

# Importância das características na precificação de veículos nacionais

**Camilo Brandão de Resende** ITA

**Rodrigo Arnaldo Scarpel** ITA

## RESUMO

O mercado de bens de consumo é constituído por produtos heterogêneos que podem ser vistos como uma união de atributos ou características. Quantificar o valor dessas características pode auxiliar na criação de uma regra de precificação que permita, por exemplo, precificar um produto não existente, auxiliando na sua previsão de demanda. O objetivo deste trabalho é utilizar a teoria do preço hedônico para determinar empiricamente o valor e a importância relativa das características na precificação de veículos nacionais brasileiros. O modelo de previsão foi obtido utilizando-se uma função hedônica linear, cujos coeficientes foram estimados através de mínimos quadrados ordinários. Pode-se concluir que a potência é o fator de maior impacto no preço de um veículo, seguido pelo grau de luxo e marca.

## PALAVRAS-CHAVE

Precificação, regressão hedônica, mercado automobilístico.

## *Importance of characteristics in pricing national vehicles*

## ABSTRACT

*The market of consumer goods is consisted of heterogeneous products which can be viewed as a union of attributes or characteristics. Quantifying the value of these characteristics can help in the creation of a pricing rule, allowing, for example, pricing a product which is not available, and helping in the estimates of its demand. The purpose of this work is to use the theory of hedonic price to determine empirically the value of characteristics, as well as their relative importance, in the price of Brazilian vehicles. The model was obtained using data regarding 150 national vehicles and a linear hedonic function, which coefficients were estimated by ordinary least squares. It can be concluded that the engine power is the factor which has the greatest impact on a vehicle price, followed by the luxury level and the brand.*

## KEY WORDS

*Pricing, hedonic regression, auto market.*

## 1. INTRODUÇÃO

O mercado de bens de consumo é, sabidamente, constituído por produtos heterogêneos. Esses produtos podem ser vistos, em geral, como uma união de atributos ou características. O mercado automobilístico é um exemplo claro da heterogeneidade de produtos, uma vez que as montadoras de automóveis procuram aumentar suas participações no mercado, assim como lucros, produzindo veículos com diferentes características (conforto, potência, tamanho etc.).

Uma das necessidades atuais dos produtores de bens de consumo é quantificar a “real modificação de preço” de um produto ao adquirir determinada característica (BRACHINGER, 2002). Somente com essa quantificação é possível estimar o preço de mercado de um produto antes de seu lançamento, assim como tomar uma decisão quanto a qual característica deve ser adicionada ao produto a fim de aumentar suas vendas e/ou margem de lucro. Linz (2004) afirma que essa quantificação pode ser obtida através de um ajuste hedônico, que utiliza análise de regressão para estabelecer uma relação matemática entre a qualidade de um item – que é determinada por suas características – e o preço pelo qual ele é vendido.

O objetivo deste trabalho é utilizar a teoria do preço hedônico para determinar empiricamente o valor e a importância relativa das características no preço dos veículos nacionais brasileiros, possibilitando previsões de preços de veículos que não existem no mercado.

O modelo foi obtido utilizando-se uma regressão hedônica linear e teve três etapas distintas: (1) a amostra obtida foi dividida em duas partes, sendo três quartos da amostra destinados à formulação do modelo e um quarto ao teste do modelo; (2) os pesos das características foram estimados utilizando a amostra de formulação; (3) o modelo obtido foi testado comparando-se os preços estimados para a amostra de teste com os preços efetivamente praticados pelo mercado.

Após a obtenção do modelo, simulou-se sua utilização, através da comparação entre o preço previsto e o preço real de um veículo de passeio nacional que foi lançado após a coleta dos dados utilizados no presente trabalho.

## 2. TEORIA DO PREÇO HEDÔNICO

Os produtos presentes no mercado sofrem constantes modificações. Então, não podemos mais comparar diretamente os produtos disponíveis atualmente no mercado com produtos que existiam antes. Para comparações de preço, esses devem ser qualitativamente ajustados.

O ajustamento qualitativo é comumente considerado um dos problemas mais complicados na estatística dos preços.

Técnicas como “linking” ou “overlap pricing” estão sendo atacadas depois da publicação do “Boskin-Report” (BOSKIN et al., 1996) por serem, sob algumas condições, tendenciosas. Os métodos hedônicos foram então recomendados como uma alternativa razoável (BRACHINGER, 2002).

O ponto inicial de todo índice de preço hedônico é a hipótese hedônica. O centro dessa hipótese é que cada bem é caracterizado pela união de todas as suas características. Dado qualquer bem, façamos essa união ser ordenada e denotada pelo vetor  $x = (x_1, \dots, x_K)$ . Assumiremos que a preferência por qualquer bem é determinada somente por seu vetor de características correspondente.

Além disso, também é assumido que, para qualquer bem, existe um relacionamento funcional  $f(x)$  entre seu preço e o vetor de características  $x$ , i. e.

$$p = f(x). \quad (1)$$

Essa função especifica a *relação hedônica* ou *regressão hedônica* típica para o bem. Funções de preço hedônico podem ser vistas como resumos empíricos da relação entre os preços e as características de bens vendidos em mercados contendo produtos diferenciados (PAKES, 2003).

Baseado no relacionamento funcional (1), o importante conceito de preços hedônicos – ou implícitos – pode ser introduzido. Esses preços são definidos como as derivadas parciais da função hedônica (1), i.e.

$$\frac{\partial p}{\partial x_k}(x) = \frac{\partial f}{\partial x_k}(x) \quad (k=1, \dots, K). \quad (2)$$

O preço hedônico  $\partial f / \partial x_k(x)$  indica quanto o preço  $p$  de um bem varia se esse bem for, *ceteris paribus*, dotado com uma unidade adicional da característica  $x_k$ .

