

0268-29860  
U.F.M.G. - BIBLIOTECA UNIVERSITÁRIA



1999002337

NÃO DANIFIQUE ESTA ETIQUETA

TEXTO PARA DISCUSSÃO Nº 103

**A UTILIZAÇÃO DOS "PREÇOS HEDÔNICOS"  
NA AVALIAÇÃO SOCIAL DE  
PROJETOS**

Antônio Aguirre  
Diomira M. C. P. de Faria

Junho de 1996

FAVOR NÃO FAZER ANOTAÇÕES OU GRIFOS  
▶ TINTA OU A LÁPIS NESTA PUBLICAÇÃO

Ficha catalográfica

338.28 AGUIRRE, Antônio.  
A284a A utilização dos "preços hedônicos" na avaliação  
1995 social de projetos. Belo Horizonte : CEDEPLAR/  
UFMG, 1996.  
35p. (Texto para discussão; 103).  
1. Projetos-Avaliação. 2. Meio ambiente. 3. Ecologia.  
I. Faria, Diomira M. C. de. II. Universidade Federal de  
Minas Gerais. Centro de Desenvolvimento e  
Planejamento Regional. II. Título. III. Série.

Versão preliminar não sujeita a revisão.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS  
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO E PLANEJAMENTO REGIONAL

## **A UTILIZAÇÃO DOS "PREÇOS HEDÔNICOS" NA AVALIAÇÃO SOCIAL DE PROJETOS**

**Antônio Aguirre**

Professor do Departamento de Ciências Econômicas da FACE e pesquisador do CEDEPLAR/UFMG.

**Diomira M. C. P. de Faria**

Economista e pesquisadora da Ampla Visão Consultoria, Assessoria e Serviços, BH.

CEDEPLAR/FACE/UFMG  
BELO HORIZONTE  
1996

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	1
2	O MÉTODO DOS PREÇOS HEDÔNICOS .....	6
2.1	Índices de Preços Hedônicos .....	9
2.2	Modelo Hedônico do Valor dos Imóveis .....	10
3	ESPECIFICAÇÃO DA FUNÇÃO HEDÔNICA .....	14
4	UM ESTUDO DE CASO .....	17
5	RESUMO E CONCLUSÕES .....	30
	REFERÊNCIAS .....	31

# A UTILIZAÇÃO DE “PREÇOS HEDÔNICOS” NA AVALIAÇÃO SOCIAL DE PROJETOS

Antônio Aguirre <sup>1</sup>

Diomira M. C. P. de Faria<sup>2</sup>

## 1 INTRODUÇÃO

A avaliação social de projetos de investimentos requer, às vezes, que se atribuam valores monetários a ‘bens’ tais como ar puro, cursos d’água, parques (naturais ou não), locais com potencial turístico, patrimônios históricos, etc. Esses são exemplos de bens públicos ou ‘bens de consumo coletivo’ (Samuelson, 1954), que têm valor para a sociedade mas **não têm mercados onde tal valor possa ser expresso**. Porém, a sociedade, para decidir fazer qualquer investimento com vistas a utilizar ou proteger um dado recurso dessa natureza, necessita contar com mecanismos adequados para estimar o seu valor social, como prerequisite para a tomada de decisões sociais racionais.

No seu modelo Samuelson mostra que, se todos os bens são privados, o sistema de preços dos mercados competitivos funciona como um computador analógico que, dadas as condições que garantem o bom comportamento das funções de produção e de preferências dos produtores e consumidores, determina o ‘melhor estado do mundo’ ou ponto ótimo. Porém, quando se incorporam os bens públicos ao modelo, nenhum

---

<sup>1</sup>Professor do Dpto. de Ciências Econômicas da FACE e pesquisador do CEDEPLAR/UFGM.

<sup>2</sup>Economista e pesquisadora da Ampla Visão Consultoria, Assessoria e Serviços. B.H.

sistema descentralizado de preços pode funcionar para determinar os níveis ótimos de consumo coletivo. Outros sistemas de 'votação' ou 'sinalização' devem ser usados porque agora é do interesse de qualquer pessoa egoísta **dar sinais falsos**, e tentar mostrar que tem menos interesse num dado consumo coletivo do que realmente tem.<sup>3</sup> Eis aí a origem dos esforços para elaborar métodos alternativos de avaliação, geralmente denominados 'non-market valuation methods', ou seja, métodos de valoração extra-mercado.<sup>4</sup>

Usualmente em Economia o principal foco de estudo são as ações dos indivíduos e das firmas. Assim, por exemplo, ações individuais como o uso recreacional de um ecossistema podem demonstrar o valor que os usuários atribuem a esse recurso natural, e os economistas tentam estimar esse valor usando as técnicas das preferências reveladas, onde estas são inferidas do comportamento dos consumidores. Entretanto, podem-se apontar duas diferenças fundamentais entre os métodos de avaliação extra-mercado e os estudos tradicionais em Economia. Nos trabalhos do primeiro tipo nunca se observa aquilo que estamos estimando, nunca se observa o excedente do consumidor ou a variação compensadora, por exemplo). Apesar disso, todos os economistas que usam essas técnicas têm expectativas claras sobre os resultados que se deveriam obter em cada caso. O que temos, na realidade, é um processo Bayesiano de aprimoramento das estimativas, sem observabilidade. A segunda diferença é que não estamos modelando aquilo que tratamos de estimar. Modela-se o comportamento e, a partir daí, trata-se de inferir valores. Devido a esse fato surge uma grande dificuldade: às vezes acontece que dois ou três teorias alternativas modelam o comportamento razoavelmente bem, mas produzem estimativas radicalmente diferentes da magnitude

---

<sup>3</sup>Esse é o problema de 'pegar carona' ou 'free riding'. Ver: (Varian, 1993).

<sup>4</sup>Nos Estados Unidos, por exemplo, uma lei de 1980 conhecida como CERCLA ('Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability Act') manda que se desenvolvam metodologias especiais para a avaliação de danos ao meio ambiente. Na mesma linha, a Suprema Corte daquele País decidiu que, quando não for possível usar dados de mercado sobre o valor de venda ou uso de um recurso, sejam usados métodos 'extra-mercado suficientemente confiáveis'.

que está sendo estimada (valor do excedente do consumidor, por exemplo). Nesses casos, para decidir entre modelos alternativos, o economista deve recorrer a suas 'expectativas apriorísticas' sobre quais deveriam ser tais valores.

Entre os vários métodos de avaliação extra-mercado existentes, os mais conhecidos são os denominados Custo de Viagem, Avaliação Contingente e Preços Hedônicos. O primeiro enfoque é usado para estimar a demanda (e os benefícios daí decorrentes) de vários tipos de recursos naturais, locais recreacionais, praias, reservas naturais e parques nacionais. O modelo do Custo de Viagem baseia-se no fato de que, para consumir os serviços proporcionados pelo recurso natural de que se trate, os usuários devem deslocar-se até esse local. Consumidores que moram a diferentes distâncias do lugar em questão incorrem em diferentes custos de viagem para atingí-lo. Essa diferença de custos proporciona uma 'cross-section' de variações de preços que permitem, em princípio, estimar a chamada 'função de demanda de custo de viagem'.<sup>5</sup>

A técnica de Avaliação Contingente consiste em perguntar aos beneficiários potenciais de um projeto específico quanto estariam dispostos a pagar pelas melhorias ambientais, ou pela instalação de serviços diversos, resultantes da implantação daquele projeto. A partir dessa informação sobre a disposição a pagar dos beneficiários, o método deriva estimativas dos benefícios. Para essa finalidade uma pesquisa de campo faz-se necessária. Ao utilizar esse método o objetivo maior é determinar o preço (valor) que a população alvo de um projeto estaria disposta a pagar para usufruir os benefícios gerados pela implantação do mesmo. As perguntas feitas aos entrevistados, para tentar estabelecer essa disposição a pagar pelos serviços do projeto, referem-se a situações hipotéticas alternativas.<sup>6</sup>

Apesar de estar incluído entre os métodos de avaliação extra-mercado, o modelo dos preços hedônicos<sup>7</sup> refere-se a um tipo especial de mercados. Trata-se de mercados

---

<sup>5</sup>Ver: (Bishop e Heberlein, 1979; Loomis et al., 1991).

<sup>6</sup>Ver: (Mitchell e Carson, 1989; Hausman, 1993; Aguirre e Faria, 1995).

