

VALOR DE UMA VIDA ESTATÍSTICA: UMA REVISÃO DA LITERATURA EMPÍRICA PARA O BRASIL¹

Matheus Stivali²

Este trabalho produz uma síntese das estimativas encontradas na literatura para o valor de uma vida estatística (VVE) para o Brasil. São apresentados o conceito de valor de uma vida estatística e a sua fundamentação teórica, assim como as possibilidades de estimação desse parâmetro (preferência revelada, preferência declarada e transferência de benefícios). A busca na literatura foi baseada em palavras-chave e códigos de classificação do *Journal of Economic Literature* (JEL), com os critérios de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão documentados no trabalho. Foram incluídos dez trabalhos com estimativas do VVE, totalizando trinta estimativas para esse parâmetro, que foram corrigidas para valores de reais de janeiro de 2022. Após a identificação dessas estimativas, técnicas de meta-análise foram utilizadas para sintetizá-las considerando o subconjunto desses trabalhos com informações suficientes para tanto (dezenove estimativas). Para avaliar a robustez do resultado da meta-análise, foram realizados exercícios de transferência de benefícios a partir do VVE definido por agências governamentais de outros países.

Palavras-chave: valor de uma vida estatística; meta-análise; análise custo-benefício.

VALUE OF A STATISTICAL LIFE: A REVIEW OF EMPIRICAL LITERATURE FOR BRAZIL

This work synthesises the estimates found in the literature for the value of a statistical life in Brazil. The concept of the value of a statistical life and its theoretical foundation are presented, as well as the possibilities of estimating this parameter (revealed preference, stated preference, and benefit transfer). The literature search was based on keywords and JEL classification codes, with identification, screening, eligibility and inclusion criteria documented in the work. Ten studies with VSL estimates were included, totalling thirty estimates. Monetary values were adjusted for inflation to January 2022 Brazilian Real. After identifying these estimates, meta-analysis techniques were used to synthesize them considering the subset of these works with information enough to do so (nineteen estimates). To assess the robustness of the meta-analysis result, benefits transfer exercises were performed based on the VVE defined by government agencies in other countries.

Keywords: value of a statistical life; meta-analysis; cost-benefit analysis.

VALOR DE LA VIDA ESTADÍSTICA: UNA REVISIÓN DE LA LITERATURA EMPÍRICA PARA BRASIL

Este trabajo sintetiza las estimaciones encontradas en la literatura para el valor de la vida estadística en Brasil. Se presenta el concepto del valor de la vida estadística y su fundamentación teórica, así como las posibilidades de estimación de este parámetro (preferencia revelada, preferencia declarada

1. DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/ppp66art7>

2. Coordenador de gestão de dados na Coordenação-Geral de Ciência de Dados e Tecnologia da Informação do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (CGDTI/Ipea). *E-mail:* matheus.stivali@ipea.gov.br. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7699225631713700>. Orcid: 0000-0002-7757-6433.

y transferencia de beneficios). La búsqueda bibliográfica se basó en palabras clave y códigos de clasificación de JEL, con criterios de identificación, cribado, elegibilidad e inclusión documentados en el trabajo. Se incluyeron diez estudios con estimaciones VSL, con un total de treinta estimaciones. Los valores monetarios se ajustaron por inflación a reales brasileños de enero de 2022. Se utilizaron técnicas de metanálisis para sintetizar las estimaciones considerando el subconjunto de estos trabajos con información suficiente para hacerlo (diecinueve estimaciones). Para evaluar la solidez del resultado del metanálisis, se realizaron ejercicios de transferencia de beneficios basados en el VVE definido por agencias gubernamentales en otros países.

Palabras clave: valor de la vida estadística; metanálisis; análisis de costo-beneficio.

JEL: J17; D61; J31; I18; R41.

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho sumariza diferentes estimativas do valor de uma vida estatística (VVE) existentes para o Brasil. Para tanto, faz-se uma busca na literatura para identificar trabalhos que estimaram o VVE, de modo a compilar essas estimativas e outras características de interesse dos trabalhos, e, por fim, aplicam-se técnicas de meta-análise ao subconjunto dos trabalhos com informações suficientes para tanto. O objetivo é que o valor estimado pela meta-análise possa ser utilizado como parâmetro comum em análises de custo-benefício (ACB) no país.

O VVE corresponde ao valor monetário atribuído a uma pequena redução do risco de morte em uma população específica. O conceito pode ainda ser entendido como o valor monetário de se reduzir riscos à vida, ou ainda como o valor atribuído à prevenção de uma fatalidade (Schelling, 1991). Em termos microeconômicos, o VVE corresponde à taxa marginal de substituição entre a riqueza (ou renda) e a probabilidade de morte (Viscusi, 2008).

Assim, o cálculo do VVE não se confunde com uma definição de preço para uma vida humana, como a expressão pode induzir o entendimento. O valor monetário identificado pelo conceito corresponde à disposição da sociedade para pagar pela redução de risco (e não pelo risco em si), normalizada de forma a equivaler a uma fatalidade. A qualificação “estatística” explicita a dependência desse valor de uma probabilidade que afeta toda a população sob estudo, não podendo ser associado *a priori* a um membro ou a um subgrupo específico da população.

Ao se realizar ACB para avaliar uma intervenção governamental, busca-se identificar todos os custos e benefícios relacionados a essa intervenção. Essa é então avaliada como desejável, isto é, capaz de gerar ganhos de bem-estar ou eficiência econômica quando os benefícios superam os seus custos. Parte fundamental da ACB é descrever custos e benefícios em termos monetários para que essa comparação possa ser realizada (Boardman *et al.*, 2014). Para tanto, a análise deve levar em conta inclusive custos (da poluição, por exemplo) e benefícios (serviços ambientais, por exemplo), que não têm valores monetários observáveis no mercado. Esse é o caso das intervenções governamentais que têm como objetivo a prevenção de fatalidades.

Ações governamentais (uma nova regulação ambiental, a incorporação ou não de uma nova tecnologia à saúde, realizar ou não uma obra de infraestrutura, entre outras) muitas vezes têm como principal objetivo o aumento da segurança da população, e essas ações só podem ser avaliadas no arcabouço da ACB com a obtenção de um preço sombra,³ ou seja, um valor monetário para a redução de riscos à vida. Ao se realizar ACB, esse é um parâmetro importante, pois permite valorar o que muitas vezes é o principal benefício de uma intervenção, ainda que essa tenha também outros impactos. A experiência internacional com ACB mostra que o VVE é decisivo para a aprovação ou a rejeição de projetos, uma vez que sua magnitude tende a dominar outros efeitos (superando outros benefícios e custos existentes) em diferentes projetos.

A principal dificuldade na obtenção de estimativas do VVE é determinar o valor da disposição a pagar (DAP) da população pela redução do risco. Embora esse valor não seja observável em um mercado, estimativas podem ser obtidas a partir de escolhas reais feitas pela população em outros contextos (observando assim as preferências reveladas); ou então a partir de questionários que buscam captar as preferências da população a partir de situações hipotéticas (observando assim as preferências declaradas); ou ainda pela adaptação de valores estimados em diferentes países ou situações (técnica chamada de transferência de benefícios – TB). Cada forma de se obterem estimativas do VVE tem problemas, teóricos e práticos, que devem ser considerados em sua interpretação e uso.

Em países com uma tradição de uso de ACB para avaliação de políticas públicas, é possível encontrar muitos trabalhos acadêmicos ou técnicos (das próprias agências que realizam a análise) fornecendo estimativas do VVE. Comumente, um mesmo trabalho traz mais de uma estimativa do VVE abarcando diferentes especificações ou cenários considerados. Essa profusão de estimativas não seria problemática se os valores fossem próximos ou convergentes, o que em geral não ocorre. Assim, para a prática de ACB nas agências governamentais, é necessário definir uma estimativa específica entre as disponíveis para o uso em suas análises. Isso é feito de diferentes formas: simplesmente assumindo que a estimativa da própria agência é a mais adequada; ou então buscando uma composição das diferentes estimativas disponíveis por alguma técnica estatística.⁴

Para o Brasil, há comparativamente poucas estimativas para o VVE, mas também se observa grande variabilidade entre elas. Buscou-se identificar todas as estimativas disponíveis, selecioná-las por critérios objetivos e sumarizá-las.

3. Ver, por exemplo, Kanbur (2016).

4. Viscusi (2012) avalia as diferentes opções que tomadores de decisão governamentais podem adotar para definir um VVE de referência entre as diversas estimativas disponíveis para serem utilizadas em ACB.

Este trabalho possui mais cinco seções. A seção 2 delinea o arcabouço teórico do VVE. A seção 3 expõe as principais alternativas para a estimação da DAP necessárias ao cálculo do VVE. Também é apresentado o conceito de TB, que pode ser utilizado como alternativa para a definição do VVE. A seção 4 apresenta os parâmetros da busca sistemática na literatura (palavras-chave e códigos de classificação do JEL e critérios de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão), assim como o resultado dessa busca e a forma de correção inflacionária e cambial para que os valores incluídos correspondam a reais de janeiro de 2022. A seção 5 aplica técnicas de meta-análise nas estimativas encontradas e obtém estimativas do VVE através da técnica de TB a partir dos valores oficiais de outros países. A seção 6 traz conclusões e considerações sobre o uso do VVE em ACB.

2 O VVE: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A abordagem adotada nos primeiros estudos de valoração econômica de ganhos de segurança (ou de prevenção de fatalidades) seguia a teoria do capital humano. Nesse referencial teórico, a pessoa exposta ao risco é identificada e seus rendimentos esperados (permanecendo empregada em 85% do tempo, por exemplo) até o fim da vida (considerando uma expectativa de vida de 77 anos, por exemplo) são trazidos a valor presente. Esse total é então considerado como referência do que seria perdido em caso de fatalidade. Tal valor é diretamente relacionado ao nível educacional e à idade das pessoas consideradas. Embora tenha múltiplas aplicações adequadas, utilizar a abordagem do capital humano nesse contexto acarreta problemas técnicos e éticos. Um dos problemas éticos do uso desse tipo de abordagem é a atribuição de valor zero às pessoas sem rendimentos ou o pouco peso às pessoas no fim do ciclo de vida laboral. Pessoas fora da força de trabalho, por exemplo, não seriam consideradas na avaliação de uma melhoria de segurança, e aposentados teriam pouco peso na avaliação. Do ponto de vista técnico, há inconsistência com a fundamentação microeconômica da ACB, uma vez que esse procedimento desconsidera as preferências da sociedade quanto à melhoria de segurança na determinação de seu valor.

A ACB fundamenta-se na identificação de situações em que são possíveis melhoras de Pareto potenciais, isto é, situações em que os benefícios produzidos por uma intervenção superem seus custos. Essa condição, de benefícios superiores aos custos, é chamada de critério Kaldor-Hicks de eficiência econômica; e quando ele é observado, a intervenção é avaliada como desejável do ponto de vista social. Para a avaliação do critério Kaldor-Hicks, é necessário considerar todos os efeitos (custos e benefícios) produzidos pela intervenção, inclusive aqueles relacionados a bens e serviços que não têm um preço de mercado definido. Para esses é necessário recorrer a técnicas que determinem os valores a partir das preferências dos impactados pela intervenção governamental, isto é, a DAP por determinado benefício, ou a disposição a receber (DAR) para compensar dado custo.