Para aplicações práticas da relação hedônica (1) em estatística de preços, os problemas principais são a determinação do vetor de características de um bem e a especificação da função hedônica.

Segundo Neto (2002), a análise empírica baseada na abordagem hedônica deve responder a duas questões, inicialmente propostas por Griliches (1961): a) Quais são as características relevantes? b) Qual é a forma de relacionamento entre os preços e as características? Portanto, o presente trabalho procurará responder a estes questionamentos aplicados ao mercado automobilístico brasileiro.

### 2.1 Origem da teoria do preço hedônico

Segundo Nervole (1995), a análise do preço hedônico se originou na economia agrícola, quando F. V. Waugh (1929) publicou seu pioneiro estudo sobre fatores que influenciam

os preços dos vegetais. Ainda segundo Nervole (1995), Waugh fez uma regressão dos preços por lote de aspargos em Boston (maio-junho, 1927) sob três diferentes dimensões de qualidade: avaliação da cor, tamanho da haste e uniformidade dos brotos. Seu objetivo era determinar as valorizações relativas que os consumidores davam a essas características, as quais considerava como informações úteis para os produtores de aspargos.

Colwell e Dilmore (1999) afirmam que Haas (1922) já utilizou o conceito de “hedônico”, e fez um modelo simples de preço hedônico para fazendas, considerando a distância para o centro da cidade e o tamanho da cidade como duas importantes variáveis.

A fundamentação teórica do modelo de preço hedônico foi chamada de teoria do preço hedônico, possuindo fundamentalmente dois alicerces:

Inicialmente, o acadêmico americano Lancaster (1966) divulgou uma nova teoria do consumidor. A teoria é uma expansão da teoria econômica clássica, também conhecida como teoria das preferências de Lancaster. A partir da heterogeneidade dos produtos, Lancaster analisou “elementos básicos” que formam o produto, e argumentou que a demanda por um produto não dependia do produto propriamente dito, mas sim de suas características. Produtos heterogêneos (como automóveis) possuem uma série de características integradas, e são vendidos como uma reunião de características inerentes. Famílias compram esses bens, utilizando-os como uma espécie de investimento e os transformam em utilidade. O nível de utilidade depende da quantidade de diferentes características. É muito difícil analisar o mercado de bens de consumo com o modelo econômico tradicional, porque não podemos considerar apenas um preço total. Por isso adotamos uma série de preços (preços hedônicos) para expressar as correspondentes características dos produtos. Portanto, o preço de um produto é formado por preços hedônicos, com cada característica do produto possuindo seu próprio preço implícito e todos os preços hedônicos formam uma estrutura de preço.

Em seguida, o economista americano Rosen (1974) desenvolveu um modelo de equilíbrio de oferta e demanda baseado nas características de produtos. Utilizando a condição de um mercado perfeitamente competitivo, maximizando a utilidade dos consumidores e o lucro dos produtores como meta, Rosen analisou teoricamente o equilíbrio a curto e longo prazo do mercado de produtos heterogêneos. O trabalho de Rosen estabeleceu a fundamentação de um modelo para a teoria do preço hedônico, baseada em métodos econométricos que podem ser utilizados para estimar a função de preço hedônico, obter os preços implícitos das características dos produtos e analisar a demanda pelas características dos produtos.

Modelos hedônicos já foram utilizados diversas vezes no mercado automobilístico. Segundo Goodman (1998), o primeiro modelo de preço hedônico para o mercado automobilístico foi desenvolvido por Andrew T. Court (1939), analista da indústria automobilística americana. Ele adotou o termo “hedônico” (tendência para agir de maneira a evitar o que é desagradável e a atingir o que é agradável), considerando o preço dos automóveis como uma função de suas diferentes características, e realizou a análise de preço hedônico de bens heterogêneos. Sua proposta final era estruturar um índice de preços para a indústria automobilística. Mais tarde, Griliches (1961) também rodou regressões similares com o propósito de descobrir as preferências dos consumidores em relação a vários opcionais nos automóveis que compravam.

Posteriormente, modelos hedônicos foram utilizados buscando diversos objetivos. Por exemplo, Fisher et al. (1962) usaram regressões hedônicas para avaliar mudanças nos custos de automóveis entre os anos de 1949 e 1961. Cowling e Cubbin (1971), Boyle e Hogarty (1975) e Cubbin (1975) usaram regressões hedônicas para estudar o comportamento competitivo e de precificação nos mercados automobilísticos norte-americano e britânico. Agarwal e Ratchford (1980) e Argua et al. (1994) utilizaram de regressões hedônicas para estimação de funções de demanda para características de veículos. Mais recentemente, Reis e Silva (2006) utilizaram regressões hedônicas para estudar os efeitos de mudanças na qualidade sobre os preços de veículos novos no mercado português.

## 2.2 Formato das funções utilizadas nas regressões hedônicas

Em aproximações hedônicas para problemas de índices de preço, quatro diferentes formas de funções foram empregadas no passado (NETO, 2002): linear, exponencial, dupla logarítmica e logarítmica.

A aproximação mais simples é a linear, que é dada por

$$p = \beta_0 + \sum_{k=1}^K \beta_k x_k \quad (3)$$

com os preços hedônicos

$$\frac{\partial p}{\partial x_k}(x) = \beta_k \quad (4)$$

O coeficiente da regressão  $\beta_k$  ( $k = 1, \dots, K$ ) indica a variação marginal do preço com respeito a uma mudança da  $k$ -ésima característica  $x_k$  de um bem.