<sup>7</sup>Essa expressão vem do inglês 'hedonic prices', e já ficou cunhada dessa forma entre os economistas

onde se transacionam bens com atributos diferentes (bens heterogêneos). O preço que equilibra um desses mercados reflete a quantidade de atributos que o bem em questão possui. Quanto melhores os atributos, maior o preço a eles atribuído. Existem muitos exemplos desse tipo: mercado de vinhos, de carros, de produtos manufaturados, de imóveis, etc. Hoje em dia, a utilização mais freqüente desse método no trabalho empírico dos economistas é, sem dúvida, na avaliação de imóveis. As moradias têm muitos atributos. A Figura 1 mostra, esquematicamente, como funciona o mercado para uma característica em especial: número de metros quadrados de superfície coberta.

Como todo mercado, nesse também há dois grupos: compradores e vendedores. Os desejos dos compradores estão descritos por 'funções de proposta', que são côncavas. Essas curvas mostram que os compradores estão dispostos a pagar mais por uma maior quantidade de metros quadrados mas, eventualmente, a quantia que estão dispostos a pagar por uma unidade adicional diminui à medida que o número de metros quadrados aumenta. A curva  $d_1$  representa as propostas de um indivíduo com uma renda maior — ou uma família maior — que a pessoa representada por  $d_0$ . Assim, a função de proposta reflete as particularidades do indivíduo que faz a proposta (renda familiar, tamanho da família, gostos, etc.). Do outro lado do mercado estão os vendedores.  $S_0$  é uma curva de oferta (convexa) do atributo metros quadrados de superfície coberta. Se o preço por metro aumenta, os vendedores ofertarão um número maior de metros quadrados.

A 'função de preços hedônicos' é o lugar geométrico dos pontos de equilíbrio dessas duas forças, ou seja, a envoltória onde as diferentes curvas de oferta e de proposta são tangentes. No exemplo da Figura 1 a função de preços hedônicos é suave e contínua, que a usam. A sua origem está ligada ao Hedonismo, uma antiga filosofia grega que afirma que o homem, por natureza, é um ser que busca o prazer. A conotação de hedonista surge do fato do método basear-se na observação, no mercado, do comportamento do consumidor que, supostamente, age tentando maximizar sua utilidade (seu prazer).



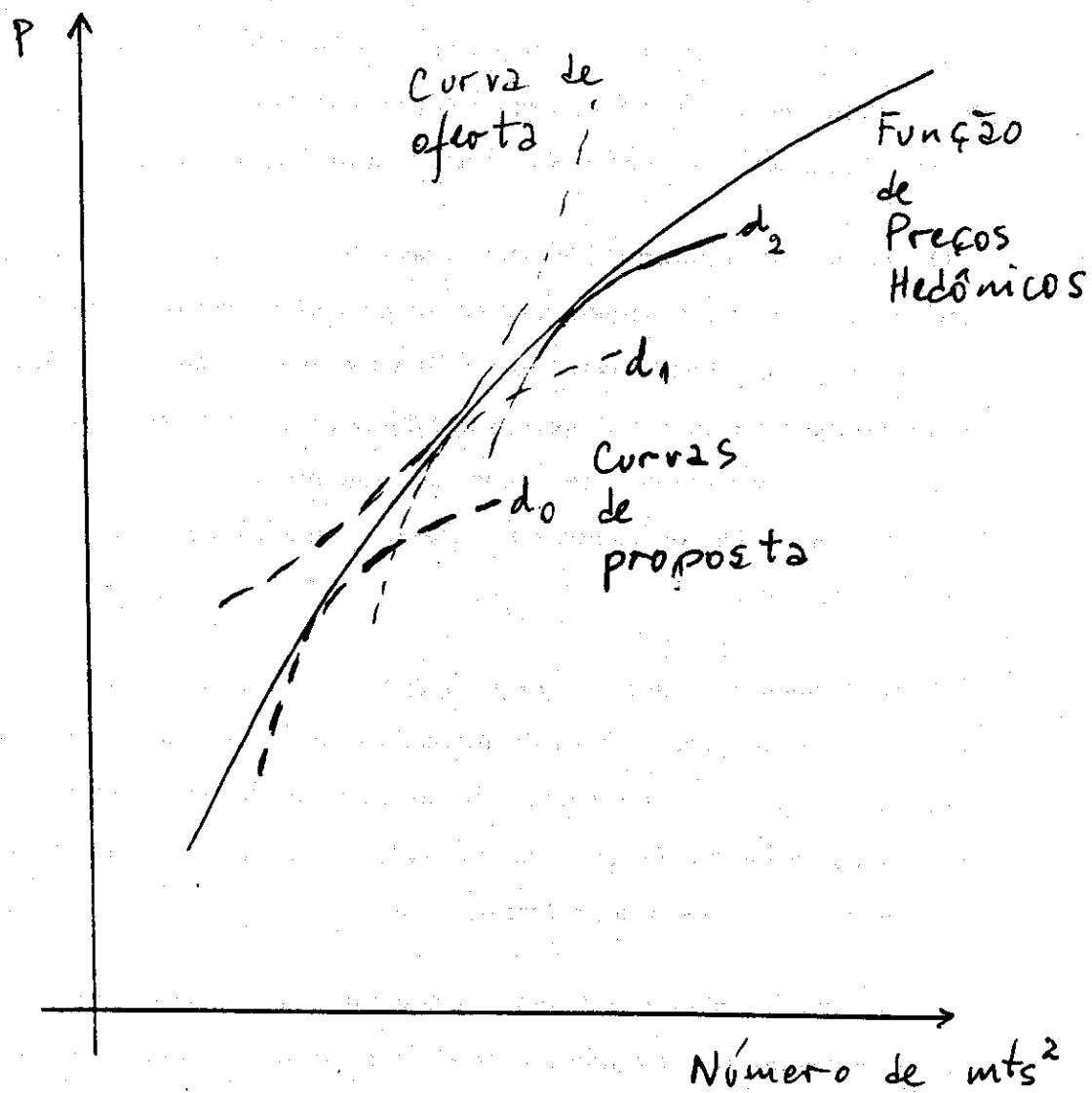


Fig. 1

mas não é obrigatório que assim aconteça sempre. Tudo que sabemos é que é uma envoltória representando pontos de tangência entre as curvas mencionadas, mas não há pressupostos apriorísticos sobre sua forma. Nunca acontecerão transações envolvendo preços e quantidades que se localizem abaixo da função de preços hedônicos porque, na hipotética ocorrência disso, sempre aparecerá algum comprador que fará uma proposta maior, elevando o preço até a envoltória. Essa função representa o preço máximo que um indivíduo pagará por uma dada quantidade desse atributo e a quantia mínima que um vendedor aceitará pela mesma quantidade.

O método utiliza informações estatísticas concretas, dados correspondentes a um mercado real qualquer, referentes ao preço de um certo número de imóveis juntamente com a lista das características (atributos) dos mesmos. Todas essas informações permitem estimar uma 'função de preços hedônicos', com uma regressão múltipla onde o preço é a variável dependente e todas as características são as variáveis independentes da relação. Os coeficientes de regressão estimados são os preços implícitos dos diferentes atributos.

A significância da função de preços hedônicos para a teoria do bem-estar reside no fato de que os participantes do mercado estão revelando o valor marginal de características específicas dos bens, atributos esses que não são vendidos isoladamente no mercado. Os indivíduos estão maximizando sua utilidade comprando atributos aos (seus) preços hedônicos (valores marginais).

O objetivo do presente trabalho é apresentar uma aplicação empírica do método dos preços hedônicos na avaliação social de projetos, incluindo uma breve revisão bibliográfica dessa técnica, uma discussão do marco conceitual que lhe dá fundamento, a respectiva análise econométrica e a interpretação dos resultados.

O plano do artigo é o seguinte: na Seção 2 serão apresentadas a revisão da literatura e as bases teóricas do método que nos ocupa; na Seção 3 discutem-se os problemas relacionados com a especificação e estimativa das funções de preços hedônicos; na

seção 4 apresentam-se os resultados do estudo de caso já mencionado e, finalmente, na última seção apresenta-se um resumo assim como alguns comentários e observações.

## 2 O MÉTODO DOS PREÇOS HEDÔNICOS

Aparentemente, o primeiro uso de regressões hedônicas ocorreu em 1939 (Court, 1939). A técnica ganhou popularidade a partir de 1961 com os trabalhos de Griliches e Adelman (Griliches, 1961; Adelman e Griliches, 1961). Essas primeiras tentativas foram direcionadas à construção de índices de preços ajustados por mudanças de qualidade.