A partir do trabalho de Schelling (1968), a abordagem dominante para valoração da prevenção de fatalidades passou a ser baseada na avaliação da DAP, com a definição do conceito de VVE. Essa abordagem parte da definição da DAP média da sociedade por uma pequena redução num risco de fatalidade específico. Com essa DAP média definida, ela é então dividida pela redução de risco, de forma que o valor monetário é padronizado para corresponder a uma fatalidade (ou vida), daí o nome do conceito. Além do alinhamento com a fundamentação teórica da ACB, essa abordagem evita problemas éticos na avaliação, pois garante a impessoalidade ao considerar uma redução de risco não atribuível a um subgrupo ou a uma pessoa específica. Segundo a definição dada por Andersson e Treich (2011, p. 396), o VVE corresponde ao valor monetário atribuído a uma redução pequena e homogênea no risco de mortalidade de determinada população tal que uma morte estatística seria evitada.

Os trabalhos de Jones-Lee (1974) e Weinstein, Shepard e Pliskin (1980) formalizaram a análise do VVE no arcabouço da análise microeconômica, de modo a considerar uma situação de escolha em contexto de incerteza.

De forma simplificada, a formulação microeconômica do problema pode ser feita considerando um agente que, para dado período, tem uma função de utilidade esperada U , que é função da riqueza naquele período (w) e da probabilidade de sobrevivência ao período (p). As utilidades dos estados contingentes são dadas por: $u_v(\cdot)$, utilidade derivada do consumo da riqueza no período, e $u_m(\cdot)$, utilidade relacionada ao consumo até o momento da morte. Assume-se que ambas observam as propriedades: $u'(w) > 0$ e $u''(w) < 0$.

$$U(w, p) = (1 - p) \times u_m(w) + p \times u_v(w) \quad (1)$$

Definindo $VVE \equiv \frac{dw}{dp}$, esta quantidade pode ser obtida a partir do diferencial total da utilidade esperada:

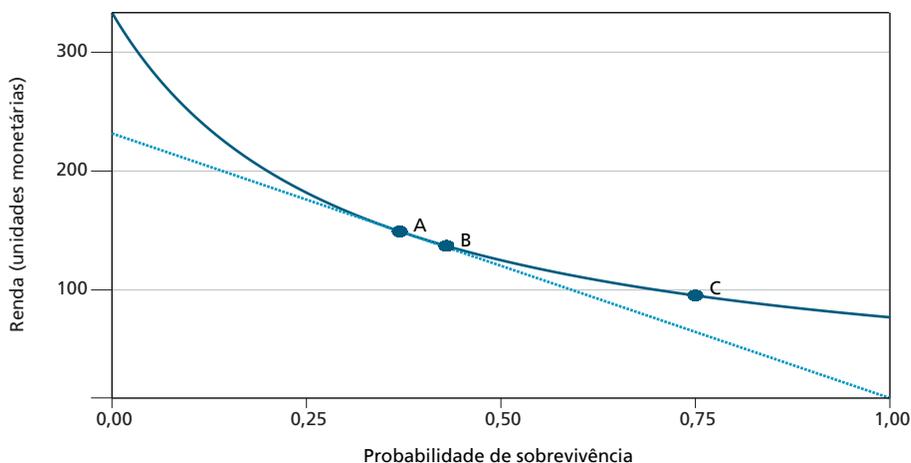
$$VVE = \frac{dw}{dp} = -\frac{\frac{dU}{dp}}{\frac{dU}{dw}} = \frac{u_m(w) - u_v(w)}{pu'_v(w) + (1-p)u'_m(w)} \quad (2)$$

Assumindo ainda que $u_m(w) < u_v(w)$, $u'_m(w) < u'_v(w)$, esse resultado significa que o VVE é positivo, crescente com a renda inicial do agente e decrescente em relação à probabilidade de sobrevivência inicial. Daí duas características importantes desse parâmetro: ele varia de acordo com a renda das pessoas (uma população mais rica estabelecerá um VVE mais alto) e depende da situação original que se está avaliando. No gráfico 1, as características descritas da função de utilidade resultam na forma que a curva de indiferença e o VVE, avaliado no ponto A, corresponde à inclinação da reta azul. Uma situação inicial com probabilidade de sobrevivência

baixa, como o ponto A no gráfico 1, resultará em um VVE mais alto que o avaliado em uma situação inicial, com probabilidade de sobrevivência alta, como o ponto C no gráfico 1, no qual a inclinação é menor.

Outra característica importante é a natureza marginal do VVE, ou seja, sua aplicabilidade apenas a pequenas variações de risco. No gráfico 1, o VVE avaliado no ponto A seria apropriado para apreçar um ganho de segurança modesto, como uma mudança do ponto A para o B, por exemplo. Utilizar uma estimativa pontual do VVE para apreçar uma variação grande na redução de risco, uma mudança do ponto A para o C, por exemplo, levaria a uma sobrestimativa desse valor, uma vez que, como já mencionado, ele é decrescente em p .⁵

GRÁFICO 1

Curva de indiferença renda e probabilidade de sobrevivência

Elaboração do autor.

Na análise de bem-estar do consumidor, há duas medidas monetárias da utilidade⁶ que podem ser utilizadas para a definição do VVE. A chamada *variação equivalente* (VE) corresponde à redução de renda que manteria a utilidade do agente constante para dado aumento na probabilidade de sobrevivência, correspondendo à DAP desse agente pelo ganho de segurança. A VE tem como característica a sua determinação com parâmetros (preços, renda e risco) anteriores à ocorrência da intervenção, como é típico em ACB.

5. Há trabalhos definindo as condições teóricas e empíricas para apreçar grandes variações de risco, por exemplo: Cardoso e Dahis (2020), Colmer (2020) e Hammitt (2020). Contudo, a revisão deste trabalho focará apenas em situações tradicionalmente consideradas em análise de custo-benefício.

6. Ver Varian (1992, p. 161-162) e Jehle e Reny (2003, p. 169).

Em termos de função de utilidade indireta, a VE correspondente a uma mudança da situação inicial S_0 com os níveis de risco originais para S_1 , com o risco reduzido pela intervenção, pode ser identificada como:

$$V(p_0, R_0, S_0) = V(p_0, R_0 - VE, S_1) \quad (3)$$

em que p_0 e R_0 correspondem a preços e renda anteriores à intervenção.

A *variação compensatória* (VC) corresponde ao incremento de renda necessário para que a utilidade do agente se mantenha no nível inicial após um dado decréscimo na probabilidade de sobrevivência, correspondendo à DAR pela piora na segurança. A VC considera em sua determinação parâmetros (preços, renda e risco) após a intervenção ocorrer, sendo menos aderente à natureza *ex ante* da ACB.

Considerando a função de utilidade indireta novamente, a VC correspondente a uma mudança da situação de risco S_0 para S_1 , com $S_0 < S_1$, a qual pode ser identificada como:

$$V(p_1, R_1, S_0) = V(p_1, R_1 + VC, S_1) \quad (4)$$

em que p_1 e R_1 correspondem a preços e renda após a intervenção.

Como aponta Varian (1992, p. 161), os valores da VE e VC devem ser diferentes, uma vez que consideram parâmetros de referência distintos (a primeira considera valores anteriores à intervenção e a segunda, valores posteriores), sendo a VE a mais apropriada para a avaliação de projetos. Contudo, para pequenas variações no risco de fatalidade (Δp), DAP e DAR devem ter valores próximos, podendo ser utilizadas como aproximadamente iguais.⁷

$$VVE = \frac{DAP}{\Delta p} \cong \frac{DAR}{\Delta p} \quad (5)$$

3 MÉTODOS DE ESTIMAÇÃO DO VVE

A maior dificuldade na obtenção de estimativas do VVE é a determinação da DAP (ou da DAR) associada a uma determinada variação no risco de sobrevivência. Há situações, como a compra de um mesmo carro com ou sem equipamentos de segurança (*airbags* e ABS, quando esses eram itens opcionais) ou a escolha de ocupações semelhantes, mas com diferentes riscos de fatalidade, em que é possível determinar a DAR através das preferências reveladas (PR) pelas pessoas.

7. Para mais informações, ver Viscusi (2012, p. 763). Uma ressalva sobre essa aproximação deve ser feita, pois estudos mostram que há uma diferença entre DAR e DAP, com a primeira superando sistematicamente a segunda. Assim, a opção entre essas alternativas afeta o valor final estimado. Horowitz e McConnell (2002) mostram que quanto mais o bem avaliado se afasta e se diferencia de um bem usualmente negociado em mercado, maior é a razão DAR/DAP.

Na maioria dos casos, porém, não há situação real em que escolhas relevantes são efetivamente feitas ou observáveis para identificar essas preferências. Nesses casos, essas quantidades podem ser definidas apenas por técnicas de preferência declarada (PD), que correspondem à tentativa de identificar as preferências das pessoas através de questionários que apresentem uma ou mais situações hipotéticas, contextualizadas, que envolvam a avaliação da variação em riscos de fatalidade associados a um valor monetário. Uma dessas técnicas é chamada de valoração contingente, nomenclatura que se deve aos valores identificados serem contingentes à existência dos mercados hipotéticos considerados (Viscusi, Harrington e Vernon, 2005, p. 736).

Restrições de tempo, recursos ou dados, por exemplo, podem inviabilizar a obtenção de estimativas do VVE tanto por técnicas de PR quanto de PD. Porém, existe ainda uma terceira opção para obtenção de estimativas, chamada de TB. A transferência de benefícios corresponde à adaptação de valores estimados em diferentes contextos e/ou países para o contexto em que a ACB será realizada.

No restante desta seção, são sumariamente explicados os três métodos de estimativa, uma vez que os estudos identificados para o Brasil recorrem aos três. O método de PR mais comum é aquele baseado nos diferenciais compensatórios do mercado de trabalho (que identifica DAR e não DAP), com os de escolhas de consumo sendo praticamente inexistentes. Por esse motivo, apenas o modelo hedônico do mercado de trabalho é descrito. Também é apresentada a fundamentação do método de PD e dos métodos de TB.

3.1 PR: o modelo hedônico do mercado de trabalho

Situações em que a população de interesse faz escolhas que envolvem diferentes níveis de risco, com custos associados distintos, podem ser utilizadas para se estimar o VVE. Um exemplo dessas situações seria a diferença de fluxo entre duas rodovias paralelas, uma duplicada (mais segura) e com pedágio e outra de pista simples (menos segura) e sem pedágio. Tais situações são bastante específicas e, muitas vezes, difíceis de se observar no contexto do estudo. Contudo, a escolha ocupacional ocorre em diversos contextos, e tanto pesquisas domiciliares quanto registros administrativos permitem ao analista observar os diferentes níveis de remuneração e os riscos ocupacionais envolvidos. Por essa razão, descreve-se a seguir o modelo hedônico do mercado de trabalho.