Outra aproximação é a exponencial, que é caracterizada por

$$p = \beta_0 \prod_{k=1}^K \exp(\beta_k x_k) \quad (5)$$

ou

$$\ln p = \ln \beta_0 + \sum_{k=1}^K \beta_k x_k \quad (6)$$

com os preços hedônicos

$$\frac{\partial p}{\partial x_k}(x) = \beta_k p. \quad (7)$$

Obviamente, nessa aproximação, os coeficientes da regressão podem ser interpretados como taxas de crescimento. O coeficiente  $\beta_k$  ( $k = 1, \dots, K$ ) indica a taxa na qual o preço aumenta a um certo nível, dado o vetor característico  $x$ .

Uma terceira aproximação é a função dupla logarítmica, que é descrita por

$$p = \beta_0 \prod_{k=1}^K x_k^{\beta_k} \quad (8)$$

ou

$$\ln p = \ln \beta_0 + \sum_{k=1}^K \beta_k \ln x_k \quad (9)$$

com os preços hedônicos

$$\frac{\partial p}{\partial x_k}(x) = \frac{\beta_k}{x_k} p. \quad (10)$$

Nessa aproximação, os coeficientes da regressão podem ser interpretados como elasticidades parciais. O coeficiente  $\beta_k$  ( $k = 1, \dots, K$ ) indica em qual porcentagem o preço  $p$  aumenta em um certo nível se a  $k$ -ésima característica  $x_k$  aumenta em um por cento.

Uma quarta forma de aproximação é a forma logarítmica dada por

$$p = \beta_0 + \sum_{k=1}^K \beta_k \ln x_k \quad (11)$$

com os preços hedônicos

$$\frac{\partial p}{\partial x_k}(x) = \frac{\beta_k}{x_k}. \quad (12)$$

De acordo com Neto (2002), a teoria econômica ainda não desenvolveu um critério de escolha para a forma funcional, assim sendo, a maioria dos pesquisadores vê a escolha como uma questão empírica para ser decidida pela melhor adequação aos dados.

### 3. ANÁLISE DOS FATORES DETERMINANTES NA PRECIFICAÇÃO DE VEÍCULOS NACIONAIS

#### 3.1 Dados utilizados

A fim de se construir um modelo de previsão de preços de veículos nacionais, foram obtidas as informações apre-

sentadas na Tabela 1 a respeito de 150 modelos de veículos produzidos no Brasil. Os preços sugeridos pelas montadoras para veículos novos (sem frete) foram colhidos durante doze meses, utilizando-se as edições de janeiro a dezembro de 2005 da *Revista Quatro Rodas*. No modelo construído, foi utilizada a média aritmética dos preços pesquisados durante os 12 meses. As demais informações (altura, comprimento etc.) foram obtidas nos web-sites oficiais das montadoras. Os dados utilizados são mostrados no Apêndice A.

**Tabela 1: Informações obtidas a respeito de 150 veículos nacionais.**

MODELO
Marca
Tipo de Combustível (Álcool, gasolina ou flex)
Potência do motor (cv)
Tamanho do porta-malas (l)
Comprimento (cm)
Altura (cm)
Quantidade de portas
Tipo de câmbio (mecânico ou automático)
Preço sugerido pela montadora (R\$)

#### 3.2 Características consideradas

No presente trabalho, as características consideradas são definidas pelas variáveis binárias apresentadas na Tabela 2.

As faixas de potência foram determinadas empiricamente e o critério utilizado para a escolha das faixas de comprimento foi a segmentação visual baseada na Figura 1.

#### 3.3 Estimação dos parâmetros

Pode-se, utilizando a teoria do preço hedônico, escrever uma relação funcional entre o preço  $p_i$  de um bem  $i$ , seu conjunto de características  $x$  e um erro ou distorção  $u$ .

$$p_i = f(x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{ki}, u) \quad (13)$$

A forma funcional linear ( $p_i = \alpha + \sum_j \sum_k \beta_{jk} x_{ijk} + u$ ) é frequentemente usada, onde  $\alpha$  e  $\beta$  são os coeficientes a serem estimados e  $p_i$ ,  $x$  e  $u$ , conforme definidos anteriormente. A variável  $x_{ijk}$  indica se o  $k$ -ésimo nível da  $j$ -ésima característica está presente no bem  $i$  e o coeficiente  $\beta_{jk}$  representa o valor a ser adicionado no preço de um bem que possua o  $k$ -ésimo nível da  $j$ -ésima característica. Nesse estudo, essa forma funcional foi utilizada, sendo obtida uma regressão linear múltipla com variáveis binárias.

O critério utilizado para a estimação dos coeficientes foi a minimização do erro quadrático médio (EQM). Após a estimação dos coeficientes, os mesmos foram padronizados de maneira a atribuir peso zero ao menor nível de cada característica (por exemplo, se o menor valor encontrado para um nível de uma determinada característica  $k$  é igual a  $-1$ , somamos o valor  $1$  a cada nível da característica  $k$  e  $-1$  à constante  $\alpha$ , não alterando o valor previsto para o preço  $p$ ). Esse procedimento torna mais simples a visualização dos resultados e facilita o cálculo da importância de cada uma

das características. Assim, sendo  $\tilde{\alpha}$  e  $\tilde{\beta}$  os pesos padronizados, temos:

$$p_i = \tilde{\alpha} + \sum_j \sum_k \tilde{\beta}_{jk} x_{ijk} + u, \text{ onde } \text{Min}(\tilde{\beta}_{jk}) = 0, \forall j \quad (14)$$

Dentre as 150 observações disponíveis para estudo, 38 foram aleatoriamente retiradas para realizar o teste do modelo. Ou seja, as constantes foram estimadas utilizando 112 observações. Posteriormente, foram obtidas previsões para os preços dos 38 automóveis da amostra de teste e compa-