Uma década depois Griliches editou um livro reunindo artigos sobre o mesmo assunto (Griliches, 1971b), a maioria dos quais utiliza a técnica dos preços hedônicos. Nessa oportunidade, o autor comenta o grande número de trabalhos empíricos usando esse método que haviam aparecido nos dez anos anteriores e lista aplicações em preços de automóveis (Fisher et al., 1962; Griliches, 1964; Cagan, 1965; Triplett, 1966), preços de tratores (Fettig, 1963), de aparelhos elétricos (Dean e DePodwin, 1961), de casas (Bailey et al., 1963; Musgrave, 1969), de motores diesel (Kravis e Lipsey, 1969), máquinas de lavar roupa e carpetes (Gavett, 1967), geradores de vapor (Barzel, 1964), e computadores 'main-frame' (Chow, 1967). A literatura mais recente em revistas internacionais inclui centenas de artigos, a maioria referentes ao mercado imobiliário (preços de casas, apartamentos, lotes, terras agrícolas), embora existam aplicações interessantes no mercado de vinhos (Oczkowski, 1994), computadores pessoais (Nelson et al., 1994), mercado de trabalho (Cavalluzzo, 1991), locais turísticos (Ashworth e Goodall, 1990), etc.

Com referência às revistas brasileiras, foi publicado um trabalho que usa preços hedônicos no estudo de aluguéis residenciais (González e Formoso, 1994) assim como outros dois artigos que usam regressões hedônicas sem mencionar a sua base teórica

nem explicar a interpretação econômica dos resultados (Dantas e Cordeiro, 1988; Barbosa e Bidurin, 1991).

Os primeiros usuários da técnica a trataram como se fosse uma hipótese empírica, sem base teórica nenhuma, diferentemente do enfoque estrutural esboçado na Introdução acima. Tal hipótese afirma que o grande número de modelos e variedades de um bem qualquer pode ser descrito em termos de um número relativamente pequeno de características (ou atributos) básicas tais como tamanho, potência, acessórios, etc. Na sua forma paramétrica a hipótese estabelece a existência de uma relação razoavelmente estreita entre os preços de diferentes modelos e os níveis de suas várias características. Repetindo, a existência de uma função desse tipo foi, no início, uma questão empírica mais do que teórica.

Dessa forma, a análise de regressão que considera os preços como variável de resposta e os atributos como variáveis independentes baseia-se na idéia de que os diferenciais de preço entre os diversos modelos de um produto num mercado qualquer podem ser explicados pelas características desses modelos. Cada uma dessas características é considerada como um elemento de um produto complexo. A variação da combinação dos elementos gera a diferenciação do produto num momento dado do tempo, e mudanças na qualidade do produto ao longo do tempo. Essa maneira de focalizar o problema facilita a análise de algumas questões típicas da área da construção de índices de preços tais como o da 'aparição de novos produtos' e o da 'mudança de qualidade' dos produtos em geral.<sup>8</sup> Isso porque, na maioria dos casos, os novos modelos de alguns produtos podem ser vistos como novas combinações de velhas características.

Em resumo, as perguntas básicas que surgem ao considerarmos a metodologia dos preços hedônicos são duas: i) quais as principais características do produto em questão? e ii) qual a forma matemática da relação entre preços e atributos? No caso

---

<sup>8</sup>Esse tema será discutido com maior detalhe na sequência.

particular de se querer construir um índice de preços hedônicos <sup>9</sup> surge uma terceira pergunta. qual seja. como estimar a variação 'pura' de preços (líquida de mudanças de qualidade) a partir de dados sobre preços de diferentes modelos do produto e níveis de características?

As duas primeiras perguntas são. em essência. questões empíricas. Com relação à primeira cabe mencionar que o número de características não pode crescer demasiadamente porque isso gera problemas de multicolinearidade. Já foi demonstrado que um reduzido número de características podem explicar uma proporção relevante da variância dos preços. Assim. por exemplo. no caso dos computadores foi suficiente considerar o tempo gasto para realizar uma multiplicação. a capacidade de memória. e o tempo necessário para recuperar uma informação da memória (Chow, 1967) e. no caso dos automóveis. obtiveram-se bons resultados incluindo potência do motor. peso. e comprimento dos carros (Griliches, 1961). Conclusão semelhante é proposta por outro autor (Butler. 1982). que afirma que é possível obter boas aproximações à 'especificação correta' com um número significativamente menor de características do que usualmente se pode supor.

Além do mais. uma característica e seu preço são importantes unicamente na medida em que tal característica tenha captado uma fração relevante do mercado. A idéia é que as características de modelos que 'não têm saída' não deveriam influenciar substancialmente nossa análise. Por esse motivo alguns pesquisadores usam 'regressões ponderadas' que implicam na inclusão. nas regressões hedônicas. de dados ponderados pela participação de cada característica no respectivo mercado.

Com referência à segunda questão. o mais usual é usar uma especificação semilogaritmica da equação. apesar de que também foram usados modelos lineares. logaritmicos. semilogaritmico inversos. etc. A escolha da forma matemática da relação é

---

<sup>9</sup>Índice de preços hedônicos é aquele que usa informações (preços implícitos) originadas numa função hedônica.

feita, às vezes, sem a ajuda de um marco analítico estatístico adequado. Nesses casos o pesquisador baseia-se em critérios do tipo 'goodness of fit'. Contudo, existem metodologias apropriadas para escolher entre diferentes formas funcionais (Box e Cox, 1964; Spitzer, 1982; Sakia, 1992).

Assim, dependendo da escolha de variáveis e da forma matemática da relação, podem-se ter vários tipos de análise de regressão com um mesmo conjunto de dados.

## 2.1 Índices de Preços Hedônicos

É conhecido que, na experiência de vários países, uma parte do aumento dos índices de preços ao consumidor é devida à contínua mudança de qualidade de alguns bens de consumo durável. Nessa área observa-se, geralmente, um aumento de preço juntamente com uma modificação do modelo anteriormente existente. Se o novo modelo é de uma qualidade superior, parte ou todo o aumento de preço pode ser justificado pela mudança de qualidade. Portanto, não considerar esse tipo de mudanças dos produtos na construção de índices de preços superestima o aumento dos mesmos.

Nas metodologias de construção de índices é procedimento padrão fazer ajustes por aquelas mudanças de qualidade **para as quais se possa atribuir um preço**. Na prática, contudo, isso é muito difícil de se realizar porquanto essas mudanças, além de serem graduais, geralmente vêm mascaradas por variações de modelos de um dado produto, sendo impossível separar a parte do novo preço que corresponde à melhora técnica.

Em cada momento do tempo observam-se, no mercado, uma variedade de modelos de um dado produto com diversas especificações (ou qualidades) sendo vendidos a diferentes preços. Usando regressão múltipla com dados desse tipo para diferentes pontos no tempo, podem-se estimar preços implícitos de cada característica. Tais preços podem ser usados para avaliar um bem representativo com características

específicas (qualidade constante), formando uma série temporal, ainda que o mesmo não existisse no mercado em todos os pontos da série.

Esse procedimento é equivalente a responder à seguinte pergunta: qual teria sido o preço, numa data base qualquer, de uma nova combinação de características (ou qualidades) de um dado produto caso este tivesse existido no mercado? A resposta é dada interpolando convenientemente as características do 'produto' na função de preços hedônicos. Na prática existem várias formas alternativas de implementar essa idéia (Griliches, 1971a).

Há, também, uma forma mais direta de tratar esse problema utilizando as regressões hedônicas. Usa-se a regressão entre os preços e os atributos, envolvendo dados de 'cross-section' de dois anos diferentes, incluindo-se uma variável 'dummy' que distinga entre os dois momentos no tempo. Portanto, aquela parte da variação do preço médio que não é explicada por nenhuma das características incluídas na regressão deve aparecer no coeficiente da variável 'dummy' tempo. Em consequência, o coeficiente dessa variável 'dummy' é interpretado como uma estimativa direta da variação do preço puro (livre de mudanças de qualidade), já que a técnica de regressão leva em conta todos os diferentes atributos, e os mantém constantes. Esse coeficiente representa a melhor estimativa da variação do preço médio não explicada pelos atributos. Se esse coeficiente não é significativamente diferente de zero, a variabilidade dos preços entre modelos é totalmente explicada pelas diferentes características, ou seja, nesse caso pode-se concluir que não há variação do preço puro, para uma dada qualidade constante.

