao longo do tempo, no entanto variável de acordo com o setor econômico ().

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Utilizando a expressão dada pela equação do inventário perpétuo em *t*, *t*-1, ..., *t*-T os autores expressam o estoque de capital em infraestrutura em termos dos investimentos acumulados e do estoque de capital no tempo inicial.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

A expressão acima é aplicada para cada setor, valendo-se do fato de possuírem séries de tempo longas, o que é equivalente e estabelecer um capital inicial nulo ().

**Tabela 4 – Investimentos em Infraestrutura no Brasil**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Pais | 1970-1980 | 1981-1990 | 1991-2000 | 2001-2016 | 2001-2010 | 2001-2010 |
| Telecomunicações | 0,93 | 0,38 | 0,71 | 0,57 | 0,63 | 0,47 |
| Energia | 2,47 | 1,26 | 0,68 | 0,61 | 0,57 | 0,68 |
| Saneamento | 0,53 | 0,20 | 0,15 | 0,18 | 0,17 | 0,19 |
| Transportes | 2,36 | 1,26 | 0,57 | 0,67 | 0,59 | 0,85 |
| Rodovia |  |  |  | 0,37 | 0,39 | 0,40 |
| Ferrovia |  |  |  | 0,11 | 0,11 | 0,13 |
| Mobilidade Urbana |  |  |  | 0,08 | 0,05 | 0,15 |
| Aeroportos |  |  |  | 0,04 | 0,03 | 0,07 |
| Portos |  |  |  | 0,06 | 0,05 | 0,09 |
| Hidrovias |  |  |  | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| **Brasil** | **6,30** | **3,10** | **2,12** | **2,03** | **1,96** | **1,96** |

Fonte: Adaptado de Frischtak & Mourão (2017)

Friscjtak & Mourão (2017) também concatenam as estimativas de estoque de capital (% PIB) estimadas separadamente por Bielschowsky (2002) por meio da abordagem *bottom-up* para o período de 1970-2000, e os valores estimados pela consultoria Inter B para o período 2001-2016 (Tabela 4). É possível observar os significativos aportes de investimentos em infraestrutura realizados nos anos 1970, seguida por uma significativa queda no período de hiperinflação e uma relativa recuperação partir da década de 1990. Os investimentos em mobilidade urbana só aparecem timidamente a partir de 2001.

1. **Cálculo de Taxas de Depreciação por Métodos Econométricos**

Dada a dificuldade em se construir taxas de depreciação variáveis ao longo do tempo, alguns autores procuraram estabelecer metodologias baseadas em abordagens econométricas que possibilitassem obter estimativas de taxas de depreciação variáveis. Apresentamos nesta seção um resumo dos principais métodos para estabelecimento das taxas de depreciação.

**5.1 Estimação Econométrica de uma Taxa de Depreciação Constante**

O método proposto por Prucha (1995) consiste na estimação de uma taxa de depreciação constante. Considerando uma função de produção constante

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

onde, , e representam, respectivamente, produção, trabalho, estoque de capital em *t*, e representa um vetor de parâmetros. A evolução do estoque de capital é determinada pelo método do inventário perpétuo:

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

onde, é o investimento em *t*, e é uma taxa de depreciação desconhecida. Substituindo sucessivamente as defasagens do estoque de capital ( em (2) temos:

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

Substituindo na função de produção (1) obtemos:

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

onde, e também são função de *t*. Uma vez que , são variáveis observáveis, os parâmetros , e podem ser estimados em um modelo econométrico. A dificuldade reside da quantidade de parâmetros, que aumenta juntamente com *t.* No entanto, esta dificuldade pode ser contornada introduzindo variáveis explicativas conforme explicitado abaixo. Realizando primeiramente a mudança de base:.

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

Para um dado , definimos *T* novas variáveis com auxílio das indicadoras conforme a expressão:

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |
|  |  |

Reescrevendo a expressão (5) temos:

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

Agora o número de parâmetros em cada período é constante, permitindo a estimação econométrica do seguinte sistema:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

O estoque de capital depende de *T* variáveis em todos os períodos e o modelo é identificável.

**5.2 Estimação Econométrica de Taxa de Depreciação Variável**

A estimação da depreciação constante ocorre ao mesmo tempo da estimação do conjunto de parâmetros da função de produção. A estimação da taxa de depreciação variável possui duas ramificações. Na primeira ramificação introduzimos uma variável auxiliar *x* que possui uma relação linear com a taxa de depreciação: , enquanto na segunda abordagem a taxa de depreciação variável possui uma dependência não-linear com *x*.

Considerando a função de produção:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

onde depende de uma taxa de depreciação variável. Uma das vantagens desta especificação é a possibilidade de testar a hipótese de haver uma taxa de depreciação constante: .