A ideia de diferenciais compensatórios no mercado de trabalho tem origem ainda em Smith (1999), que apontava que trabalhadores poderiam aceitar empregos com maior risco devido aos diferenciais compensatórios de remuneração nesses empregos, que resultavam em salários mais elevados. O chamado modelo hedônico do mercado de trabalho (ou de salários) foi desenvolvido inicialmente por Thaler

e Rosen (1976), já num contexto de estimação do VVE. O modelo hedônico ou dos diferenciais compensatórios é baseado na PR pelos trabalhadores através de suas escolhas no mercado de trabalho.

Segundo esse modelo, não apenas a produtividade do trabalhador é determinante do salário de equilíbrio observado no mercado de trabalho, mas também características do posto de trabalho específico. Essas características podem ser desejáveis (horário de trabalho flexível, maior estabilidade, sala com uma vista agradável etc.), ou indesejáveis (local de trabalho sem janelas, com maior risco de acidentes etc.). O salário de equilíbrio observado então seria resultado da produtividade do trabalhador e do pareamento dos trabalhadores e das características dos postos de trabalho ocupados.

Um posto de trabalho que possui características desejáveis (não desejáveis) deveria pagar menores (maiores) salários. Assim, um posto de trabalho com maior risco de fatalidade seria ocupado apenas com o pagamento de um diferencial compensatório por esse risco; esse diferencial compensatório corresponde à VC descrita na seção anterior. A validade da teoria dos diferenciais compensatórios depende de três hipóteses (Ehrenberg e Smith, 2000, p. 277): i) tanto empregadores como trabalhadores maximizam sua utilidade ou lucro; ii) os trabalhadores têm conhecimento dos diferentes riscos de acidentes associados aos diferentes postos de trabalho; e iii) há mobilidade para os trabalhadores optarem por postos de trabalho com diferentes características (risco de fatalidade).

Adicionalmente, há outro fator que deve ser considerado: diferentes trabalhadores podem ter diferentes preferências quanto ao risco. Dessa forma, é provável que os trabalhadores mais propensos ao risco se autosselecionem para os postos de trabalho mais arriscados, o que levaria à necessidade de alguma forma de controle de endogeneidade na avaliação dos diferenciais compensatórios.

Para simplificar a exposição, vamos ignorar as possíveis formas de correção de endogeneidade para obtenção de estimativas do VVE a partir de dados do mercado de trabalho. Considere as seguintes variáveis: S_i corresponde ao salário do trabalhador i ; p_j corresponde à probabilidade de um acidente fatal no posto de trabalho j ; X_i é uma matriz com características do trabalhador i ; M_j é uma matriz com características do posto de trabalho j ; e ϵ corresponde a um erro aleatório. Com essas variáveis, na equação (6), o coeficiente β_j corresponde ao incremento de salário correspondente a um maior risco de fatalidade no trabalho.

$$\ln(S_i) = \alpha + \beta_1 \times p_j + \sum_{i=1}^n \gamma_i X_i + \sum_{j=1}^m \theta_j M_j + \epsilon \quad (6)$$

O VVE pode então ser obtido a partir de β_j . Nos estudos de VVE, o mais comum é apresentar os resultados em termos anuais, daí considerar a renda média

anual dos trabalhadores no numerador e o resultado ser padronizado pela unidade de medida de p_j (por exemplo, uma fatalidade em cada 10 mil trabalhadores a cada ano), como na equação (7).

$$\widehat{VVE} = \widehat{\beta}_1 \times \frac{\text{Renda anual média}}{\text{Unidade de medida da probabilidade de fatalidade}} \quad (7)$$

O desvio-padrão da estimativa obtido de forma semelhante, como mostrado na equação (8):

$$dp(VVE) = dp(\widehat{\beta}_1) \times \frac{\text{Renda anual média}}{\text{Unidade de medida da probabilidade de fatalidade}} \quad (8)$$

A literatura relacionada aos diferenciais compensatórios aponta outros fatores que deveriam ser levados em consideração, como a necessidade de inclusão da probabilidade de acidentes não fatais entre as variáveis explicativas, já que essa também influenciaria o valor do salário observado.⁸ No caso da formulação acima, o coeficiente β_1 poderia estar captando tanto o risco de acidentes fatais como o de não fatais.

3.2 PD: método de valoração contingente

A identificação da DAP (ou DAR) de uma população por variações no nível de risco pode ser realizada questionando seus membros quanto a escolhas que seriam feitas em situações hipotéticas. Há diferentes alternativas para tanto: a técnica chamada de valoração contingente envolve uma pergunta aberta direta ou um procedimento iterativo em que uma pergunta aberta sobre o valor é seguida por uma fechada propondo uma pequena variação no valor respondido, ou ainda uma sequência de questões abertas. Uma técnica alternativa é a da escolha discreta, na qual o entrevistado deve responder a uma sequência de escolhas binárias (apresentando diferentes opções de risco e custo, por exemplo). A alternativa adotada é relevante, pois o valor obtido muitas vezes depende da forma como a pergunta é feita (Viscusi, Harrington e Vernon, 2005, p. 436-438). No que se segue, a técnica da valoração contingente é detalhada por se tratar da forma mais comum desse tipo de estimativa.

A valoração contingente é um método baseado na preferência declarada da população de interesse. Busca-se definir o valor monetário de um bem ou serviço não negociado no mercado (serviços ambientais de uma reserva florestal ou uma boa saúde, por exemplo) a partir da consideração de situações hipotéticas apresentadas a uma amostra da população através de um questionário.

8. Ver Ehrenberg e Smith (2000) e Esteves (2008), por exemplo.

O objetivo final da valoração contingente é obter uma estimativa da VE ou da VC (alternativamente, da DAP ou da DAR) associada a uma intervenção em análise (despoluição de um rio, maior segurança em automóveis etc.). Essa valoração é obtida a partir de respostas a um questionário que pode ser aplicado por um entrevistador ou autoaplicado. O questionário deve fornecer ao entrevistado a descrição mais fidedigna e completa do mercado hipotético possível para que as respostas de fato reflitam a quantidade de interesse. Essa descrição do mercado deve especificar: o bem que se está querendo valorar (uma redução dos acidentes fatais por ano em dada rodovia, por exemplo), a forma de provisão dos bens (uma obra viária com mudanças no trajeto em trechos específicos) e a forma de pagamento pela melhoria (um pedágio ou um aumento nos impostos, por exemplo).

É importante que o bem a ser valorado seja descrito em termos compreensíveis, e/ou familiares, pelos respondentes para que eles possam avaliar as situações alternativas adequadamente. Adicionalmente, deve-se explicitar a existência ou não de alternativas à provisão do mesmo bem (nesse exemplo, redução da velocidade da via como alternativa à obra) para que os respondentes não considerem alternativas não avaliadas por quem faz o levantamento (Cropper e Alberini, 2002).

Nos estudos de valoração contingente aplicados ao VVE, uma preocupação adicional é a não compreensão dos entrevistados de probabilidades muito pequenas, que se refletem em uma falta de sensibilidade das estimativas de VVE a variações relevantes no risco avaliado. A previsão teórica é que o VVE deveria ser proporcional à variação de risco (ainda que essas sejam variações marginais), de forma que variações maiores se refletissem em estimativas de VVE maiores. Contudo, o que se observa é uma falta de sensibilidade dos entrevistados à escala da variação de risco (Hammitt e Graham, 1999).

Uma vez definida a quantidade de interesse e descrito o mercado contingente a ser avaliado, é necessário definir a forma como o questionário inquirirá o entrevistado sobre a quantidade de interesse.

Como já mencionado, o VVE depende da DAP média da sociedade; ou seja, no contexto de valoração contingente, depende da DAP média dos entrevistados. A forma de determinação dessa média, através de uma média simples ou de um modelo mais complexo, depende em grande medida da estrutura de perguntas adotada nos questionários. Quando a DAP é perguntada diretamente, uma média simples pode ser adequada para obtenção do valor. Modelos mais complexos são necessários para determinar o VVE quando o questionário é baseado numa sequência de escolhas binárias, por exemplo (Boyle, 2017).

Os cuidados com a descrição do mercado contingente e com a especificação do questionário visam reduzir os erros de medida da valoração contingente, isto é, buscam assegurar que as respostas dos entrevistados correspondam o melhor

possível à quantidade de interesse que motivou o levantamento. O segundo ponto de preocupação é quanto à validade e à representatividade das respostas para a determinação da DAP (ou DAR).

Para que a valoração contingente produza estimativas apropriadas à ACB, é necessário que essas reflitam a DAP das pessoas que seriam efetivamente afetadas pela intervenção em estudo. Para garantir isso, é necessário que a aplicação do questionário observe um desenho amostral probabilístico, controlando por não respostas e outros fatores que afetem a representatividade da amostra. Esse procedimento busca reduzir o erro amostral da estimativa e assegurar sua representatividade. Uma amostra pequena fará com que a incerteza sobre as estimativas seja grande. Estimativas baseadas em “amostragem por conveniência”⁹ podem produzir estimativas que não possam ser usadas por não representarem as preferências da população de interesse.

3.3 Métodos de TB

Sendo impossível a obtenção de uma estimativa baseada nas preferências da população de interesse, é possível adaptar uma estimativa obtida em outro contexto para a realidade local. A expressão transferência de benefícios corresponde ao uso de uma estimativa, chamada genericamente de tamanho do efeito (*effect size*), em um contexto ou lugar (lugar da política ou *policy site*) diferente daquele em que ela foi originalmente obtida – lugar do estudo ou *study site* (Johnston e Rosenberger, 2010). Originalmente, essa técnica foi desenvolvida em economia ambiental para obter estimativas da disposição a pagar ou de algum preço sombra, e, assim, viabilizar ACB em lugares em que esses valores de bens e serviços não negociados em mercado não estivessem disponíveis.

Da mesma forma que a obtenção de preços sombra na área ambiental, as estimativas do VVE também envolvem tempo e recursos que podem inviabilizar sua obtenção pelas abordagens descritas anteriormente. Assim, é comum recorrer-se a técnicas de TB para obter valores do VVE.

O pressuposto teórico para que a TB faça sentido é que a disposição a pagar no lugar do estudo (ou a variação equivalente no lugar do estudo, VE_{LE}) seja válida como aproximação à disposição a pagar por uma mudança equivalente no lugar da política (ou a variação equivalente no lugar da política, VE_{LP}). A definição do VVE é dependente do contexto (isto é, de características do bem, da população, da forma de provisão) em que ela é realizada. Para garantir a verificação dessa hipótese, busca-se identificar uma estimativa original obtida em uma situação o mais similar possível que a do lugar da política.

9. Amostragem por conveniência é aquela em que os dados são coletados segundo a conveniência do pesquisador, dada a disponibilidade dos entrevistados (Silva, 2004). A principal diferença da amostragem por conveniência para a amostragem probabilística é que nesta todos os membros da população têm probabilidade maior que zero de serem incluídos na amostra, o que não ocorre naquela. Para mais detalhes, ver Battaglia (2008).