**Tabela 2: Descrição das variáveis utilizadas.**

NOME DA VARIÁVEL	DESCRIÇÃO
PREÇO	Em reais (R\$), atualizado em dezembro/05
MARCA-AUDI	1 se a marca do carro for Audi, 0 c.c.
MARCA-CHEVROLET	1 se a marca do carro for Chevrolet, 0 c.c.
MARCA-CITROËN	1 se a marca do carro for Citroën, 0 c.c.
MARCA-FIAT	1 se a marca do carro for Fiat, 0 c.c.
MARCA-FORD	1 se a marca do carro for Ford, 0 c.c.
MARCA-HONDA	1 se a marca do carro for Honda, 0 c.c.
MARCA-PEUGEOT	1 se a marca do carro for Peugeot, 0 c.c.
MARCA-RENAULT	1 se a marca do carro for Renault, 0 c.c.
MARCA-TOYOTA	1 se a marca do carro for Toyota, 0 c.c.
MARCA-VOLKSWAGEN	1 se a marca for Volkswagen, 0 c.c.
POTÊNCIA <=55	1 se a potência for <=55cv, 0 c.c.
POTÊNCIA 56-80	1 se a potência for >55cv E <=80cv, 0 c.c.
POTÊNCIA 81-100	1 se a potência for >80cv E <=100cv, 0 c.c.
POTÊNCIA 101-115	1 se a potência for >100cv E <=115cv, 0 c.c.
POTÊNCIA 116-135	1 se a potência for >115cv E <=135cv, 0 c.c.
POTÊNCIA 136-150	1 se a potência for >135cv E <=150cv, 0 c.c.
POTÊNCIA >=151	1 se a potência for >150cv, 0 c.c.
LUXO-1	1 se o luxo se enquadrar no nível 1, 0 c.c.
LUXO-2	1 se o luxo se enquadrar no nível 2, 0 c.c.
LUXO-3	1 se o luxo se enquadrar no nível 3, 0 c.c.
LUXO-4	1 se o luxo se enquadrar no nível 4, 0 c.c.
LUXO-5	1 se o luxo se enquadrar no nível 5, 0 c.c.
3PORTAS	1 se o carro tem 2 ou 3 portas, 0 c.c.
5PORTAS	1 se o carro tem 4 ou 5 portas, 0 c.c.
COMB-GASOLINA	1 se o motor do carro é a gasolina, 0 c.c.
COMB-FLEX	1 se o motor do carro é flex, 0 c.c.
COMPRIMENTO <=405	1 se comprimento for <=405cm, 0 c.c.
COMPRIMENTO >405 E <430	1 se comprimento for >405cm e <430cm, 0 c.c.
COMPRIMENTO >=430	1 se comprimento for >=430cm, 0 c.c.

radas com os valores reais. Todos os cálculos foram feitos utilizando a função “lm” do software R (R development core team, 2005).

**3.4 Resultados e discussão**

A Tabela 3 apresenta o resumo dos resultados da regressão hedônica linear.

O modelo obtido apresentou coeficiente de determinação R2 igual a 94,5%. A estatística de teste F obtida foi igual a 65,72, indicando, com forte evidência (p-value < 0,001), que podemos rejeitar a hipótese de que os coeficientes do modelo são conjuntamente nulos.

Na Figura 2 temos a comparação entre as curvas dos preços reais dos veículos utilizados para a construção do modelo e a curva aproximada pelo modelo.

Na Figura 3 segue a comparação entre as curvas dos preços reais dos veículos separados para teste e a curva aproximada pelo modelo. O erro padrão residual para os dados utilizados no teste do modelo foi aproximadamente R\$ 3.957.

Pode-se observar que o modelo foi capaz de representar com boa precisão os preços dos veículos nacionais, uma vez que a regressão apresentou um alto valor de R2 ajustado (93,1%) e o erro padrão residual obtido para os dados de teste (R\$ 3.957) foi bem próximo do erro pa-

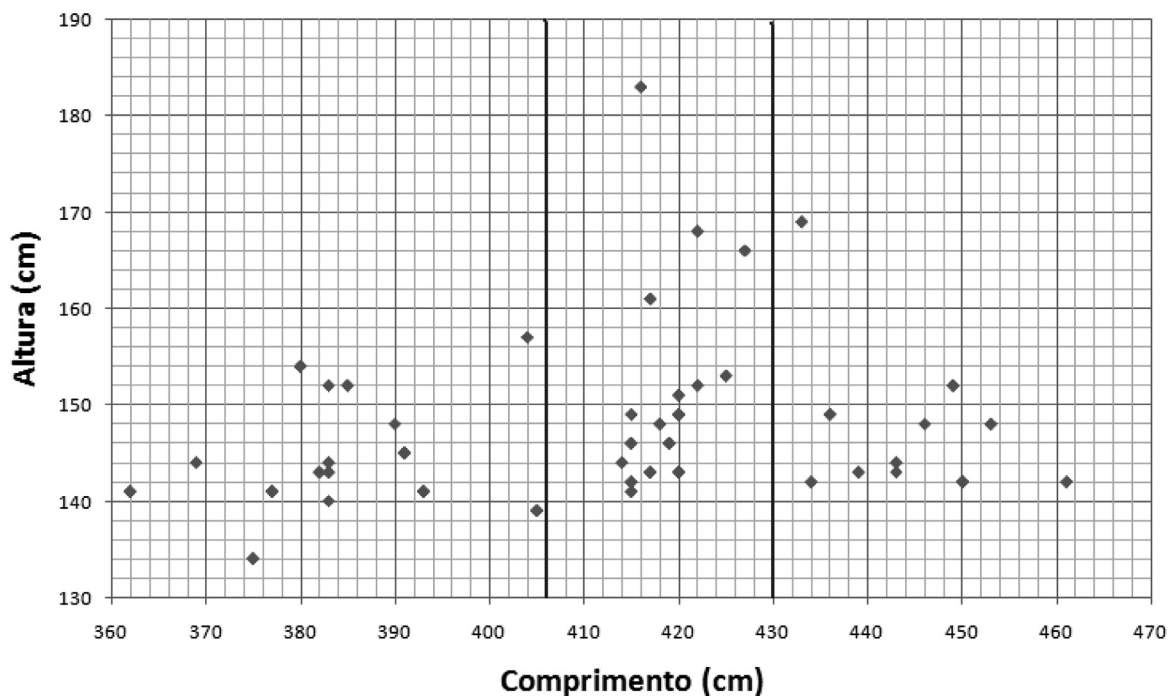
drão residual estimado no desenvolvimento do modelo (R\$ 4.445).