## **2.2 Modelo Hedônico do Valor dos Imóveis**

A teoria da renda da terra afirma que, dado um certo nível de conhecimento tecnológico, o preço de equilíbrio desse fator produtivo é igual ao valor presente do fluxo

de todas as rendas futuras produzidas pelo mesmo. A teoria econômica também reconhece que a produtividade da terra difere de um lugar para outro. Essas diferenças de produtividade geram diferenças de renda e, portanto, diferentes preços da terra. Assim, os diferenciais de produtividade tenderão a refletir-se nos preços da terra.

Algumas características ambientais tais como a qualidade do ar ou d'água podem afetar a produtividade da terra, seja considerada como um bem de produção ou como um bem de consumo duradouro. En tal caso, **os preços da terra devem refletir esses diferenciais de produtividade** determinados pelas características ambientais.

Essa linha de raciocínio da teoria clássica da renda da terra originou grande interesse entre os economistas sobre a possibilidade de usar dados sobre preços da terra, e de propriedades residenciais, para medir os benefícios gerados para os proprietários pela melhora de algumas características ambientais como, por exemplo, a qualidade do ar ou d'água. Em particular, essas idéias combinaram-se com o método empírico das regressões hedônicas gerando farto material teórico e aplicado na área da Economia.

Depois que foram proporcionadas evidências empíricas de que a poluição do ar influencia o valor das propriedades (Ridker e Henning, 1967), nas décadas seguintes houve uma explosão de estudos teóricos e empíricos sobre a avaliação monetária de vantagens e desvantagens ambientais baseados na teoria dos preços hedônicos. Além do mais, como consequência desse esforço, surgiu uma base teórica sólida para interpretar os modelos hedônicos (Rosen, 1974; Freeman, 1974; Follain e Jimenez, 1985).



## O Modelo Básico

Supõe-se que a utilidade de cada indivíduo é uma função das quantidades consumidas de um conjunto de bens, denominado  $X$ , e de um vetor de características,  $C$ , que inclui todos os atributos da casa que a pessoa habita. Esses atributos incluem as 'vantagens ambientais', as características estruturais do imóvel, assim como as características da vizinhança na qual a casa está localizada (qualidade das escolas do bairro, taxa de criminalidade, acesso a parques, supermercados e lugar de trabalho).

Qualquer área urbana suficientemente grande contém uma ampla variedade de casas de diferentes tipos e tamanhos com características ambientais, de localização e de vizinhança específicas. Um pressuposto importante da teoria hedônica é que a área urbana como um todo pode ser considerada como um único mercado de 'serviços residenciais'. Supõe-se, também, que os indivíduos têm informações sobre todas as alternativas disponíveis, e que são livres para escolher uma casa qualquer no mercado urbano. É como se a área urbana fosse um imenso supermercado oferecendo uma grande variedade de características de casas. A escolha de uma localização residencial particular fixa para o consumidor o conjunto completo de serviços residenciais. Os indivíduos podem aumentar a quantidade consumida de uma característica qualquer procurando uma localização alternativa que seja semelhante em todos os outros aspectos, mas que ofereça mais da característica desejada.

Como a teoria trata de estabelecer os valores das características para os compradores de casas, não é necessário modelar formalmente o lado da oferta desse mercado. Contudo, é necessário pressupor que o mercado está em equilíbrio, i.é., todos os indivíduos têm feito suas escolhas de residências de maneira tal que maximizam suas utilidades —dados os preços das diferentes casas alternativas—, e esses preços equilibram o mercado —dado o estoque existente de casas com as respectivas características.

Com todos esses pressupostos o preço da  $i^{ma}$  casa pode ser considerado como uma função das características estruturais, ambientais, e de vizinhança dessa localização. Ou seja, a função de preços hedônicos é:

$$P_{c_i} = P_c(C_i). \quad (1)$$

Para o indivíduo que ocupa a  $i^{ma}$  casa, sua utilidade é dada por:

$$u = u(X, C_i). \quad (2)$$

que é maximizada sujeita à correspondente restrição orçamentária.

A condição de primeira ordem para maximização da utilidade sujeita à restrição orçamentária implica que, no caso da escolha da característica  $c_j$ , por exemplo, a seguinte igualdade deve ser satisfeita:

$$\frac{\frac{\delta u}{\delta c_j}}{\frac{\delta u}{\delta X}} = \frac{\delta P_{c_i}}{\delta c_j} = p_j. \quad (3)$$

O lado esquerdo da igualdade anterior é a taxa marginal de substituição (TMS) entre  $X$  e  $c_j$ . Em equilíbrio essa TMS deve igualar-se ao preço (não observável) da  $j^{ma}$  característica (Follain e Jimenez, 1985).

Por sua vez, se a função de preços hedônicos  $P_c(.)$  for estimada para uma área

urbana qualquer, a derivada parcial daquela função com relação a qualquer um de seus argumentos.  $c_j$  por exemplo, nos fornece o preço marginal implícito ( $p_j$ ) daquela característica, ou seja, o montante adicional que uma pessoa deverá pagar para obter uma casa com uma unidade a mais dessa característica, permanecendo as quantidades de todos os outros atributos constantes.

### 3 ESPECIFICAÇÃO DA FUNÇÃO HEDÔNICA

Os problemas econométricos enfrentados na estimação de uma função hedônica são os usuais no trabalho econométrico. Assim, encontrar a especificação correta da relação hedônica requer a escolha da variável dependente (preço do imóvel ou aluguel), a lista correta de variáveis independentes, e a verdadeira forma funcional.

Portanto, as primeiras perguntas são: qual é a melhor variável dependente? Quais as características a serem incluídas no conjunto de variáveis explicativas? Qual a devida especificação da forma funcional dos modelos hedônicos que relacionam preços de imóveis (ou aluguéis) com os diferentes atributos dessas moradias?

Com referência à primeira pergunta o ideal seria poder contar com informações sobre transações reais dos imóveis, mas apenas uma pequena proporção deles são vendidos a cada ano. Por outro lado, a suposta superioridade desse tipo de dados —baseada na hipótese de que o mercado de imóveis está em equilíbrio, e de que todas as oportunidades potenciais de ganho mediante novas transações, aos preços vigentes nesse momento, foram esgotadas—, pode ser colocada em dúvida. Isso porque, nesse tipo de mercado, compradores e vendedores usualmente operam com um alto grau de ignorância sobre a verdadeira 'disposição a pagar' dos compradores e 'disposição a aceitar ofertas' dos vendedores potenciais. Em consequência, na opinião de muitos autores, a fonte mais adequada para obter dados sobre o valor dos imóveis está constituída pelas avaliações efetuadas por corretores profissionais.

A possibilidade de incluir como variável de resposta nas regressões hedônicas o valor do aluguel das moradias apresentava, no caso de nosso estudo, os seguintes pontos desfavoráveis:

- nas áreas em estudo, a grande maioria dos imóveis estavam ocupados pelos proprietários. A procura de casas alugadas para incluí-las na amostra iria requerer muito tempo, atrasando demasiadamente a pesquisa;
- durante a realização dos trabalhos (1993/94), a inflação no País era relativamente alta, e os contratos de aluguel ficavam defasados em pouco tempo, não refletindo o verdadeiro valor de mercado do serviço.

Tentando contornar esses problemas foram feitos esforços no sentido de poder contar com as duas variáveis de resposta mas, como será explicado na apresentação dos resultados, na prática uma delas é redundante.

Dado que o objetivo da análise hedônica é determinar o impacto de uma característica sobre o valor do imóvel, mantendo os outros atributos constantes, um ponto importante é a identificação correta da lista de fatores relevantes a serem incluídos como variáveis independentes. Esse assunto ganha maior relevância —e fica mais difícil de ser tratado— devido à possibilidade da existência de multicolinearidade entre as características estruturais da moradia. Considerações desse tipo nos levam a enfrentar um 'trade off' entre aumentar o viés devido à omissão de variáveis que estão correlacionadas com a variável dependente em estudo, e aumentar a variância ou imprecisão dos coeficientes estimados quando são incluídas na regressão variáveis que são colineares.