Como apontam Rosenberger e Loomis (2017, p. 436), há algumas possibilidades para se modelar a TB. A chamada *transferência unitária* corresponde à transposição direta do valor obtido no lugar do estudo para o lugar da política, ajustando apenas pela conversão de moedas entre países caso se trate de uma transferência de benefício de um país para outro. Contudo, um cuidado adicional é necessário quando se faz a conversão de moedas ou quando a transferência ocorre entre regiões de um mesmo país com diferenças relevantes no custo de vida (Ready e Navrud, 2006, p. 430). A equação (9) ilustra esse cálculo. Como a função de utilidade indireta é homogênea de grau zero, podemos escrever essa função no lugar do estudo considerando a moeda do lugar da política (com uma taxa de câmbio α , por exemplo).

$$V(\alpha \times p_{LE}, \alpha \times R_{LE}, Q_{LE}^0) = V(\alpha \times p_{LE}, \alpha \times R_{LE} - \alpha \times VE_{LE}, Q_{LE}^1) \quad (9)$$

Fazer a TB utilizando a taxa de câmbio de mercado ($VE_{LP} = \alpha \times VE_{LE}$) ignora diferenças de preço entre o local do estudo e o local da política, de forma que a igualdade na equação (9) não seria observada mesmo se as preferências e os demais elementos contextuais fossem iguais no local do estudo e no local da política. Assim, para manter a coerência teórica, a transferência unitária deve considerar uma taxa de câmbio que também reflita as diferenças no custo de vida das duas regiões. Para esse objetivo, deve ser utilizada a taxa de câmbio ajustada pela paridade do poder de compra (PPP).

A transferência unitária pode ser ajustada ainda por diferenciais de renda entre as duas regiões. Como mencionado antes, o VVE é crescente com a renda, de forma que a transferência desse parâmetro de um país de maior renda para um de menor tenderia a superestimar a DAP no local da política. Por essa razão, é comum corrigir o VVE pela diferença de renda entre o local do estudo e o local da política seguindo a equação (10).

$$VVE_{LP}^t = VVE_{LE} \times \left(\frac{Y_{LP}}{Y_{LE}} \right)^\rho \quad (10)$$

Assim, o VVE obtido pela TB para o local da política (VVE_{LP}^t) é proporcional ao VVE do local do estudo (VVE_{LE}) ponderado pela razão das rendas nos dois lugares e considerando a elasticidade do VVE em relação à renda (ρ). Comumente, essa forma é utilizada considerando o produto interno bruto (PIB) *per capita* de cada país para a razão das rendas e uma elasticidade igual a 1. Contudo, não há razão para assumir essa proporcionalidade direta entre renda e VVE. Caso os ganhos de segurança sejam avaliados como um bem de luxo, essa elasticidade poderia ser superior a 1 (Hammit e Robinson, 2011). Assim, os estudos de transferência unitária recorrem a alguns valores de ρ para avaliar a sensibilidade da estimativa a esse valor.

A estimativa obtida pela TB (VVE_{LP}^t) diverge da quantidade de interesse no lugar da política (VVE_{LP}) pelo erro de transferência, como mostrado na equação (11). Esse corresponde a diferenças não consideradas entre o lugar do estudo e o lugar da política.

$$VVE_{LP}^t = VVE_{LP} + \varepsilon \quad (11)$$

Como aponta Ready e Navrud (2006), em alguns casos, o erro de transferência pode ser bastante elevado (chegando a 100% ou 200%), sendo importante para sua redução a identificação de uma estimativa feita em um contexto o mais semelhante possível ao do lugar da política.

Além da transferência unitária, é possível utilizar uma *função de transferência*. Nesse caso é necessário que o estudo original tenha estimado a DAP no lugar do estudo como função de características desse lugar (clima, características da infraestrutura disponível etc.) e da população (renda, idade, nível educacional) e que essas mesmas variáveis estejam disponíveis para o lugar da política (Rosenberger e Loomis, 2017, p. 443). Com esses elementos, a TB utilizando uma função de transferência consiste no uso dos coeficientes de uma função estimada no lugar do estudo para a determinação da DAP no lugar da política por extrapolação.

No caso do VVE, seria necessário que o estudo original utilizasse alguma estimativa baseada numa equação semelhante à equação (12), com a disposição a pagar do domicílio i no lugar j (DAP_{ij}) sendo função das características do bem ao qual a redução de risco está associada (X_j) e de características do domicílio i no lugar j (W_{ij}).

$$DAP_{ij} = \beta_0 + \beta_1 X_j + \beta_2 W_{ij} + \varepsilon \quad (12)$$

Em teoria, a função de transferência possibilita uma adaptação melhor entre o lugar do estudo e o lugar da política, possibilitando um ajuste por mais variáveis além da renda. Na prática, contudo, é difícil encontrar um estudo em uma localidade similar ao lugar da política que faça a determinação da DAP dessa forma e que a equação tenha um poder explicativo adequado. O erro devido a variáveis omitidas no estudo original faz com que, em termos de erro de transferência, o uso da função de transferência não seja superior ao da transferência unitária (Navrud, 2007, p. 19).

Dada a disponibilidade de diferentes estudos, outra abordagem para a transferência de benefício é recorrer a mais de um lugar de estudo, chamada de função de transferência de metarregressão. Nessa abordagem, recorre-se a uma gama de estudos que estimam o VVE e busca-se explicar as diferenças dessas estimativas por características do estudo além das características do bem e da população. Nesse caso, cada estudo é considerado uma observação, caracterizada pelo tamanho da amostra, pela forma de estimação (PR ou PD) e por outras informações que possam ser comparadas entre os estudos.

4 REVISÃO DA LITERATURA: ESTIMATIVAS DO VVE PARA O BRASIL

Esta seção apresenta os parâmetros e os resultados da busca sistemática na literatura por trabalhos que realizaram estimativas do VVE para o Brasil. Para a *identificação* da literatura relevante, em setembro de 2021, foi realizada uma busca nas bases de periódicos SciELO, Google Acadêmico (Google Scholar), repositório do conhecimento do Ipea e Scopus, considerando as expressões e os códigos JEL exibidos no quadro 1 em combinação com “Brasil” ou “Brazil”. Em dezembro do mesmo ano, o procedimento foi repetido para fins de atualização, identificando 25 trabalhos.

QUADRO 1

Parâmetros de busca da literatura relacionada ao VVE

Palavras-chave e/ou expressões	
Valor estatístico de uma vida, valor estatístico da vida, valor de uma vida estatística, valor da vida, diferenciais salariais compensatórios, disposição a pagar, preferência declarada, <i>value of life, value of a statistical life, wage compensating differentials, willingness to pay, stated preference.</i>	
Classificadores do <i>Journal of Economic Literature</i>	
J17	Value of life – Forgone income
J31	Wage level and structure – Wage differentials
R41	Transportation: demand, supply, and congestion – travel time – safety and accidents – transportation noise
D61	Allocative efficiency – Cost-benefit analysis
I18	Government policy – regulation – Public health

Elaboração do autor.

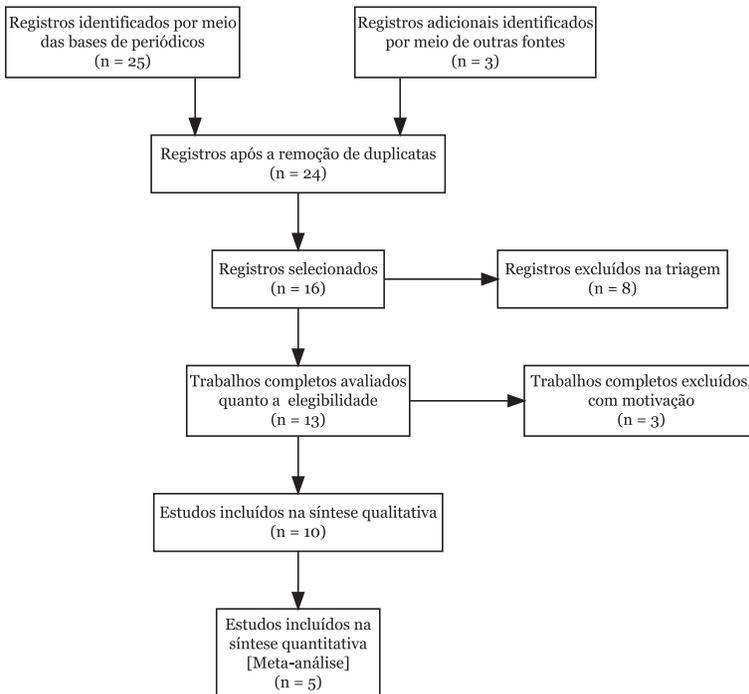
Adicionalmente, foi sugerido por um especialista a consideração de uma tese de doutoramento da Universidade Federal de Viçosa na revisão, não captada na etapa de identificação. Essa inclusão levou à identificação de duas outras teses de doutoramento, uma da Universidade Federal do Ceará (UFC) e outra da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), que não haviam sido identificadas na busca inicial. A análise das bibliografias dos textos identificados na busca inicial levou à inclusão de trabalhos (relatórios e apresentações em congresso) também não identificados inicialmente. As duplicidades identificadas corresponderam, por exemplo, a um mesmo trabalho publicado como relatório ou como parte de uma tese e também como artigo publicado em periódico. Nesses casos, manteve-se apenas o texto publicado.

A fase de *triagem* foi feita com a leitura do título e do resumo dos trabalhos. Nessa fase foram excluídos trabalhos que não tratavam de VVE (por exemplo, trabalhos sobre anos potenciais de vida perdidos). Por fim, o critério de *elegibilidade* foi o trabalho de apresentar uma estimativa do VVE utilizando as abordagens de preferência declarada, preferência revelada ou de TB para o Brasil.

Não se estabeleceram critérios adicionais para a *inclusão* dos trabalhos na revisão. Assim, os trabalhos elegíveis foram lidos em sua totalidade, com a extração das estimativas relevantes. Após a leitura detalhada dos trabalhos, identificaram-se problemas em três deles que não possibilitaram a inclusão de suas estimativas, ainda que eles observassem o critério de elegibilidade inicial. Essas etapas e o número de trabalhos considerado em cada uma delas são apresentados na figura 1, na forma de diagrama de fluxo.

Para o exercício da seção seguinte, em que se busca sumarizar as diferentes estimativas de VVE, é importante a identificação da confiabilidade das estimativas, identificando o erro-padrão ou a estimativa da variância relacionada à estimativa do VVE. Entre os trabalhos incluídos, alguns não apresentam tais estatísticas, mas fornecem dados que permitem calculá-las ainda que de forma aproximada.¹⁰ Foram registrados também o tamanho da amostra, a renda média e o risco-base considerado em cada estudo, sempre que esses estivessem disponíveis.

FIGURA 1

Diagrama de fluxo PRISMA

Fonte: PRISMAstatement. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/PRISMAstatement/index.html>. Acesso em: 19 jun. 2023.

Elaboração do autor.

Obs.: Ilustração cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

10. Os procedimentos são detalhados no apêndice A.

Os valores monetários foram então padronizados para valores em reais de janeiro de 2022. Seguindo as seguintes definições:

- quando o valor do estudo já era apresentado em reais, esse valor foi apenas corrigido pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) acumulado do mês de referência até janeiro de 2022. Se o estudo não definia o mês de referência dos valores monetários, considerou-se o mês de junho daquele ano como mês de referência; e
- quando os valores eram apresentados em dólares americanos, esses eram convertidos pela taxa de câmbio corrigida pela PPP do ano de referência do estudo¹¹ e posteriormente corrigidos pelo IPCA da mesma forma já explicada.