Os valores calculados para cada nível das seis características consideradas são mostrados nas Figuras 4 a 9.

Analisando os pesos obtidos por marca, percebe-se que a marca AUDI é aquela que acrescenta maior preço a um veículo (R\$ 18.433), o que é razoável por se tratar de uma marca que explicitamente tenta conquistar seus clientes oferecendo *status* e diferenciação. A marca HONDA é aquela que menos impacta o preço de um veículo, o que também é razoável por se tratar de uma marca que se destaca por menores custos de produção.

Os pesos obtidos por potência foram conforme o esperado, sendo que o peso mínimo obtido foi para potência menor do que 55 cv e o máximo de R\$ 29.593 para potência maior do que 150cv. O grande valor encontrado para esse nível de potência sinaliza a grande importância da potência na precificação dos veículos nacionais.

Os pesos obtidos por luxo também foram conforme o esperado, sendo que o peso mínimo obtido para o nível 1 de luxo (básico) e o máximo de R\$ 28.024 para o nível 5 de luxo (completo com câmbio automático). O grande valor encontrado para esse nível de luxo sinaliza a grande importância do luxo na precificação de veículos.



**Figura 1: Gráfico utilizado para escolha de faixas de comprimento.**

O peso obtido para tipo de combustível flex (R\$ 80) é muito pequeno quando comparado a qualquer outra característica, o que indica que o tipo de combustível não é um fator determinante na precificação de automóveis.

Os pesos obtidos por comprimento também foram conforme o esperado, sendo que o peso mínimo obtido foi para veículos com comprimento menor do que 405 cm e o máximo de R\$ 6.866 para veículos com comprimento maior do que 430 cm.

**Tabela 3: Valores calculados para os coeficientes normalizados.**

COEFICIENTES		VALOR CALCULADO (R\$)	ESTATÍSTICA t
INTERCEPTO		14410,21	3,494
MARCA	AUDI	18.433,30	5,747
	CHEVROLET	3.079,22	1,304
	CITROËN	2.186,26	0,716
	FIAT	3.700,88	1,460
	FORD	2.242,86	0,906
	HONDA	0	-
	PEUGEOT	3.253,88	1,096
	RENAULT	310,57	0,119
	TOYOTA	2.137,10	0,598
	VOLKSWAGEN	2.704,59	1,087
POTÊNCIA (cv)	≤55	0	-
	56-80	5.216,85	1,477
	81-100	6.148,46	1,572
	101-115	10.296,01	2,716
	116-135	16.223,54	4,047
	136-150	21.186,61	5,065
	>=151	29.593,05	5,714
	LUXO	1 - Básico	0
2		4.472,40	3,133
3- Ar + DH		12.898,50	8,255
4		21.150,03	9,430
5 - Completo		28.024,37	10,960
Nº PORTAS	3	0	-
	5	1.589,11	1,710
COMBUSTÍVEL	GASOLINA	0	-
	FLEX	80,19	0,069
COMPRIMENTO (cm)	≤405	0	-
	>405 E <430	3.893,93	3,124
	>=430	6.866,34	3,902

Na Figura 10, segue a comparação entre os valores calculados para todos os níveis possíveis de todas as características consideradas.

Depois de estimados os pesos de cada nível de cada uma das características, foi determinada a importância relativa de cada característica. A importância relativa de uma característica foi considerada como a razão entre o maior peso estimado para um nível daquela característica e a soma dos maiores pesos de cada uma das características. Os resultados obtidos para as importâncias relativas das características são exibidos na Tabela 4 e na Figura 11.

Analisando os valores obtidos para as importâncias relativas na precificação, percebe-se claramente que três fatores são os mais importantes para determinação de preço: potência (34,5%), luxo (32,7%) e marca (21,5%). Esses três fatores juntos corresponderam a 88,7 % de importância no preço. O baixo valor obtido para a importância do tipo de combustível (0,1 %) confirma que realmente essa não é uma característica de importância considerável na precificação de automóveis.

#### 4. SIMULAÇÃO DE APLICAÇÃO DO MODELO

Para simular uma aplicação do modelo matemático desenvolvido, estimou-se o preço de um veículo nacional lançado após a coleta de dados e comparou-se a estimativa com o preço real de lançamento (preço sem frete informado no web-site oficial da montadora em outubro de 2006).

O veículo analisado foi um Chevrolet Vectra (Modelo Elite). A Tabela 5 apresenta as características do veículo extraídas do web-site da montadora.

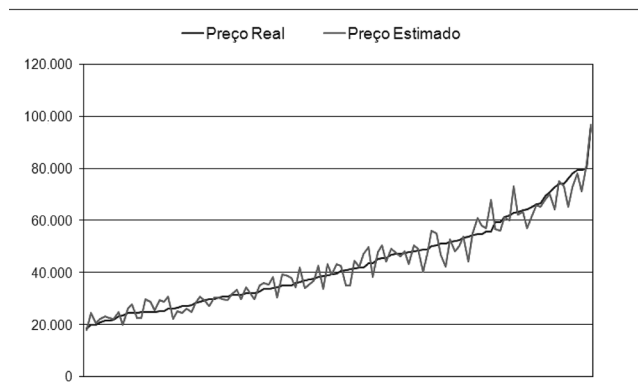
Realizando a simulação, foram obtidos os resultados mostrados na Tabela 6.