Denominando , e , temos: . Substituindo recursivamente em (2) e substituindo por temos a relação:

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

Representando os coeficientes do investimento bruto no período por ,, onde é o coeficiente de Então:

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

Desta forma a expressão (8) pode ser escrita como:

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

Observe que, quando então , e (10) e (3) são equivalentes: . Quando a taxa de depreciação é constante, a expressão (10) possui número de parâmetros que aumenta com *t*.

**Método 1**:

Este método é um caso particular da abordagem demonstrada em Prucha (1997) para taxas de depreciação variáveis: . Substituindo em (3) temos:

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

Utilizando novamente a relação (6): , onde: se e se .

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

Temos o mesmo número de parâmetros em todos os períodos de tempo, sendo possível estimar parâmetros , e em um modelo econométrico.

Reescrevendo o modelo na forma matricial podemos observar o aumento da complexidade do modelo devido a inclusão de uma taxa de depreciação variável:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Substituindo os vetores acima pelas expressões abaixo:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

Podemos representar a equação do estoque de capital com depreciação variável por:

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

**Método 2**:

Conforme já comentado, a não-linearidade entre os parâmetros, e o fato da expressão possuir uma quantidade de parâmetros que varia com *t* dificultam a estimação das taxas de depreciação por métodos econométricos. Seria mais fácil estimar as taxas de depreciação variáveis se houvesse uma expressão para onde os pesos associados às defasagens dos investimentos possuíssem uma forma mais simples de conexão com , e o modelo tivesse baixo viés e alta eficiência. Isto pode ser alcançado substituindo os coeficientes da expressão (9) por uma aproximação linear em torno da média . Esperasse simplificar a não linearidade associada aos produtos cruzados com os coeficientes .

Conforme demonstrado em Hernández & Mauleón (2005), uma aproximação para pode ser obtida por:

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

Por simplificação vamos utilizar: . Subsistindo por na equação de estoque de capital.

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

Substituindo , podemos escrever a equação do estoque de capital na forma:

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

onde, se . Por último, a expressão (16) é substituída na função de produção para estimação dos parâmetros. Escrevendo a equação na forma matricial temos:

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

Escrevendo na forma compacta temos:

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

onde, *A* e *B* são matrizes *T(T+1)* e são vetores de parâmetros .

Utilizando a abordagem econométrica esclarecida na seção 5 é possível obter estimativas de taxas de depreciação variáveis com o tempo. A dificuldade reside na disponibilidade de uma estimativa de estoque de capital já construída, que na maioria das situações não existe. Uma forma de contornar esta dificuldade é utilizar estimativas de estoque de capital já construídas por outros autores, obter taxas de depreciação variáveis a cada 5 ou 10 anos e aplicar estas mesmas taxas para dados anuais mais atualizados.

**Referência**:

Alves, P; Messa, A. Estimativa do Estoque de Capital das Empresas Industriais Brasileiras. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Texto de Discussão 1325, Brasília, 2008.

Arestoff, F. & Hurlin, C. Estimates of government net capital stocks for 26 developing countries:1970-2002. World Bank, Working Paper 3858, 2006.

Cavalcanti, P.; Malliagros, T. Impactos produtivos da infraestrutura do Brasil – 1950/95. Pesquisa e Planejamento Econômico (PPE), v. 28 n. 2, p. 315-338, 1998.

Frischtak, C. & Mourão, J. Uma Estimativa do Estoque de Capital de Infraestrutura no Brasil. Desafios da Nação: artigos de apoio. IPEA, 2017.

Hernández, J. & Mauleón, I. Econometric estimation of a variable rate of depreciation of the capital stock. Empirical Economics, v. 30(3), p. 575-595, 2005.

Hyslop, D; Imbens, G. *Bias From Classical And Other Forms Of Measurement Error*. Journal of Business and Economic Statistics, , v. 19 (4), p. 475-481, 2001.

IBGE(a). Pesquisa Industrial Anual 2015: Empresa. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/1719/pia_2015_v34_n1_empresa.pdf>

IBGE(b). Pesquisa Anual de Serviços. Notas Técnicas. v. 17. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/150/pas_2015_v17_notas_tecnicas.pdf>

Iudícibus, S. et al. Manual de contabilidade societária. São Paulo: Atlas, 2010.

Wooldridge, J. *Omitted Variable Bias: The Simple Case*. Introductory Econometrics: A Modern Approach. Mason, OH: Ed. Cengage Learning. p. 89-93. ISBN 9780324660548, 2009.

OCDE. Measurement of Capital Stocks, Consumption of Fixed Capital and Capital Services, Measuring Capital. OECD Manual, 2009.

Prucha, I. *Estimation of a variable rate of depreciation: a dummy variable approach*. Structural Change and Economic Dynamics, v. 3, p. 319–325, 1997.

1. Para uma discussão acerca dos diferentes métodos de cálculo do estoque de capital, vide OECD (2001). [↑](#footnote-ref-1)
2. Existem tais informações disponíveis, por exemplo, na Pesquisa Industrial Anual e na Pesquisa Anual de Serviços (PAS) (IBGE, 2015a; IBGE, 2015b). [↑](#footnote-ref-2)