Esse procedimento não é padronizado na literatura, e os trabalhos que lidam com a comparação de estimativas do VVE em diferentes moedas e momentos do tempo apresentam soluções diversas para a padronização dos valores. De Blaeij *et al.* (2003) fazem primeiro a correção pela inflação e posteriormente a conversão de moedas, considerando a taxa de câmbio corrigida pela PPP. Bellavance, Dionne e Lebeau (2009) realizam a conversão de moedas considerando a PPP e posteriormente realizam a correção da inflação para a data de referência considerada. Hultkrantz e Svensson (2012) convertem todos os valores para coroas suecas usando uma taxa de câmbio fixa e consideram preços de 2010, contudo não é clara a ordem entre a conversão de moedas e a correção da inflação.

O resultado desses procedimentos é apresentado na tabela 1. Foram identificados dez trabalhos com estimativas do VVE, totalizando trinta estimativas para esse parâmetro.

TABELA 1
Estimativas do VVE para o Brasil

Trabalho	Ano de referência	Método	Tipo do bem	Associação do risco	População	VVE	Limite inferior	Limite superior ¹
R\$ (1 milhão) ²								
Motta, Arigoni e Freitas (2000)	1997	TB	NA	Poluição atmosférica	Brasil	6,301612	-	-
Motta, Arigoni e Freitas (2000)	1997	TB	NA	Poluição atmosférica	Brasil	3,661897	-	-
Motta, Arigoni e Freitas (2000)	1997	TB	NA	Poluição atmosférica	Brasil	4,70836	-	-
Motta, Arigoni e Freitas (2000)	1997	TB	NA	Poluição atmosférica	Brasil	2,73605	-	-
Ortiz, Markandya e Hunt (2009)	2003	PD	Privado	Poluição atmosférica	São Paulo	3,686063	2,978673	4,610567
Ortiz, Markandya e Hunt (2009)	2003	PD	Privado	Poluição atmosférica	São Paulo	2,163754	1,905583	2,449069

(Continua)

11. Disponível em: <https://data.oecd.org/conversion/purchasing-power-parities-ppp.htm>. Acesso em: fev. 2022.

(Continuação)

Trabalho	Ano de referência	Método	Tipo do bem	Associação do risco	População	VVE	R\$ (1 milhão) ²	
							Limite inferior	Limite superior ¹
Ortiz, Markandya e Hunt (2009)	2003	PD	Privado	Poluição atmosférica	São Paulo	17,20388	13,82907	21,62668
Ortiz, Markandya e Hunt (2009)	2003	PD	Privado	Poluição atmosférica	São Paulo	9,753545	8,557616	11,08286
Sousa (2010)	2009	PD	Privado	Transporte	Porto Alegre	28,00908	-	-
Sousa (2010)	2009	PD	Privado	Transporte	Porto Alegre	5,459118	-	-
Sousa (2010)	2009	PD	Privado	Transporte	Porto Alegre	24,94036	-	-
Sousa (2010)	2009	PD	Privado	Transporte	Porto Alegre	46,12901	-	-
Sousa (2010)	2009	PD	Privado	Transporte	Porto Alegre	41,49009	-	-
Lavetti e Schmutte (2016)	2003-2010	PR	NA	Mercado de trabalho	Brasil	8,049884	7,993393	8,078129
Lavetti e Schmutte (2016)	2003-2010	PR	NA	Mercado de trabalho	Brasil	10,84616	10,76142	10,90265
Miller e Façanha (2016)	2015	TB	NA	Transportes	Brasil	6,982633	-	-
Mardones e Riquelme (2018)	2013	TB	NA	Mercado de trabalho	Brasil	4,403492	-	-
Andriola, Bonato e Dutra (2019)	2018	TB	NA	Transportes	Brasil	6,323908	-	-
Andriola <i>et al.</i> (2019)	2018	TB	NA	Transportes	Brasil	5,990421	-	-
Andriola, Bonato e Dutra (2019)	2018	TB	NA	Transportes	Brasil	2,791413	-	-
Ferrari <i>et al.</i> (2019)	2017	PD	Público	Transporte	Brasil	3,80433	-	-
Ferrari <i>et al.</i> (2019)	2017	PD	Público	Transporte	Brasil	3,970458	-	-
Ferrari <i>et al.</i> (2019)	2017	PD	Público	Transporte	Brasil	2,875691	-	-
Ferrari <i>et al.</i> (2019)	2017	PD	Público	Transporte	Brasil	3,001267	-	-
Rocha, Morais e Klug (2019)	2017	TB	NA	Poluição atmosférica	Brasil	2,756768	-	-
Rocha, Morais e Klug (2019)	2017	TB	NA	Poluição atmosférica	Brasil	4,992672	-	-
Pereira, Almeida e Oliveira (2020)	2012-2015	PR	NA	Mercado de trabalho	Brasil	4,739344	-	-
Pereira, Almeida e Oliveira (2020)	2012-2015	PR	NA	Mercado de trabalho	Brasil	5,596857	-	-
Pereira, Almeida e Oliveira (2020)	2012-2015	PR	NA	Mercado de trabalho	Brasil	6,524871	-	-
Pereira, Almeida e Oliveira (2020)	2012-2015	PR	NA	Mercado de trabalho	Brasil	7,760784	-	-
Estimativas não incluídas								
Araújo (2017)	2013	PR	NA	Mercado de trabalho	Tocantins	0,713088	-	-
Araújo (2017)	2013	PR	NA	Mercado de trabalho	São Paulo	12,65048	-	-
Jardim (2017)	2014-2015	PR	Privado	Transporte	São Paulo	21,08132	-	-
Jardim (2017)	2014-2015	PR	Privado	Transporte	São Paulo	24,07257	-	-
Jardim (2017)	2014-2015	PR	Privado	Transporte	São Paulo	70065,68	-	-

Elaboração do autor.

Notas: ¹ Os limites inferior e superior só foram incluídos nessa tabela quando estavam presentes no próprio estudo.² Em valores de janeiro de 2022.

Obs.: NA – não se aplica.

5 SÍNTESE DAS ESTIMATIVAS DO VVE

As estimativas apresentadas na tabela 1 apresentam uma variabilidade grande. O objetivo desta seção é sintetizar os resultados dessas estimativas, analisando eventuais diferenças sistemáticas entre elas que possam ser explicadas. A abordagem para esse tipo de exercício é chamado de meta-análise, que corresponde a um conjunto de técnicas estatísticas que permite combinar e sintetizar diferentes resultados empíricos destinados à análise do mesmo fenômeno. Rolfe, Brouwer e Johnston (2015) apontam quatro motivações para a execução de uma meta-análise: a síntese de valores, a identificação de *outliers*, a explicação da heterogeneidade a partir de características do local do estudo e da população e a explicação da heterogeneidade a partir de diferenças metodológicas.

O primeiro ponto a ser notado antes da avaliação das possibilidades de implementação da meta-análise é que cerca de 50% dos trabalhos listados na tabela 1 recorreram ao método de TB para a obtenção de estimativas. Dessa forma, o número de estimativas que busca identificar o VVE a partir das preferências da população do país é bastante reduzido (dezenove estimativas provenientes de cinco trabalhos).

TABELA 2
Trabalhos segundo a forma da estimativa do VVE para o Brasil

	Número de estudos	Número de estimativas	VVE médio (R\$ 1 milhão) ¹	Erro-padrão
Transferência de benefícios	5	11	4,70	1,57
Preferência declarada	3	13	14,81	15,53
Preferência revelada	2	6	7,25	2,16

Elaboração do autor.

Nota: ¹ Em valores de janeiro de 2022.

Para fins de comparação com exercícios semelhantes: Mrozek e Taylor (2002) consideraram 33 estudos de salários hedônicos; De Blaeij *et al.* (2003) consideraram 95 estimativas de 35 estudos relacionados à segurança rodoviária; Bellavance, Dionne e Lebeau (2009) consideraram 39 estudos (baseados em preferência revelada ou valoração contingente), que resultam em 28 estimativas passíveis de inclusão na meta-análise; e Majumder e Madheswaran (2017) utilizaram 34 estudos.

Nenhum desses trabalhos incluiu estimativas baseadas na técnica de transferência de benefícios em suas análises. Isso ocorre por dois motivos. Primeiro, considera-se a transferência de benefícios como um recurso para a ausência de estimativas baseadas em PD ou PR, que são avaliadas como superiores por de fato refletirem as preferências da população de interesse. Segundo, a meta-análise em si pode ser uma forma de se estimar uma função de transferência de benefícios, fazendo pouco sentido usar como metadados estimativas baseadas em transferência

de benefícios. Por essa razão, a análise das estimativas baseadas em transferência de benefícios ficará restrita às estatísticas descritivas apresentadas na tabela 2.

Considerar apenas as estimativas baseadas em PR e PD reduz a amostra para dezenove estimativas de cinco estudos. Contudo, além das estimativas de Araújo (2017) e Jardim (2017), outras estimativas devem ser excluídas. Com base na orientação dos próprios autores, o trabalho de Ortiz, Markandya e Hunt (2009) recomenda que os valores mais altos do VVE encontrados sejam desconsiderados por refletirem a falta de proporcionalidade entre a variação de risco e a DAP (uma variação de risco menor correspondendo a uma DAP maior). Essas exclusões reduzem ainda mais a amostra, que totaliza cinco estudos e dezessete estimativas.

O fato de diferentes observações serem provenientes de um mesmo estudo faz com que haja dependência entre elas, problema difícil de resolver em uma amostra pequena, como apontam De Blaeij *et al.* (2003, p. 978).

Outra característica inerente a aplicações de meta-análise é a necessidade de se considerar heterocedasticidade ao se combinar as diferentes estimativas. Mesmo em um cenário hipotético, com estudos avaliando exatamente o mesmo fenômeno, mas com amostras diferentes, cada estudo teria erros amostrais diferentes. Assim, ao se combinar observações (isto é, as estimativas de cada estudo), é necessário levar em conta essas diferenças nas estimativas da variância. Em geral isso corresponde a dar menor peso para aquelas estimativas com maior variância.

5.1 Média ponderada com efeitos fixos e efeitos aleatórios

A formulação mais simples da meta-análise assume que a quantidade de interesse é única na população, isto é, os estudos analisados estariam tentando identificar uma mesma quantidade constante, e suas estimativas divergiriam apenas por erro de medida e erro amostral. Essa formulação é chamada de modelo de efeitos fixos e assume que o parâmetro de interesse é comum aos estudos $\beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta$. Considerando um conjunto de m estudos, seria possível descrever as estimativas como:

$$VVE_j = \beta + e_j \text{ com } j = 1, \dots, m; \text{ e } e_j \sim N(0, \sigma^2) \quad (13)$$

Assume-se que todos os estudos foram realizados de forma semelhante e que cada um produz apenas uma estimativa não viesada, sendo conhecidas as estimativas da variância de cada estudo (s_j^2). Assim, a estimativa do VVE pode ser obtida por uma média ponderada, considerando o inverso das variâncias como peso para ser calculada:

$$\bar{\beta} = \frac{\sum w_j VVE_j}{\sum w_j} \text{ com } w_i = \frac{1}{s_j^2} \text{ e } \sigma^2 = \frac{1}{\sum w_j} \tag{14}$$

Caso as estimativas da variância de cada estudo não estejam disponíveis, é possível utilizar o tamanho da amostra de cada estudo (n_j) como alternativa para ponderar as diferentes estimativas (Nelson, 2015, p. 333; Shadish e Haddock, 2009, p. 259).

$$\bar{\beta} = \frac{\sum n_j VVE_j}{\sum n_j} \tag{15}$$

O modelo de efeitos fixos foi implementado considerando um total de dezesse estimativas na análise, nas quais o VVE variava de R\$ 2,1638 a R\$ 46,1290 milhões. O VVE médio baseado nesse modelo foi de R\$ 3,3403 milhões (com um intervalo de confiança de 95%, sendo definido pelos limites: R\$ 2,4984 milhões; R\$ 4,1823 milhões). O modelo de efeitos fixos também foi implementado recorrendo ao tamanho da amostra como ponderador – nesse caso o VVE médio totalizou R\$ 8,9471 milhões.