De acordo com a teoria, uma função de preços hedônicos é uma relação de equilíbrio deduzida da interação das preferências dos compradores e dos custos (ou funções de lucro) dos vendedores. A única restrição geral sobre a sua forma é, obviamente, que a primeira derivada com relação a uma característica deve ser positiva (negativa)

se a característica é um bem (mal). Nada é possível deduzir das propriedades do modelo com referência à segunda derivada.

Na literatura podem-se encontrar as mais diversas formas funcionais para essa função: linear, quadrática, logarítmica, semi-logarítmica, e muitas outras. É comum uma análise começar estimando as formas linear e a semi-logarítmica. Nessa última, apenas a variável de resposta é transformada, permanecendo o conjunto de variáveis explicativas na mesma forma que no caso linear. Mas essas duas formas são apenas dois membros de uma ampla família: as transformações de Box e Cox (Box e Cox, 1964). Na sua forma mais simples, apenas a variável dependente é transformada, mantendo o mesmo conjunto de variáveis independentes. A transformação é definida da seguinte forma:

$$P^{(\lambda)} = \frac{P^\lambda - 1}{\lambda} \quad \text{para } \lambda \neq 0 \quad (4)$$

$$P^{(\lambda)} = \log P \quad \text{para } \lambda = 0. \quad (5)$$

Nas fórmulas anteriores observa-se que, quando  $\lambda = 1$ , a transformação de Box e Cox deixa a variável praticamente inalterada (a não ser pela subtração da unidade de cada observação, cuja consequência é o deslocamento de toda a distribuição para esquerda nessa quantia). Por sua vez, quando  $\lambda = 0$ , a transformação de Box e Cox é idêntica à transformação logarítmica da variável.<sup>10</sup>

Existem outras variantes da análise de regressão envolvendo transformações de Box e Cox como, por exemplo, aquelas que transformam não apenas a variável dependente mas, também, alguma (ou todas as) independente(s), seja com o mesmo parâmetro para todas ou com parâmetros diferentes para cada variável transformada.

---

<sup>10</sup>Usando a regra de L'Hopital pode-se mostrar que a transformação de  $P$  tende para o logaritmo de  $P$  quando  $\lambda$  tende para zero.

Uma aplicação desse tipo num problema brasileiro pode ser encontrado em (Macedo, 1996).

## 4 UM ESTUDO DE CASO

A aplicação do método de preços hedônicos na avaliação de imóveis que será relatada nesse trabalho está relacionada com o Estudo de Viabilidade Econômica do Programa de Canalização de Córregos, Implantação de Vias e Recuperação Ambiental e Social de Fundos de Vales—PROCAV II, na Cidade de São Paulo, elaborado pela Prefeitura da cidade no período de 1993 a 1994.

Era intenção da municipalidade obter parte dos recursos para a execução deste Programa mediante financiamento externo, especificamente recursos oriundos do Banco Interamericano de Desenvolvimento—BID. Como as solicitações de financiamento encaminhadas a esse Banco devem ser acompanhadas por estudos de viabilidade econômica dos projetos contemplados, houve necessidade de se estimar os benefícios e custos do projeto, para assim calcular sua rentabilidade.

O objetivo do Programa era canalizar cursos d'água, e córregos de fundo de vales, de forma a reduzir o problema de enchentes e inundações nas épocas de chuva, que afetavam a população das regiões leste e norte da Cidade de São Paulo, além de facilitar o transporte viário, mediante a abertura e pavimentação de avenidas marginais aos canais, reduzindo o tempo de viagem dos motoristas e passageiros, como também o custo operacional dos veículos.

A situação dos fundos de vale e de seu entorno, na época em que se iniciaram os estudos, apresentava-se bastante deteriorada, precária, com queixas constantes dos moradores quanto a mau cheiro, lixo nas margens, presença de insetos, e ocorrência de enchentes e inundações. A situação **com projeto**, ou situação futura, previa

obras de retificação e revestimento de canais, com melhoria considerável das condições sanitárias e ambientais.

Os córregos a serem contemplados pelo Procam II eram num total de catorze, sendo selecionados para estudos apenas seis dentre eles, quais sejam: córregos Machados, Paciência, Maria Paula, Itaquera, Guaraú, e Lageado (o de Tiquatira foi também incluído para servir como área de controle).

O critério básico usado na seleção dos córregos da amostra foi a localização, já que as áreas estudadas deviam pertencer às zonas norte ou leste, deviam ter problemas relacionados com a falta de drenagem, e possuir algum projeto de engenharia já concluído naquela época.

A partir de visitas a esses locais, e de entrevistas com engenheiros, projetistas, ambientalistas, corretores de imóveis, e com a própria comunidade, constatou-se que os principais benefícios da canalização dos fundos de vale eram:

- redução de enchentes e inundações;
- melhoria da saúde pública;
- redução da erosão do solo;
- melhoria das condições sanitárias e ambientais.

A análise dos benefícios do projeto que iria ser implantado começou com a tentativa de identificar e avaliar os mais facilmente quantificáveis. A melhoria da saúde pública foi o primeiro benefício a ser considerado. Entretanto, a dificuldade de se obter dados estatísticos nesta área é notória. Dados sobre gastos dos postos de saúde por tipo de doença e por paciente não estavam disponíveis, dificultando a estimativa da real parcela de redução de custos no setor saúde devido às obras de saneamento básico projetadas.

Os benefícios advindos da redução de enchentes e inundações poderiam ser avaliados mediante dados sobre danos materiais ocorridos em épocas passadas, e causados por esses motivos. O ponto em discussão na utilização deste enfoque centrou-se no fato de que nem sempre as pessoas se lembram dos danos ocorridos e, quando lembram, a quantificação é bastante precária, obtendo-se, assim, dados muito imprecisos.

Entretanto, ao se comparar as situações **com e sem projeto**, notou-se que o impacto das obras na área de influência do projeto seria traduzido na recuperação de áreas degradadas, com melhorias significativas tanto do ponto de vista sanitário quanto ambiental (redução de enchentes, melhoria da saúde, etc). Assim, essa recuperação podia associar-se à valorização das propriedades na área, o que permitia pressupor que todas as melhorias introduzidas traduzir-se-iam em incrementos de valor dos imóveis da região após a realização do projeto.

Por outro lado, o valor de terrenos e imóveis é relativamente fácil de se obter já que existe um mercado imobiliário bem organizado e muito ativo, sem mencionar que também se pode recorrer a avaliadores profissionais. Por esse motivo, resolveu-se usar a valorização dos imóveis da área de influência dos córregos constantes do Projeto como o principal benefício dos projetos de macrodrenagem <sup>11</sup>, ou seja, da canalização e revestimento de fundos de vale.

A técnica utilizada para estimar esta valorização imobiliária foi a técnica dos preços hedônicos. Ao utilizar essa técnica para medir a valorização de imóveis devi-

---

<sup>11</sup>Macrodrenagem pluvial é o sistema composto por rios, córregos e lagos de uma região. Este sistema está sujeito ciclicamente a enchentes e estiagens e é um corpo dinâmico, hidráulica e biologicamente falando. Com a presença do homem em seu território podem acontecer: a) ocupação de margens, gerando inundações de moradias; b) assoreamento de rios ou lagos, em face de movimentos de terra mal projetados e c) poluição, com a alteração completa do seu meio biológico. A microdrenagem pluvial é feita pelo homem, e está composta pelo sistema de arruamento, no qual as águas da chuva escoam pelas sarjetas, e pelo sistema de captação de águas pluviais, normalmente em zonas mais baixas, para evitar que o arruamento seja inundado.



da à implantação do projeto, devem-se obter informações do valor dos imóveis (ou do aluguel dos mesmos), na área contemplada pelo estudo (situação sem projeto) e, também, em outra área com perfil sócio-econômico semelhante àquela a ser beneficiada, mas cujo atributo a ser implantado pelo projeto já exista. Esta segunda área é denominada área de controle.

Outra questão importante era a fonte de dados para o valor (preço) dos imóveis. Embora ao preencher o questionário se pedisse ao entrevistado (geralmente o proprietário) uma estimativa do valor do imóvel, uma alta proporção dos mesmos desconhecia essa informação. Observou-se, também, que alguns entrevistados supervalorizavam seu imóvel, ou por temer uma desapropriação ou pelo fato de não querer vender.