O valor estimado foi bem próximo do valor real, apresentando um erro de estimativa menor do que 0,5% em módulo.

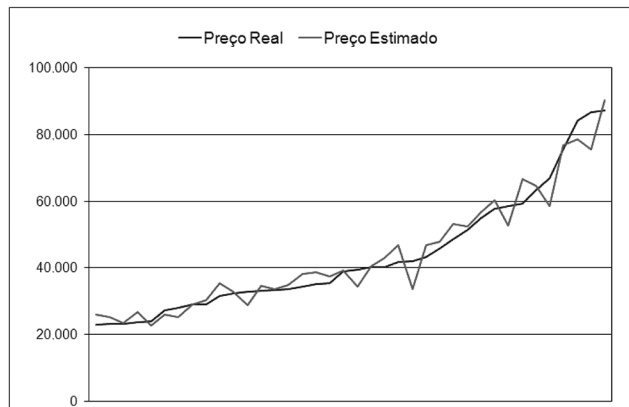
#### 5. CONCLUSÕES

Através do modelo obtido pode-se perceber a grande utilidade de regressões hedônicas para análise de preços em mercados com produtos diferenciados. Utilizando-se um simples modelo de regressão hedônica linear, foi possível determinar os fatores que mais influenciam os preços dos veículos nacionais e, ainda, construir um modelo de previsão de preços de novos produtos.

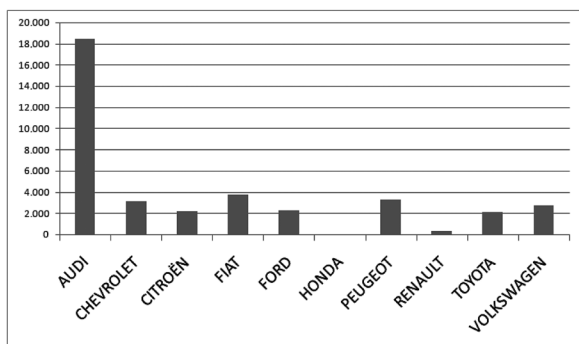
Pode-se concluir que o fator de maior impacto no preço de um veículo nacional é a potência do motor (34,5 %), seguido pelo grau de luxo (32,7 %) e marca (21,5 %). Outra conclusão importante é que o tipo de combustível não é um fator determinante na precificação dos veículos nacionais.



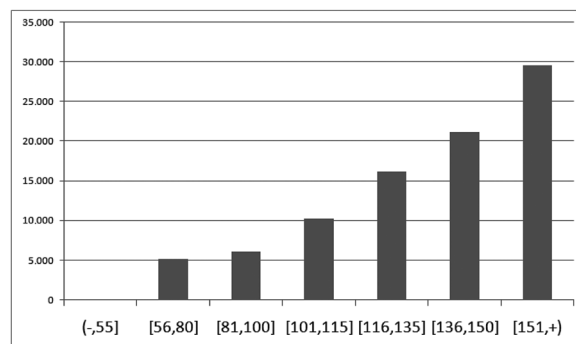
**Figura 2: Comparação entre valores estimados pelo modelo e valores reais (amostra utilizada na estimação dos parâmetros).**



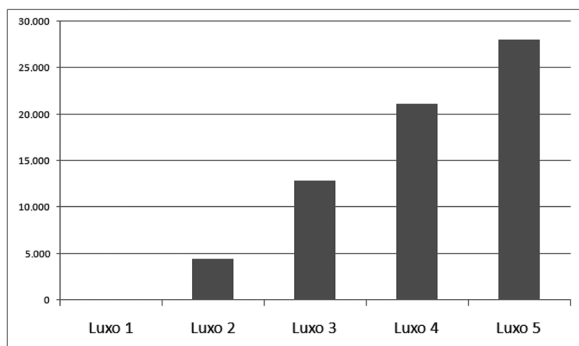
**Figura 3: Comparação entre valores estimados pelo modelo e valores reais (amostra de teste).**



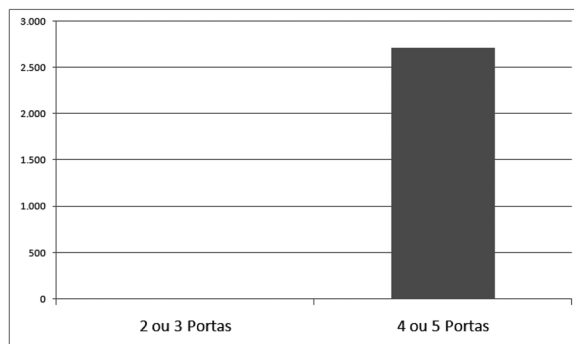
**Figura 4: Valores calculados (R\$) para o peso de cada marca.**