As estimativas de Ferrari *et al.* (2019) têm pesos comparativamente grandes em relação aos demais estudos (isto é, $w \geq 3/m$, ou seja, um peso três vezes superior ao caso em que todas as estimativas tivessem pesos iguais). De acordo com a distância de Cook, uma das estimativas poderia ser considerada excessivamente influente (Ferrari *et al.*, 2019.2,¹² gráfico 2). A análise dos resíduos *studentizados* não indica a presença de *outliers* nesse modelo.

A tabela 3 resume as estimativas e o gráfico 2 apresenta a estimativa de efeitos fixos junto com as estimativas dos estudos considerados na análise.

TABELA 3
Média ponderada do VVE: efeitos fixos

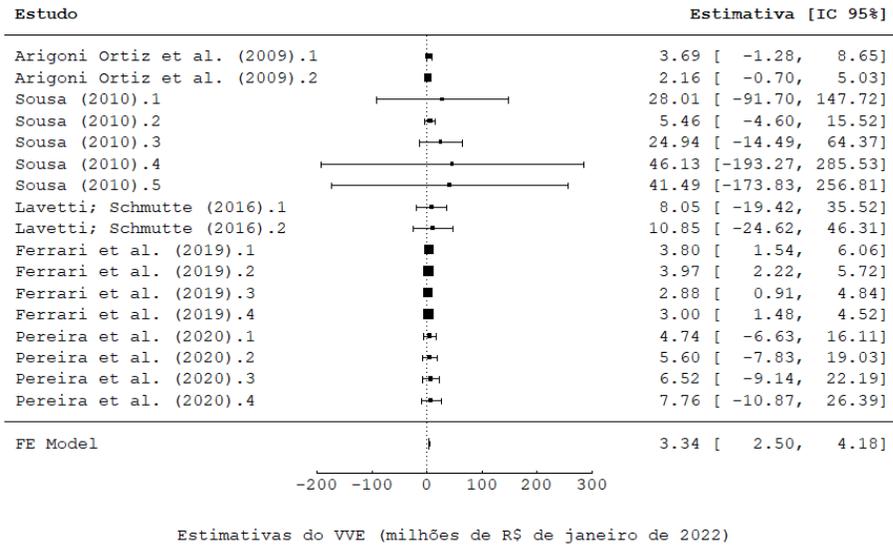
VVE (R\$ 1 milhão) ¹	3,3403	8,9471
Erro-padrão	0,04296	-
Ponderador	$w_i=1/s_j^2$	n_j
Número de estimativas consideradas	17	17

Elaboração do autor.

Nota: ¹ Em valores de janeiro de 2022.

12. Ferrari *et al.* (2019).2 se refere à segunda estimativa desse estudo. Nos gráficos 2 e 3, os valores são apresentados por sequência de estimativas dos estudos: 1, 2, 3 e 4.

GRÁFICO 2
Gráfico de floresta e estimativa de efeitos fixos



Elaboração do autor.

Obs.: Ilustração cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

O modelo de efeitos fixos pode ser defendido pelo seu bom desempenho em pequenas amostras, mas dada a variabilidade de instrumentos e abordagens nos estudos considerados, trata-se de uma hipótese forte. Adicionalmente, como mencionado, a amostra é composta de poucos estudos, e as estimativas de um mesmo estudo devem apresentar uma dependência entre si, o que contraria as hipóteses do modelo de efeitos fixos.

Para avaliar a hipótese de homogeneidade dos efeitos, ou um VVE comum para todos os estudos, é possível utilizar a seguinte estatística de teste (Shadish e Haddock, 2009, p. 262):

$$Q_{m-1} = \sum_{j=1}^m w_j VVE_j^2 - \frac{(\sum_{j=1}^m w_j VVE_j)^2}{\sum_{j=1}^m w_j} \sim \chi_{m-1}^2 \quad (16)$$

Um valor de Q elevado indica que a variância entre as estimativas dos estudos considerados é maior do que deveria ser observada no caso de a hipótese de efeitos fixos se verificar. Para a amostra em análise, obtém-se para essa estatística um valor $Q_{16} = 4,29$ ($p=0,9983$), o que sugere que há heterogeneidade significativa entre as estimativas consideradas. Contudo, o poder do teste Q para identificar a heterogeneidade é baixo em pequenas amostras, como a considerada aqui.

Uma alternativa ao modelo de efeitos fixos, pela falta de aderência às suas hipóteses, é o modelo de efeitos aleatórios. Esse permite inferências sobre quais os resultados dos estudos incluídos na meta-análise poderiam ter sido caso tivessem sido realizados com outros participantes ou ainda caso o estudo tivesse outras características (Shadish e Haddock, 2009, p. 270).

Num modelo de efeitos aleatórios, considera-se que a quantidade de interesse β (o VVE “real” neste caso) é ela própria uma variável aleatória, de forma que cada estudo específico identifica uma realização dessa variável aleatória. Essa formulação pode ser descrita considerando que a realização β_j corresponde à média entre os estudos (β_0) e um termo de erro (u_j) com média zero e variância (σ_u^2), tal que:

$$VVE_j = \beta_j + e_j \tag{17}$$

$$VVE_j = \beta_0 + u_j + e_j \tag{18}$$

com $j = 1, \dots, m$;

$$u_j \sim N(0, \sigma_u^2);$$

$$e_j \sim N(0, \sigma_e^2)$$

Como aponta Nelson (2015, p. 333), o valor real ($\beta_0 + u_j$) varia de estudo para estudo, com o termo de erro u_j captando a heterogeneidade não mensurada entre os estudos e o termo de erro e_j captando erros de medida e erros amostrais, como no modelo de efeitos fixos. A variância σ_u^2 é chamada de variância entre estudos ou de variância dos efeitos aleatórios e a variância σ_e^2 é chamada de variância interna ao estudo, e ambas têm impacto nas estimativas, como ilustrado na equação (19).

$$Var(VVE_j) = \sigma_u^2 + \sigma_e^2 \tag{19}$$

Pode-se obter uma estimativa da variância entre estudos (σ_u^2) pela estimativa amostral (sem ponderação) considerando a amostra de estudos:

$$s_u^2 = \sum_{j=1}^m \frac{(VVE_j - \overline{VVE})^2}{m - 1} = 194,99 \tag{20}$$

Com essa estimativa, é possível obter a média ponderada considerando o modelo de efeitos aleatórios:

$$\bar{\beta} = \frac{\sum w_j VVE_j}{\sum w_j} \text{ com } w_j = \frac{1}{s_j^2 + s_u^2} \text{ e } \sigma^2 = \frac{1}{\sum w_j} \tag{21}$$

O modelo de efeitos aleatórios foi implementado considerando um total de dezessete estimativas na análise, nas quais o VVE variava de R\$ 2,1638 a R\$ 46,1290 milhões. O VVE médio baseado nesse modelo foi de R\$ 5,5130 milhões (com um intervalo de confiança de 95% de IC: -2,6688; 13,6948). A tabela 4 resume esses

resultados e o gráfico 3 apresenta conjuntamente a estimativa de efeitos aleatórios e as estimativas dos estudos considerados na análise.

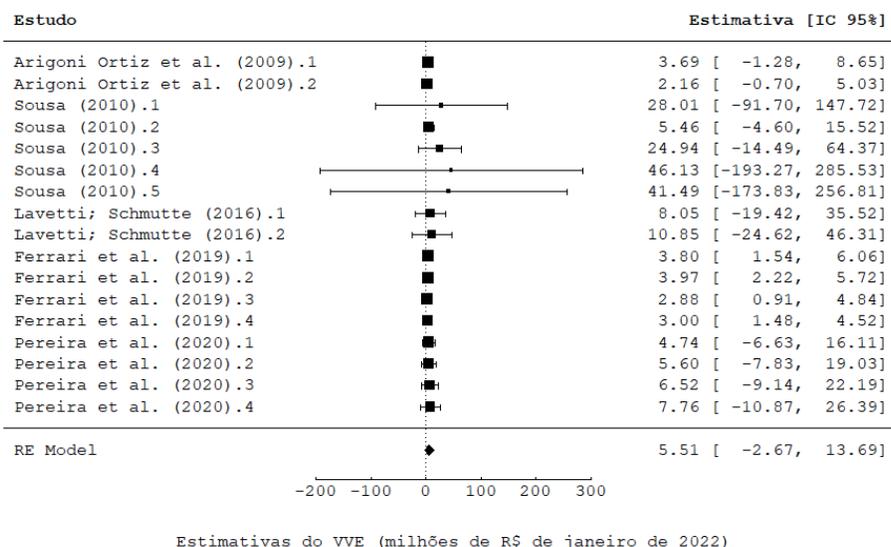
TABELA 4
Média ponderada do VVE: efeitos aleatórios

VVE (R\$ 1 milhão) ¹	5,5130
Erro-padrão	4,1744
Ponderador	$w_i = 1/(s_i^2 + s_u^2)$
Número de estimativas consideradas	17

Elaboração do autor.

Nota: ¹ Em valores de janeiro de 2022.

GRÁFICO 3
Gráfico de floresta e estimativa de efeitos aleatórios



Elaboração do autor.

Obs.: Ilustração cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

5.2 Comparação do resultado da meta-análise

Esta subseção realiza análises adicionais da aderência do resultado da meta-análise com outras estimativas.

O resultado do modelo de efeitos fixos (R\$ 3,34 milhões) e o de efeitos aleatórios (R\$ 5,51 milhões) podem ser comparados com as estimativas obtidas por técnica de transferência de benefício, não incluídas na meta-análise. A média simples dessas estimativas, apresentada na tabela 3, é de R\$ 4,70 milhões. Dadas

as estimativas de erro-padrão de ambos os modelos, esse valor estaria no intervalo de confiança de 95% do modelo de efeitos aleatórios, mas não no de efeitos fixos.

Adicionalmente, podem-se realizar outros exercícios de transferência de benefício unitário e avaliar o quanto essas estimativas se aproximam ou não do resultado da meta-análise. Para tanto, recorre-se à fórmula apresentada anteriormente, considerando o Brasil como lugar da política e outros países como lugar do estudo, como na equação (12).

$$VVE_{BR}^t = VVE_{LE} \times \left(\frac{Y_{BR}}{Y_{LE}} \right)^{\rho} \quad (22)$$

Consideram-se locais de estudo que possuam estimativas adotadas por órgãos oficiais como parâmetros para ACB: Austrália, Canadá, Chile e Nova Zelândia. Os valores considerados e os documentos de referência desses países são apresentados na tabela 5.