Tais circunstâncias levaram à necessidade de solicitar a um corretor de imóveis que avaliasse as moradias pesquisadas, quanto ao valor do imóvel e do respectivo aluguel. Em consequência, quando um imóvel incluído na amostra era alugado, o valor do aluguel que constava no questionário era aquele realmente pago pelo inquilino no momento da pesquisa. Nos casos em que os moradores das casas eram os proprietários, tanto o valor destas quanto o provável aluguel foram estimados por um corretor de imóveis.

Definiu-se ainda a área sujeita a inundação para cada córrego ou fundo de vale, delimitadas mediante visitas aos locais e consultas a órgãos especializados como o FCTH—Fundação Centro de Tecnologia em Hidrologia do Estado de São Paulo. Definida a área a ser afetada pela execução da obra, foi possível conhecer a população beneficiada, escolher a amostra, e preencher os questionários que forneceram o banco de dados usado para a realização da parte empírica deste estudo.

Nessa pesquisa foram levantados, além das informações de identificação da família, número de membros, escolaridade, renda, etc., dados sobre as características estruturais, ambientais e de vizinhança (serviços públicos disponíveis, etc.) do imóvel em

questão. Após eliminar os questionários com informações incompletas e/ou incoerentes, a amostra ficou com tamanho de 1514. Dentre as numerosas variáveis registradas apenas sete foram incluídas nas regressões hedônicas como explicativas do valor dos imóveis (e do aluguel), a saber:

- uma variável 'dummy' que toma o valor **um** quando o imóvel e/ou a rua estão sujeitos a inundações nas épocas de chuva, e **zero** quando não ocorrem inundações;
- uma 'dummy' que toma o valor **um** quando o imóvel está localizado numa área com policiamento, e **zero** quando não dispõe desse serviço público;
- uma variável com escala arbitrária de um a quatro que descreve o tipo de calçamento da rua onde se encontra localizada a moradia, e onde o nível quatro representa o melhor calçamento;
- uma variável com escala arbitrária de um a quatro que descreve o tipo de esgoto com que conta a moradia;
- número de cômodos;
- área da casa em  $m^2$ ;
- área do terreno em  $m^2$ .

As variáveis de resposta foram medidas em dólares da época (início de 1994). Nos resultados apresentados na Tabela 4, adiante, a variável Preço foi expressa em milhares de dólares.

A Tabela 1 apresenta as estatísticas descritivas das variáveis que entraram nas regressões hedônicas. Essas informações são especialmente importantes no caso das variáveis de resposta mas não tanto no caso das 'dummies' ou das variáveis com escalas arbitrárias. No caso das variáveis de resposta, Preço e Aluguel, é importante

notar que as respectivas distribuições apresentam assimetria positiva e altos valores de kurtosis, sugerindo uma distribuição log-normal. Essas considerações são confirmadas pela estatística de Jarque-Bera, que é função da assimetria e da kurtosis, que indica a rejeição da hipótese nula de normalidade na distribuição dessas duas variáveis dependentes com níveis de probabilidade de erro de rejeição praticamente iguais a zero.

TABELA 1  
ESTATÍSTICAS DAS VARIÁVEIS INCLUIDAS  
NAS REGRESSÕES

VARIÁVEL	MÉDIA	DESV. PAD.	ASSIMETRIA	KURTOSIS	J-BERA
Preço	16627.87	11082.55	2.3287	14.4355	9617.78
Aluguel	82.92	55.43	2,3280	14.4328	9616.07
Inunda	0,3263	0,4690	0,7408	1.5481	271.45
Esgoto	3,4617	1,0829	-1,6610	3.9511	753,27
Área da casa	99.93	65,99	1,6265	6,2151	1319,62
Área terreno	184.99	115,15	2,9843	24.7234	32016,86
Cómodos	5.2787	2,0606	0,9244	4.4148	341.89
Policiamento	0.4617	0.4987	0,1536	1.0229	252.53
Tipo rua	3.7275	0,8194	-1.9802	5.4810	1377.74

Deve-se notar, também, a semelhança das estatísticas descritivas das duas variáveis de resposta. Com efeito, a única diferença observada consta nas médias e desvios padrões, porque ambas medidas dependem das respectivas escalas. Contudo, se se calcula a razão entre o desvio padrão e a média de cada variável —obtendo-se, assim, o coeficiente de variação—, o resultado é novamente o mesmo: 0,67 em ambos casos.

Isso coloca a pergunta: não serão os aluguéis simplesmente uma transformação linear do preço (ou vice-versa)? Calculando-se para cada observação na amostra a proporção aluguel/preço obtêm-se valores com média igual a 0.05% e desvio padrão 0.000169. Todas essas observações sugerem que ambas variáveis estão altamente correlacionadas. De fato a correlação entre as mesmas é de 0.999. A regressão do Aluguel nos Preços é proporcional (constante estatisticamente não diferente de zero) com coeficiente de regressão 0.004997 e coeficiente de determinação igual a 0.9979. Por último deve-se salientar que a média dos aluguéis representa 0.05% da média dos preços.

Essas informações adicionais mostram que, na prática, é irrelevante qual variável de resposta entra na regressão: ou seja, é a mesma coisa incluir os preços ou os aluguéis como variável dependente nas regressões hedônicas. Por esse motivo, na sequência serão comentados apenas os resultados das regressões envolvendo a variável Preço. Contudo, os resultados relativos à outra variável também serão mostrados como informação adicional.

A regressão linear dos preços nas características (Tabela 2) apresenta um  $R^2$  ajustado de 0.7585 com seis coeficientes de regressão parcial estatisticamente significativos. Nessa especificação o coeficiente da variável Número de Cômodos não é significativamente diferente de zero. Na especificação alternativa, a variável de resposta é o logaritmo do preço que, em função das mesmas sete variáveis explicativas, apresenta uma regressão com  $R^2$  ajustado de 0.6288.

TABELA 2  
REGRESSÕES POR MÍNIMOS QUADRADOS ORDINÁRIOS  
Variável dependente: PREÇO

	Forma linear		Forma semi-log	
VARIÁVEL	COEFICIENTE	t-Student	COEFICIENTE	t-Student
Constante	-7003,28	-7,8273	7,9998	120,1175
Inunda	-3906,66	-12,5466	-0,2763	-11,9207
Esgoto	431,72	3,2186	0,0537	5,3804
Área da casa	63,25	25,3835	0,0039	25,0375
Área terreno	56,24	41,9884	0,0025	25,0375
Cómodos	65,55	0,8985	0,0207	3,8127
Policiamiento	1056,57	3,7394	0,0548	2,6072
Tipo rua	1613,38	9,3875	0,1202	9,3979

Segundo a interpretação econômica do método em discussão os coeficientes de regressão são preços hedônicos. No caso de variáveis como Área da Casa ou Área do Terreno a interpretação é fácil e direta. Os coeficientes de regressão de cada uma dessas variáveis representam o valor do metro quadrado de área coberta e de terreno, respectivamente, **mantendo todas as outras características sob controle**. Da mesma forma, o fato de um imóvel estar localizado num bairro que tem policiamento acresce, em média, aproximadamente 1057 dólares a seu valor, permanecendo todas as outras características do mesmo constantes.

Os coeficientes das variáveis Esgoto e Tipo de Rua, embora estatisticamente significativos, não são de fácil interpretação porque a escala de ambas variáveis é totalmente arbitrária, representando apenas quatro categorias diferentes de qualidade da respectiva característica.

A principal variável da regressão hedônica — dado nosso objetivo de avaliar a valorização dos imóveis como consequência do projeto — é INUNDA, a 'dummy' que registra se ocorrem inundações ou não. Seu coeficiente é negativo, como esperado, e estatisticamente significativo. O montante de 3900 dólares indica a perda de valor, em média, de um imóvel, devido ao fato de estar sujeito ao fenômeno da inundação (isso depois de se ter levado em conta e mantido constantes todos os outros fatores relevantes na determinação do preço). Conceitualmente esse valor pode ser obtido como a diferença de dois preços calculados pela regressão hedônica: o primeiro é estimado com os valores médios de todas as variáveis independentes a exceção da 'dummy' de inundação, que entra na equação com o valor zero; o segundo é estimado com as mesmas médias e com a 'dummy' com valor um.