**Figura 5: Valores calculados (R\$) para o peso de cada faixa de potência (cv).**

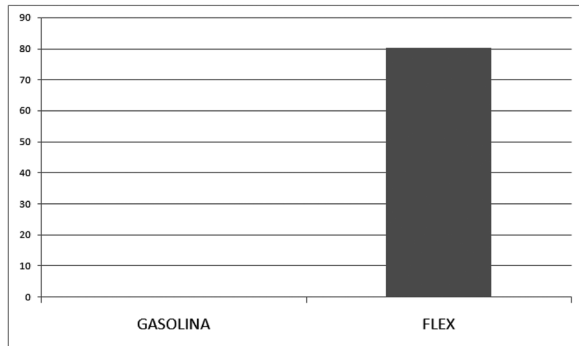


**Figura 6: Valores calculados (R\$) para o peso de cada faixa de luxo.**

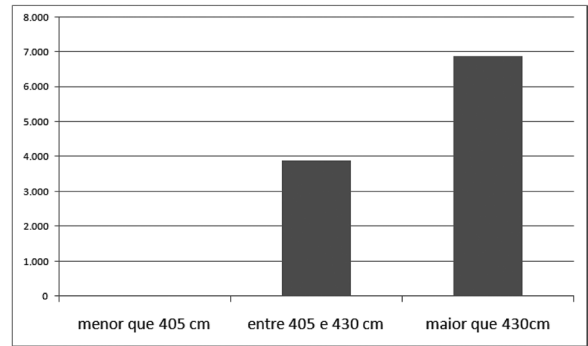


**Figura 7: Valores calculados (R\$) para o peso do número de portas.**

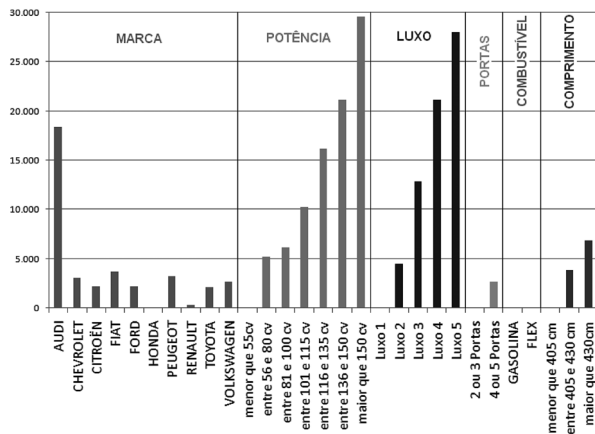




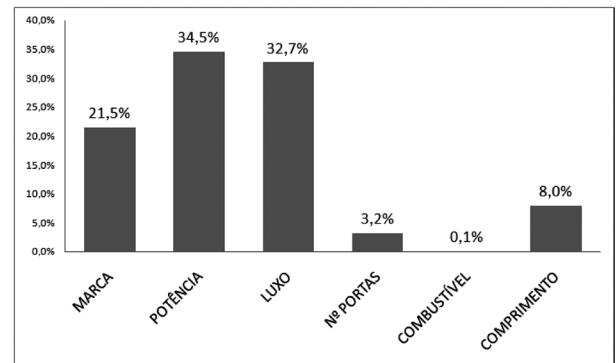
**Figura 8: Valores calculados (R\$) para o peso de cada tipo de combustível.**



**Figura 9: Valores calculados (R\$) para o peso de cada faixa de comprimento.**



**Figura 10: Comparação entre os valores calculados (R\$) para os níveis de diferentes características.**



**Figura 11: Importância de cada característica na precificação dos veículos nacionais novos.**

**Tabela 4: Cálculo das importâncias relativas de cada característica na precificação.**

CARACTERÍSTICA	MAIOR PESO ESTIMADO (R\$)	IMPORTÂNCIA RELATIVA (%)
MARCA	18.433	21,5
POTÊNCIA	29.593	34,5
LUXO	28.024	32,7
Nº PORTAS	2.718	3,2
COMBUSTÍVEL	80	0,1
COMPRIMENTO	6.866	8,0

**Tabela 5: Dados extraídos para realização de simulação de aplicação.**

MODELO	POTÊNCIA (cv)	COMPRIMENTO (cm)	LUXO	PREÇO (R\$)	Nº DE PORTAS
VECTRA ELITE	151	462	5	84.990	4

**Tabela 6: Resultados da simulação e comparação com os preços reais.**

MODELO	PREÇO (R\$)	PREÇO ESTIMADO (R\$)	ERRO (%)
VECTRA ELITE	84.990	84.691	-0,4

**Artigo recebido em 29/01/2008**

**Aprovado para publicação em 26/03/2009**

## REFERÊNCIAS

- AGARWAL, M. K.; RATCHFORD, B. T. Estimating demand functions for product characteristics: the case of automobiles. *Journal of Consumer Research*, v. 8, p. 249-262, 1980.
- ARGUA, N. M.; HSIAO, C.; TAYLOR, G. A. Estimating consumer preferences using market data: An application to US automobile demand. *Journal of Applied Econometrics*, v. 9, p. 1-18, 1994.
- BOSKIN, M. J. et al. Toward a more accurate measure of the cost of living. *Final Report to the Senate Finance Committee from the Advisory Commission to Study the Consumer Price Index*. 1996.
- BRACHINGER, H. W. Statistical Theory of Hedonic Price Indices. Working Paper (to appear in: BRACHINGER, H. W.; DIEWERT, E. HEDONIC. *Methods in Price Statistics: Theory and Practice*. Springer, Heidelberg), 2002.
- COLWELL, P. F.; DILMORE, G. Who was first? An examination of an early hedonic study. *Land Economics*, v. 75, n. 4, p. 620-626, 1999.
- GOODMAN, A. C. Andrew court and the invention of hedonic price analysis. *Journal of Urban Economics*, v. 44, p. 291-298, 1998.
- GRILICHES, Z. Hedonic price indexes for automobiles: An econometric analysis of quality change. In: GRILICHES, Z. *Price indexes and quality change: studies in new methods of measurement*. Cambridge: Harvard University Press, p. 55-87, 1961.
- LANCASTER, K. A new approach to consumer's theory. *Journal of Political Economy*, v. 74, p. 132-157, 1966.
- LINZ, S. Hedonic price measurements for IT products. *Statistisches Bundesamt*, 2004.
- NERLOVE, M. Hedonic price functions and the measurement of preferences: the case of Swedish wine consumers. *European Economic Review*, v. 39, p. 1697-1716, 1995.
- NETO, E. *Estimação do preço hedônico: uma aplicação para o mercado imobiliário da cidade do Rio de Janeiro*. 2002. Dissertação (Mestrado em Economia), Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro.
- PAKES, A. A reconsideration of hedonic price indexes with an application to PC's. *American Economic Review*, v. 93, p. 1578-1614, 2003.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: *A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL: <http://www.R-project.org>, 2005.
- REIS, H. J.; SILVA, J. M. C. Hedonic prices indexes for new passenger cars in Portugal (1997-2001). *Economic Modelling*, v. 23, p. 890-908, 2006.
- ROSEN, S. Hedonic price and implicit markets: product differentiation in pure competition. *Journal of Political Economy*, v. 82, p. 34-55, 1974.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos revisores anônimos pelas sugestões e à FAPESP pelo apoio financeiro.