TABELA 5
Sumário de dados para transferência de benefício

Estudo	Local do estudo	VVE e data de referência	Taxa de câmbio PPP na data de referência	VVE (R\$) ¹	VVE (R\$) ²
OBPR (2021)	Austrália	AU\$ 5.100.000 Janeiro de 2021	1,728	8.813.525	9.747.758,20
Treasury Board of Canada (2007)	Canada	C\$ 6.110.000 Dezembro de 2004	0,826	5.049.546	13.063.175,04
Ministerio de Desarrollo Social (2017)	Chile	US\$ 3.500.000 Dezembro de 2014	1,813	6.345.500	9.689.578,50
Ministerio de Desarrollo Social (2017)	Chile	US\$ 4.800.000 Dezembro de 2014	1,813	8.702.400	13.288.564,80
New Zeland Treasury (2015)	Nova Zelândia	NZ\$ 3.850.000 Junho de 2013	1,176	7.187.490	15.632.789,94

Elaboração do autor.

Nota: ¹ Em reais correntes.

² Reais em valores de janeiro de 2022.

Os dados da renda nacional bruta *per capita* em 2020 (US\$ correntes) foram obtidos do Banco Mundial:¹³ Austrália (US\$ 53.690,00), Brasil (US\$ 7.850,00), Canadá (US\$ 43.580,00), Chile (US\$ 13.470,00) e Nova Zelândia (US\$ 41.550,00).

13. Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GNP.PCAP.CD>. Acesso em: fev. 2022.

Aplicando esses valores e considerando uma amplitude de elasticidade renda de 0,7 a 1,1 obtêm-se os resultados da tabela 6.

TABELA 6
Transferência de benefício para o Brasil

Lugar do estudo	Y_{br}/Y_{re}	0,7	0,9	1	1,1
Austrália	0,14621	2.537.395,26	1.727.362,05	1.425.217,02	1.175.922,30
Canadá	0,18013	3.935.106,11	2.793.012,85	2.353.050,12	1.982.391,47
Chile 1	0,58278	6.639.820,34	5.960.143,83	5.646.859,04	5.350.041,52
Chile 2	0,58278	9.106.039,32	8.173.911,54	7.744.263,82	7.337.199,80
Nova Zelândia	0,18893	4.869.064,55	3.489.034,45	2.953.487,39	2.500.143,77

Elaboração do autor.

Os resultados obtidos a partir da estimativa australiana são inferiores aos das demais estimativas, o que reflete em parte a renda *per capita* daquele país ser a mais elevada entre os países considerados. Comparando esses valores com o resultado da meta-análise tem-se que a estimativa do modelo de efeitos fixos está em linha com aquelas obtidas por transferência de benefício a partir dos valores oficiais do Canadá e da Nova Zelândia. Já o resultado do modelo de efeitos aleatórios é mais próxima das estimativas de transferência de benefício dos valores chilenos.

Os resultados desta subseção ilustram que as estimativas obtidas pela meta-análise são diferentes, mas têm a mesma ordem de grandeza daqueles obtidos pela técnica de transferência de benefícios. Idealmente, um exercício de transferência de benefícios deve buscar contextos (lugar do estudo) próximos da realidade de interesse (lugar da política). Nesse contexto os valores chilenos seriam os mais apropriados, por esse país ser o mais próximo do Brasil em termos de desenvolvimento econômico. Nesse sentido as estimativas obtidas pela técnica de transferência de benefícios dos valores oficiais do Chile são as que mais se aproximam das estimativas obtidas pela meta-análise para o Brasil.

6 CONCLUSÃO

Este trabalho realizou um levantamento da literatura relacionada à estimação do VVE para o Brasil. O VVE corresponde ao valor atribuído pela sociedade para se evitar uma fatalidade, sendo útil para determinar os benefícios em termos monetários dos ganhos de segurança a serem obtidos por intervenções públicas (como obras de infraestrutura e mudanças regulatórias). Buscou-se então a síntese das estimativas de VVE a partir de uma meta-análise.

Comparativamente a outros países, há poucas estimativas desse valor para o Brasil, e essas estimativas apresentam grande variabilidade. O trabalho produziu

duas estimativas sínteses das estimativas do VVE encontradas na literatura em trabalhos com dados suficientes para tal cálculo. A estimativa baseada no modelo de efeitos fixos foi de R\$ 3,3403 milhões (em valores de janeiro de 2022) e a baseada no modelo de efeitos aleatórios foi de R\$ 5,513 milhões (em valores de janeiro de 2022). Embora o teste realizado favoreça o modelo de efeitos fixos (indicando a falta de aleatoriedade nas estimativas dos trabalhos analisados), a fundamentação desse modelo é difícil de se sustentar no contexto dos estudos analisados. Assim, avalia-se que a estimativa do modelo de efeitos aleatórios seria a mais adequada.

Adicionalmente, a análise de aderência das estimativas baseada na transferência de benefícios de outros países indica consistência de ambas. Contudo, um exercício de transferência de benefícios deve buscar contextos (lugar do estudo) próximos da realidade de interesse (lugar da política). Entre os países considerados, o Chile seria o mais próximo do Brasil em termos de desenvolvimento econômico, e a transferência de benefícios daquele país se aproxima mais dos resultados obtidos a partir do modelo de efeitos aleatórios.

Não há consenso ou prática-padrão para a definição de um valor específico do VVE entre os vários disponíveis para a utilização em análise de custo-benefício. Viscusi (2012), considerando contextos com estimativas muito mais numerosas que as existentes para o Brasil, aponta uma gama de possibilidades: uma meta-análise apenas de estimativas baseadas em preferência revelada, uma meta-análise combinando estimativas a partir de preferência revelada e declarada, ou mesmo apenas um estudo com as melhores informações para o mercado de trabalho. O mesmo autor conclui que uma meta-análise abrangente pode ser mais adequada que um estudo que recorra a estimativas baseadas no estado da arte, mas que sejam restritas em sua representatividade.

O exercício deste trabalho é limitado pela própria disponibilidade de estudos primários no Brasil, podendo ser atualizado com a publicação ou a identificação de estudos não incluídos. O pequeno número e a grande variabilidade de estimativas se refletem no erro-padrão da estimativa síntese obtida. Além disso, em diversos dos estudos considerados, as variâncias das estimativas não estavam prontamente disponíveis, exigindo cálculos ou aproximações a partir das informações disponíveis nos estudos. Essa é uma limitação comum aos exercícios de meta-análise, mas importante dado que esses valores são essenciais para a produção de um valor síntese das estimativas consideradas. Com um número maior de estimativas seria possível a utilização de outros modelos, como de metarregressão, e identificar as causas de variabilidade entre as diferentes estimativas.

REFERÊNCIAS

- ANDERSSON, H.; TREICH, N. The value of a statistical life. *In*: PALMA, A. de *et al.* (Org.). **A handbook of transport economics**, 2011. Cheltenham, Reino Unido: Edward Elgar. p. 396-424.
- ANDRIOLA, C. L.; BONATTO, A. Z. E.; DUTRA, D. L. Análise de custo benefício em transportes: o valor estatístico da vida para o Brasil. *In*: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTE DA ANPET, 32., 2019, Balneário Camboriú. **Anais...** Balneário Camboriú: Anpet, 2019. p.12.
- ARIGONI ORTIZ, R.; MARKANDYA, A.; HUNT, A. Willingness to pay for mortality risk reduction associated with air pollution in São Paulo. **Revista Brasileira de Economia**, v. 63, n. 1, p. 3-22, mar. 2009.
- ARAÚJO, P. H. C. **Ensaio econômico sobre ondas de calor e seus impactos sobre a saúde no Brasil**. 2017. Tese (Doutorado) – Departamento de Economia Rural, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2017. Disponível em: <https://locus.ufv.br/handle/123456789/10586>. Acesso em: 15 dez. 2021.
- BATTAGLIA, M. Convenience Sampling. *In*: LAVRAKAS, P. J. (Ed.) **Encyclopedia of survey research methods**. Thousand Oaks: Sage Publications, 2008.
- BELLAVANCE, F.; DIONNE, G.; LEBEAU, M. The value of a statistical life: a meta-analysis with a mixed effects regression model. **Journal of Health Economics**, v. 28, n. 2, p. 444-464, mar. 2009.
- BOARDMAN, A. E. *et al.* **Cost-benefit analysis: concepts and practice**. 4. ed. Londres: Pearson Education, 2014.
- BOYLE, K. J. Contingent valuation in practice. *In*: CHAMP, P. A.; BOYLE, K. J.; BROWN, T. C. (Ed.). **A primer on nonmarket valuation: the economics of non-market goods and resources**. 2. ed. Dordrecht: Springer, 2017. p. 83-131.
- CARDOSO, D. S.; DAHIS, R. Value of a statistical life under large mortality risk change: theory and an application to covid-19. **SSRN Scholarly Paper**, maio 2020.
- COLMER, J. What is the meaning of (statistical) life? Benefit-cost analysis in the time of covid-19. **Oxford Review of Economic Policy**, v. 36, n. Supplement 1, p. S56-S63, 2020.
- CROPPER, M. L.; ALBERINI, A. Contingent Valuation. *In*: NEWMAN, P. (Ed.). **The new palgrave dictionary of economics and the law**. Londres: Palgrave Macmillan, Reino Unido, 2002. p. 420-425. Disponível em: https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-1-349-74173-1_83. Acesso em: 17 fev. 2022.
- DE BLAEIJ, A. *et al.* The value of statistical life in road safety: a meta-analysis. **Accident Analysis and Prevention**, v. 35, n. 6, p. 973-986, nov. 2003.

EHRENBERG, R. G.; SMITH, R. S. **A moderna economia do trabalho: teoria e política pública**. São Paulo: Makron Books, 2000.

ESTEVES, L. A. Salários e risco de acidentes de trabalho: evidências de diferenciais compensatórios para a indústria manufatureira. **Economia Aplicada**, v. 12, n. 2, p. 275-287, 2008.

FERRARI, T. K. *et al.* **Estimativa do valor da vida estatística e do valor da economia de tempo em viagens nas rodovias brasileiras com a utilização de pesquisa de preferência declarada**. Brasília: Ipea, 2019. (Texto para Discussão, n. 2533).

HAMMITT, J. K. Valuing mortality risk in the time of covid-19. **Journal of Risk and Uncertainty**, v. 61, n. 2, p. 129-154, 2020.

HAMMITT, J. K.; GRAHAM, J. D. Willingness to pay for health protection: inadequate sensitivity to probability. **Journal of Risk and Uncertainty**, v. 18, n. 1, p. 33-62, abr. 1999.

HAMMITT, J. K.; ROBINSON, L. A. The income elasticity of the value per statistical life: transferring estimates between high and low income populations. **Journal of Benefit-Cost Analysis**, v. 2, n. 1, 3 jan. 2011. Disponível em: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.2202/2152-2812.1009/html>. Acesso em: 13 mar. 2022.

HOROWITZ, J. K.; MCCONNELL, K. E. A review of WTA/WTP studies. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 44, n. 3, p. 426-447, 2002.