Quando se transforma de alguma maneira a variável de resposta os coeficientes de regressão parcial não têm uma interpretação direta em termos de preços implícitos. Nesses casos é necessário retransformar os valores para voltar à escala original. No caso do ajuste semi-logarítmico da Tabela 2, por exemplo, estimam-se dois valores de P usando a regressão hedônica: o primeiro com todas as variáveis independentes igualadas a suas respectivas médias, a exceção da variável INUNDA que toma o valor zero; na segunda estimativa de P muda apenas o valor da 'dummy', que agora é um. Isso resulta nos valores 9.6085 e 9.3322, respectivamente, valores que devem ser retransformados usando exponenciação. A diferença entre essas exponenciais, no valor de 3.506 (dólares) é o preço implícito que estamos procurando.

Os resultados obtidos quando se usam os aluguéis, em vez dos preços, como variável de resposta, são muito semelhantes (ver Tabela 3). Com efeito, no caso da forma linear apenas seis variáveis independentes são significativas, enquanto que na forma semi-logarítmica as sete variáveis explicativas são estatisticamente diferentes de zero. Mas a semelhança vai além disso. Considerando as duas relações em forma linear, se calcularmos a razão entre os coeficientes parciais da regressão da variável Aluguel e os correspondentes coeficientes da regressão da variável Preço, observa-se uma regulari-

dade: seis deles são iguais a 0.05%, aproximadamente, e apenas o correspondente à variável Número de Cômodos é igual a 0.056%. Isso se deve, como já foi mencionado, ao fato de uma variável ser uma transformação linear da outra.

TABELA 3  
REGRESSÕES POR MÍNIMOS QUADRADOS ORDINÁRIOS  
Variável dependente: ALUGUEL

VARIÁVEL	Forma linear		Forma semi-log	
	COEFICIENTE	t-Student	COEFICIENTE	t-Student
Constante	-35.24	-7.84	2.69	39.86
Inunda	-19.51	-12.17	-0.2772	-11.81
Esgoto	2.14	3.17	0.0539	5.33
Área da casa	0.32	25.28	0.0039	20.79
Área terreno	0.28	41.68	0.0025	24.63
Cômodos	0.37	1.01	0.0218	3.96
Policiamento	5.33	3.75	0.0561	2.63
Tipo rua	8.05	9.32	0.1205	9.30

A comparação entre as especificações alternativas da função de preços hedônicos, para decidir qual delas ajusta melhor os dados da amostra não pode ser feita com base no coeficiente de determinação, nem com base na soma dos desvios quadráticos. Sobre essas bases tal comparação não é válida porque essas medidas referem-se a variâncias totalmente diferentes, já que a variável dependente foi transformada em um dos casos. Para poder efetuar a comparação mediante a soma dos desvios médios quadráticos é necessário ajustar a escala da variável dependente antes de transformá-la. A mudança de escala apropriada para o fim perseguido consiste em dividir a variável pela sua própria média geométrica. Depois se realiza(m) a(s) transformação(ões) do caso

e se estimam as correspondentes regressões usando o mesmo conjunto de variáveis independentes. A soma de desvios quadráticos dessas regressões são comparáveis (Rao e Miller, 1971).

Mas, antes de procurar saber qual dessas duas formas alternativas da regressão hedônica ajusta melhor os dados de nossa amostra, deve-se salientar que tanto a especificação linear como a semi-logarítmica são casos particulares de uma família de transformações que as inclui. Trata-se da transformação de Box e Cox mencionada na Seção 3. Em consequência, a escolha da melhor forma funcional deve ser feita para todo um intervalo de possíveis valores de  $\lambda$ . Usualmente esse intervalo é, pelo menos, formado pelos limites -2 e 2. Em outras palavras, queremos saber qual o valor de  $\lambda$ , dentro desse intervalo, com sua forma funcional associada, que melhor ajusta os dados.

Para isso, transforma-se a variável dependente usando as fórmulas (4) e (5) mencionadas acima para um conjunto de valores de  $\lambda$  que varia entre os limites estipulados, e se observa qual deles produz o melhor ajustamento. Existem pacotes computacionais que fazem isso automaticamente, estimando não apenas o valor do parâmetro que otimiza o critério de seleção, mas também o erro padrão amostral que permite testar hipóteses com relação à estimativa de  $\lambda$ .

Se  $\lambda$  é considerado como um parâmetro desconhecido a regressão transforma-se em não linear nos parâmetros, não existindo forma de linearizá-la mediante uma transformação. A mesma pode ser estimada por Mínimos Quadrados não Lineares ou pelo método de Máxima Verossimilhança (MV). Nesse caso foi usado o pacote denominado LIMDEP que usa MV como método de estimativa e como critério de otimização para escolher o melhor valor de  $\lambda$ . Os resultados estão apresentados na Tabela 4 (variável Preço) e na Tabela 5 (variável Aluguel).<sup>12</sup>

---

<sup>12</sup>Devido a restrições do pacote computacional, nos cálculos cujos resultados aparecem na Tabela 4, a variável Preço foi expressa em milhares de dólares.



TABELA 4  
TRANSFORMAÇÃO DE BOX-COX  
REGRESSÃO POR MÁXIMA VEROSIMILHANÇA  
Variável dependente: PREÇO

VARIÁVEL	COEFICIENTE DE REGRESSÃO	t de Student
Constante	-0.1653	0.601
Inunda	-1.1576	10.901
Esgoto	0.1616	4.454
Area da casa	0,0177	13.992
Area do terreno	0,0132	13.670
Cómodos	0,0476	2.460
Policiamento	0,2662	3,467
Tipo rua	0.4818	9.074
LAMBDA	0,55263	25,507

Como pode observar-se na Tabela 4, o valor estimado de  $\lambda$  é estatisticamente diferente de zero e de um. De fato, sendo  $\lambda = 0,55263$ , pode-se concluir que, para todos os fins, o melhor ajuste é dado pela transformação raiz quadrada do preço.

Para calcular o verdadeiro valor da valorização (preço hedônico associado à variável 'dummy' INUNDA), devemos proceder da seguinte maneira: estimam-se dois valores (transformados) do preço com a regressão hedônica da Tabela 4: o primeiro com todas as variáveis independentes igualadas a suas respectivas médias e a 'dummy' igualada a zero, e o segundo com o valor unitário para a variável INUNDA. Cada um deles é retransformado multiplicando por  $\lambda$ , somando 1, e elevando esse resultado à potência  $\frac{1}{\lambda}$ . A diferença entre eles dá como resultado 3.839 dólares, que é a estimativa do preço hedônico da característica 'não susceptível a inundação'. Como essa valorização do imóvel médio foi estimada com a forma funcional que melhor ajusta os dados,

tal valorização foi considerada como a correta para estimar os benefícios produzidos pelo projeto que eliminará as enchentes. O benefício estimado neste caso é apenas 2% menor que a estimativa do preço hedônico produzida pela regressão linear, e 9,5% maior que o estimado pela forma semi-logarítmica.

TABELA 5  
TRANSFORMAÇÃO DE BOX-COX  
REGRESSÃO POR MÁXIMA VEROSIMILHANÇA  
Variável dependente: ALUGUEL

VARIÁVEL	COEFICIENTE DE REGRESSÃO	t de Student
Constante	2.1301	3.244
Inunda	-2.8189	-8.540
Esgoto	0.3910	1.222
Area da casa	0,0431	9,733
Area do terreno	0,0320	9,398
Cómodos	0,1238	2,575
Policiamento	0,6569	3,372
Tipo rua	1,1722	7,572
LAMBDA	0.55263	25.520

Observando os resultados apresentados na Tabela 5, nota-se, novamente, uma grande similaridade entre as estimativas obtidas usando a variável Aluguel como variável dependente, em vez da variável Preço.

## 5 RESUMO E CONCLUSÕES

No presente trabalho, apresenta-se uma revisão da literatura sobre a técnica dos 'preços hedônicos', uma breve discussão do marco conceitual no qual se baseia a técnica, e uma aplicação empírica desta na avaliação social de projetos. O exemplo apresentado é parte de um trabalho que foi elaborado para a Prefeitura da Cidade de São Paulo, onde se avaliam alguns projetos de investimento com importantes impactos ambientais.

As regressões hedônicas foram inicialmente introduzidas nos estudos aplicados de Economia como uma relação empírica que permitia obter preços implícitos de atributos de alguns bens, atributos esses que não são transacionados separadamente no mercado. No início, também, seu uso estava ligado principalmente à área dos números índices de preços. Posteriores desenvolvimentos teóricos mostraram as bases conceituais do método, tendo-se ampliado seu uso nas pesquisas empíricas, especialmente na área de avaliação de imóveis.