HULTKRANTZ, L.; SVENSSON, M. The value of a statistical life in Sweden: a review of the empirical literature. **Health Policy**, v. 108, n. 2-3, p. 302-310, dez. 2012.

JARDIM, F. B. **Estimando o impacto da redução da velocidade máxima nas vias de São Paulo e o valor estatístico de uma vida**. 2017. Dissertação (Mestrado) – Escola de Pós-Graduação em Economia, Fundação Getulio Vargas, Rio de Janeiro, 2017.

JEHLE, G. A.; RENY, P. J. **Advanced microeconomic theory**. 2. ed. Boston: Pearson, 2003.

JOHNSTON, R. J.; ROSENBERGER, R. S. Methods, trends and controversies in contemporary benefit transfer. **Journal of Economic Surveys**, v. 24, n. 3, p. 479-510, jul. 2010.

JONES-LEE, M. The value of changes in the probability of death or injury. **Journal of Political Economy**, v. 82, n. 4, p. 835-849, 1974.

KANBUR, R. Shadow pricing. *In*: VERNENGO, M.; CALDENTEY, E. P.; ROSSER JUNIOR, B. J. (Ed.). **The new palgrave dictionary of economics**. Londres: Palgrave Macmillan, 2016. Disponível em: https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1057/978-1-349-95121-5_1314-1. Acesso em: 13 jul. 2021.

LAVETTI, K.; SCHMUTTE, I. M. **Estimating compensating wage differentials with endogenous job mobility**. 2016.

MAJUMDER, A.; MADHESWARAN, S. Meta-analysis of value of statistical life estimates. **IIM Kozhikode Society and Management Review**, v. 6, n. 1, p. 110-120, jan. 2017.

MARDONES, C.; RIQUELME, M. Estimation of the value of statistical life in Chile and extrapolation to other Latin American Countries. **Latin American Research Review**, v. 53, n. 4, p. 815-830, 2018.

MILLER, J.; FAÇANHA, C. **Cost-benefit analysis of Brazil's heavy-duty emission standards (P-8)**. White Paper, Washington, D.C.: The International Council on Clean Transport, 2016.

MOTTA, R. S. da; ARIGONI, O. R.; FREITAS, F. S. de. Health and economic values for mortality and morbidity cases associated with air pollution in Brazil. Workshop on assessing the ancillary benefits and costs of greenhouse gas mitigation strategies. Paris: OECD, 2000. Disponível em: <https://www.osti.gov/etdweb/biblio/20150859>. Acesso em: 26 out. 2021.

MROZEK, J. R.; TAYLOR, L. O. What determines the value of life? A meta-analysis. **Journal of Policy Analysis and Management**, v. 21, n. 2, p. 253-270, 2002.

NAVRUD, S. **Practical tools for value transfer in Denmark: guidelines and an example**. Drøbak: Danish Environmental Protection Agency, fev. 2007. (Working Report, n. 28).

NELSON, J. P. Meta-analysis: statistical methods. *In*: JOHNSTON, R. J. *et al.* (Org.). **Benefit transfer of environmental and resource values: a guide for researchers and practitioners**. Dordrecht: Springer, 2015. p. 329-356. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-94-017-9930-0_2. Acesso em: 26 out. 2021.

PEREIRA, R. M.; ALMEIDA, A. N. de; OLIVEIRA, C. A. de. O valor estatístico de uma vida: estimativas para o Brasil. **Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 50, n. 2, p. 227-259, 2020.

READY, R.; NAVRUD, S. International benefit transfer: methods and validity tests. **Ecological Economics, Environmental Benefits Transfer: methods, applications and new directions**, v. 60, n. 2, p. 429-434, 1ª dez. 2006.

ROCHA, G.; MORAIS, R. L. de; KLUG, L. **O custo econômico da poluição do ar**: estimativa de valor da vida estatística para o Brasil. Brasília: Ipea, 2019. (Texto para Discussão, n. 2517). Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/9469/1/td_2517.pdf.

ROLFE, J.; BROUWER, R.; JOHNSTON, R. J. Meta-analysis: rationale, issues and applications. *In*: JOHNSTON, R. J. *et al.* **Benefit transfer of environmental and resource values**: a guide for researchers and practitioners. Dordrecht: Springer. p. 357-381, 2015. Disponível em: http://link.springer.com/10.1007/978-94-017-9930-0_16. Acesso em: 7 mar. 2022.

ROSENBERGER, R. S.; LOOMIS, J. Benefit transfer. *In*: CHAMP, P. A.; BOYLE, K. J.; BROWN, T. C. (Org.). **A primer on nonmarket valuation**. 2. ed. Dordrecht: Springer, 2017. p. 431-462.

SCHELLING, T. C. The life you save may be your own. *In*: CHASE JUNIOR, S. B. (Org.). **Problems in public expenditure analysis**. Washington: Brookings Institution, 1968. p. 127-162.

SCHELLING, T. C. Value of life. *In*: EATWELL, J.; MILGATE, M.; NEWMAN, P. (Org.). **The world of economics**. Londres: Palgrave Macmillan, 1991. p. 706-712. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-349-21315-3_98. Acesso em: 2 dez. 2021.

SHADISH, W. R.; HADDOCK, K. Combining estimates of effect size. *In*: COOPER, H. M.; HEDGES, L. V.; VALENTINE, J. C. (Ed.). **The handbook of research synthesis and meta-analysis**. 2. Nova York: Russell Sage Foundation, 2009. p. 257-277.

SILVA, N. N. **Amostragem probabilística**: um curso introdutório. São Paulo: Edusp, 2004.

SMITH, A. **Inquérito sobre a natureza e as causas da riqueza das nações**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1999.

SOUSA, T. R. V. **Ensaio em economia da saúde**: o risco e o valor de uma vida estatística no caso dos acidentes de trânsito na cidade de Porto Alegre. 2010. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/25785>. Acesso em: 15 dez. 2021.

THALER, R.; ROSEN, S. The value of saving a life: evidence from the labor market. *In*: TERLECKYJ, N. E. (Org.). **Household production and consumption**. Cambridge, Estados Unidos: NBER, 1976. p. 265-302.

VARIAN, H. R. **Microeconomic analysis**. Nova York: W.W. Norton, 1992.

VISCUSI, W. K. Value of life. *In*: VERNENGO, M.; CALDENTEY, E. P.; ROSSER JUNIOR, B. J. (Org.). **The new palgrave dictionary of economics**. Londres: Palgrave Macmillan, p. 1-7, 2008. Disponível em: http://link.springer.com/10.1057/978-1-349-95121-5_1323-2. Acesso em: 30 jun. 2021.

VISCUSI, W. K. What's to know? Puzzles in the literature on the value of statistical life. **Journal of Economic Surveys**, v. 26, n. 5, p. 763-768, dez. 2012.

VISCUSI, W. K.; HARRINGTON, J. E.; VERNON, J. M. **Economics of regulation and antitrust**. 4. ed. Cambridge, Estados Unidos: MIT Press, 2005.

WEINSTEIN, M. C.; SHEPARD, D. S.; PLISKIN, J. S. The economic value of changing mortality probabilities: a decision-theoretic approach. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 94, n. 2, p. 373-396, mar. 1980.

IDENTIFICAÇÃO DA VARIÂNCIA DAS ESTIMATIVAS DO VVE

As equações (14) e (21), utilizadas na subseção 5.1 para combinar as diferentes estimativas do VVE, dependem das estimativas da variância associadas. Entre os trabalhos incluídos na tabela 1, nenhum disponibilizava tal parâmetro diretamente.

Em dois casos, Ortiz, Markandya e Hunt (2009) e Lavetti e Schmutte (2016), o estudo fornece um intervalo de confiança de 95% que permitia aproximar essa variância seguindo a estratégia apresentada na subseção 6.5.2.2 de Higgins *et al.* (2022), na qual: $DP = \sqrt{n} \times (\text{Limite superior} - \text{Limite inferior})/3,94$, para intervalos de 95% de confiança. Tendo em vista que, no caso de Ortiz, Markandya e Hunt (2009), esse procedimento é sabidamente uma aproximação, dado que o modelo utilizado tem uma distribuição assimétrica (Weibull). Essa é também a explicação para os intervalos de confiança para esse estudo apresentados na tabela 1 (original) divergirem daqueles nos gráficos 2 e 3 (aproximados).

Já o trabalho de Sousa (2010) apresenta apenas o erro-padrão para a disposição a pagar subjacente às estimativas do VVE, sendo necessários cálculos para se obter a estimativa da variância do VVE. O trabalho de Ferrari *et al.* (2019) apresenta os erros-padrão para os dois coeficientes, provenientes de uma mesma regressão, que são utilizados para se estimar a disposição a pagar para se evitar uma fatalidade. Essa estimativa é feita a partir da razão entre esses dois coeficientes. O fato de os coeficientes serem estimados em uma mesma regressão faz com que eles tenham dependência entre si, o que impossibilita a utilização da estatística F ou do método delta para se aproximar sua distribuição. A maneira correta de obter uma estimativa da variância do VVE nesse caso seria reproduzir o estudo original e se realizar um *bootstrap* para os valores de interesse. Considerando isso, optou-se por um procedimento de se construir intervalos de confiança para os referidos parâmetros, e, a partir da razão desses, obter um intervalo para a estimativa do VVE. Em um segundo passo, recorreu-se à fórmula citada acima para se estimar a variância a partir do intervalo de confiança. O problema com esse exercício é que ele subestima a variância dessas estimativas do VVE, o que reflete em um peso maior que o devido das estimativas de Ferrari *et al.* (2019) na meta-análise. Para o trabalho de Pereira, Almeida e Oliveira (2020) recorreu-se ao método delta para se obter a variância da estimativa do VVE a partir daquelas obtidas para o prêmio de risco e para o salário médio.

REFERÊNCIAS

- FERRARI, T. K. *et al.* **Estimativa do valor da vida estatística e do valor da economia de tempo em viagens nas rodovias brasileiras com a utilização de pesquisa de preferência declarada.** Brasília: Ipea, 2019. (Texto para Discussão, n. 2533).
- HIGGINS, J. P. T. *et al.* (Org.). **Cochrane handbook for systematic reviews of interventions.** Londres: Cochrane, 2022.
- LAVETTI, K.; SCHMUTTE, I. M. **Estimating compensating wage differentials with endogenous job mobility.** 2016.
- ORTIZ, R. A.; MARKANDYA, A.; HUNT, A. Willingness to pay for mortality risk reduction associated with air pollution in São Paulo. **Revista Brasileira de Economia**, v. 63, n. 1, p. 3-22, mar. 2009.
- PEREIRA, R. M.; ALMEIDA, A. N. de; OLIVEIRA, C. A. de. O valor estatístico de uma vida: estimativas para o Brasil. **Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 50, n. 2, p. 227-259, 2020.
- SOUSA, T. R. V. **Ensaio em economia da saúde: o risco e o valor de uma vida estatística no caso dos acidentes de trânsito na cidade de Porto Alegre.** 2010. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/25785>. Acesso em: 15 dez. 2021.

Data da submissão em: 01/02/2023

Primeira decisão editorial em: 28/04/2023

Última versão recebida em: 19/06/2023

Aprovação final em: 20/07/2023