Esse é, justamente, o uso mostrado no estudo de caso comentado nesse trabalho, no qual a técnica permite estimar a valorização dos imóveis da área de influência das obras de um projeto de investimento (PROCAV II) que tem como objetivo eliminar as enchentes ao longo de vários córregos nas zonas leste e norte da Cidade de São Paulo.

O estudo estima e compara várias especificações da regressão entre preço dos imóveis e um conjunto de características. O melhor ajustamento dos dados da amostra foi conseguido com a transformação raiz quadrada. Essa seleção da melhor forma da relação foi efetuada usando o método de transformações de Box-Cox.

A principal variável da regressão hedônica — dado nosso objetivo de avaliar a valorização dos imóveis como consequência do projeto — é INUNDA, a 'dummy' que

registra se ocorrem inundações ou não. Seu coeficiente é negativo, como esperado, e estatisticamente significativo. Esse valor é a estimativa do preço implícito da característica 'não susceptível a inundações' (isso depois de se ter levado em conta e mantido constantes todos os outros fatores relevantes na determinação do preço).

Outros coeficientes fornecem estimativas dos preços implícitos do metro quadrado de superfície coberta, do metro quadrado de terreno, e a valorização média (mantendo todos os outros fatores constantes) de um imóvel devido ao fato do mesmo estar localizado numa região que dispõe de policiamento.

Mostrou-se, assim, como o método denominado 'preços hedônicos' pode ser usado para avaliar os benefícios associados a um projeto de investimento que visa eliminar as enchentes em várias áreas da Cidade de São Paulo.

## Referências

- Adelman, I. e Griliches, Z. (1961). On an index of quality change. *Journal of the American Statistical Association*, 56(3):535-548.
- Aguirre, A. e Faria, D. M. C. P. (1995). "Avaliação Contingente" de investimentos ambientais: um estudo de caso. Texto para Discussão 83. CEDEPLAR/FACE/UFGM, Belo Horizonte. (A ser publicado pela Revista ESTUDOS ECONÔMICOS da USP).
- Ashworth, G. e Goodall, B. (editores) (1990). *Marketing Tourism Places*. Routledge, New York.
- Bailey, M. J., Muth, R. F., e Nourse, H. O. (1963). A regression method for real state price index construction. *Journal of the American Statistical Association*, 58(4):933-942.

- Barbosa, E. P. e Bidurin, C. P. (1991). Seleção de modelos de regressão para predição via validação cruzada: uma aplicação na avaliação de imóveis. *Revista Brasileira de Estatística*, 52(197/198):105-120.
- Barzel, Y. (1964). The production function and technical change in the steam power industry. *Journal of Political Economy*, 72(1):133-150.
- Bishop, R. C. e Heberlein, T. A. (1979). Measuring values of extramarket goods: are indirect measures biased? *Journal of American Agricultural Economics*, 61(6):926-930.
- Box, G. E. e Cox, D. R. (1964). An analysis of transformations. *Journal of the Royal Statistical Society (B)*, 26(2):211-252.
- Butler, R. V. (1982). The specification of hedonic indexes for urban housing. *Land Economics*, 58(1):96-108.
- Cagan, P. (1965). Measuring quality changes and the purchasing power of money: an exploratory study of automobiles. *National Banking Review*, 3(1):217-236.
- Cavalluzzo, L. C. (1991). Nonpecuniary rewards in the workplace: demand estimates using quasi-market data. *Review of Economic and Statistics*, 73(3):508-512.
- Chow, G. C. (1967). Technical change and the demand for computers. *American Economic Review*, 57(5):1117-1130.
- Court, A. T. (1939). Hedonic price indexes with automotive examples. In GMC, editor, *The Dynamics of Automobile Demand*, capítulo 3. páginas 99-117. General Motors Corporation. New York.
- Dantas, R. A. e Cordeiro, G. M. (1988). Uma nova metodologia para avaliação de imóveis utilizando modelos lineares generalizados. *Revista Brasileira de Estatística*, 49(191):27-46.

- Dean, C. R. e DePodwin, H. J. (1961). Product variation and price indexes: a case study of electrical apparatus. In ASA, editor. *Proceedings of the Business and Economic Statistics Section*, páginas 271-279. Washington. American Statistical Association.
- Fettig, L. P. (1963). Adjusting farm tractor prices for quality changes, 1950-1962. *Journal of Farm Economics*, 45(4):599-611.
- Fisher, F. M., Griliches, Z., e Kaysen, C. (1962). The costs of automobile model changes since 1949. *Journal of Political Economy*, 79(3):433-451.
- Follain, J. R. e Jimenez, E. (1985). The demand for housing characteristics in developing countries. *Urban Studies*, 22:421-432.
- Freeman, A. M. (1974). On estimating air pollution control benefits from land value studies. *Journal of Environmental Economics and Management*, 1(1):74-83.
- Gavett, T. W. (1967). Quality and a pure price index. *Monthly Labor Review*, 90(1):16-20.
- González, M. A. S. e Formoso, C. T. (1994). Especificação de modelos de preços hedônicos para locação residencial em Porto Alegre. *Cadernos IPPUR/UFRJ*, 8(1):59-72.
- Griliches, Z. (1961). Hedonic price indexes for automobiles: an econometric analysis of quality change. In NBER, editor. *The Price Statistics of the Federal Government, General Series, No. 73*, capítulo 3, páginas 137-196. National Bureau of Economic Research, New York.
- Griliches, Z. (1964). Notes on the measurement of price and quality changes. In NBER, editor. *Models of Income Determination - Studies in Income and Wealth - Vol. 28*, capítulo 7, páginas 301-404. National Bureau of Economic Research, Princeton.

- Griliches, Z. (editor) (1971a). *Price Indexes and Quality Change - Studies in New Methods of Measurement*. Harvard University Press, Cambridge.
- Griliches, Z. (1971b). Introduction: Hedonic price indexes revisited. In Griliches, Z., editor. *Price Indexes and Quality Change - Studies in New Methods of Measurement*, capítulo 1, páginas 3-15. Harvard University Press, Cambridge.
- Hausman, J. A. (editor) (1993). *Contingent Valuation - A Critical Assessment*. North-Holland, Amsterdam.
- Kravis, I. B. e Lipsey, R. E. (1969). International price comparisons. *International Economic Review*, 10(2):233-246.
- Loomis, J., Creel, M., e Park, T. A. (1991). Comparing benefits estimates from Travel Cost and Contingent Valuation using confidence intervals for Hicksian welfare measures. *Applied Economics*, 23(11):1725-1731.
- Macedo, P. B. R. (1996). Hedonic price models with spatial effects: an application to the housing market of Belo Horizonte, Brazil. Texto para Discussão 101, CEDEPLAR/FACE/UFGM, Belo Horizonte.
- Mitchell, R. C. e Carson, R. T. (editores) (1989). *Using Surveys to Value Public Goods - The Contingent Valuation Method*. Resources for the Future, Washington.
- Musgrave, J. C. (1969). The measurement of price changes in construction. *Journal of the American Statistical Association*, 64(4):771-786.
- Nelson, R. A., Tanguay, T. L., e Patterson, C. D. (1994). A quality-adjusted price index for personal computers. *Journal of Business and Economic Statistics*, 12(1):23-31.
- Oczkowski, E. (1994). A hedonic price function for Australian premium table wine. *Journal of Australian Agricultural Economics*, 38(1):93-110.

- Rao, P. e Miller, R. L. (1971). *Applied Econometrics*. Wadsworth Publishing Company, Inc., Belmont, California.
- Ridker, R. G. e Henning, J. A. (1967). The determinants of residential property values with special reference to air pollution. *Review of Economic and Statistics*, 49(2):246-257.
- Rosen, S. (1974). Hedonic prices and implicit markets: product differentiation in perfect competition. *Journal of Political Economy*, 82(1):34-55.
- Sakia, R. M. (1992). The Box-Cox transformation technique: a review. *The Statistician*, 41:169-178.
- Samuelson, P. A. (1954). The pure theory of public expenditure. *Review of Economic and Statistics*, 36(4):387-389.
- Spitzer, J. J. (1982). A primer on Box-Cox estimation. *Review of Economic and Statistics*, 64:307-313.
- Triplett, J. E. (1966). *The Measurement of Quality Change*. Tese de PhD, University of California, California.
- Varian, H. R. (1993). *Intermediate Microeconomics - A Modern Approach*. W. W. Norton & Company, New York.