## SOBRE OS AUTORES

### Camilo Brandão de Resende

Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA)  
 End.: Pça. Mal. Eduardo Gomes, 50 sala 2311 – São José dos Campos – SP – 12228-900  
 E-mail: [camilo@ita.br](mailto:camilo@ita.br)

### Rodrigo Arnaldo Scarpel

Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA)  
 End.: Pça. Mal. Eduardo Gomes, 50 sala 2311 – São José dos Campos – SP – 12228-900  
 End.: [rodrigo@ita.br](mailto:rodrigo@ita.br)

**APÊNDICE A: DADOS UTILIZADOS NO TRABALHO**

**TABELA 7: Dados utilizados na estimação dos coeficientes do modelo.**

MOD	MAR	COMB	POT	PM	COMP	ALT	LUX	CAM	PREÇO	NP
UNO	FIAT	GAS	55	222	369	144	1	MEC	18.780	3
KA	FORD	GAS	65	184	362	141	1	MEC	20.060	5
UNO	FIAT	GAS	55	222	369	144	1	MEC	20.160	5
GOL	VW	GAS	57	246	393	141	1	MEC	20.971	3
PALIO	FIAT	GAS	65	246	383	144	1	MEC	21.580	3
CELTA	CHEV	GAS	70	243	375	134	1	MEC	21.670	3
GOL	VW	GAS	65	246	393	141	1	MEC	22.052	3
GOL	VW	GAS	65	246	393	141	1	MEC	23.224	5
CLIO	REN	GAS	58	255	377	141	1	MEC	23.590	3
CELTA	CHEV	GAS	85	243	375	134	1	MEC	24.540	5
CELTA	CHEV	GAS	85	243	375	134	2	MEC	24.820	3
CLIO	REN	GAS	58	255	377	141	1	MEC	24.840	5
CLASSIC	CHEV	GAS	70	345	405	139	1	MEC	24955	3
SIENA	FIAT	GAS	65	441	414	144	1	MEC	24.990	5
FIESTA STR.	FORD	GAS	65	208	383	140	2	MEC	25.020	5
206	PEUG	GAS	70	222	383	143	1	MEC	25.090	5
GOL	VW	GAS	76	246	393	141	2	MEC	25.304	5
KA	FORD	GAS	65	184	362	141	2	MEC	25.330	5
CELTA	CHEV	GAS	85	243	375	134	2	MEC	26.230	5
FOX	VW	FX	72	257	380	154	1	MEC	26.456	3
CORSA	CHEV	GAS	71	236	382	143	1	MEC	26.760	5
FIESTA	FORD	GAS	66	255	391	145	1	MEC	27.220	5
CLASSIC	CHEV	GAS	92	345	405	139	1	MEC	27.407	5
FOX	VW	FX	72	257	380	154	1	MEC	27.781	5
FIESTA SEDAN	FORD	GAS	66	492	420	149	1	MEC	28.580	5
CLIO SEDAN	REN	GAS	70	484	415	141	2	MEC	28.810	5
FIESTA SEDAN	FORD	GAS	95	492	420	149	1	MEC	29.580	5
206	PEUG	GAS	75	222	383	143	2	MEC	29.840	3
CORSA	CHEV	FX	107	260	382	143	1	MEC	29.920	5
GOL	VW	FX	98	246	393	141	2	MEC	30.510	5
206	PEUG	GAS	75	222	383	143	2	MEC	30.940	5
FIESTA	FORD	FX	108	255	391	145	1	MEC	31.030	5
FOX	VW	FX	102	257	380	154	2	MEC	31.560	3
FIESTA SEDAN	FORD	FX	108	492	420	149	1	MEC	31.640	5
SIENA	FIAT	FX	70	441	414	144	1	MEC	31.750	5
CORSA SEDAN	CHEV	FX	107	435	417	143	1	MEC	32.115	5
CLIO	REN	FX	113	255	377	141	2	MEC	32.150	5
FIESTA	FORD	GAS	95	255	391	145	2	MEC	32.390	5

(continua)

CORSA	CHEV	FX	107	260	382	143	2	MEC	32.825	5
CLIO SEDAN	REN	FX	113	484	415	141	2	MEC	33.820	5
PALIO	FIAT	GAS	103	246	383	144	2	MEC	33.920	5
KA	FORD	GAS	95	184	362	141	3	MEC	34.130	5
PALIO	FIAT	FX	70	246	383	144	2	MEC	34.570	5
SIENA	FIAT	FX	108	441	414	144	2	MEC	35.050	5
CLASSIC	CHEV	GAS	92	345	405	139	3	MEC	35.241	5
FIESTA SEDAN	FORD	FX	108	492	420	149	2	MEC	35.320	5
PARATI	VW	FX	98	443	419	146	2	MEC	36.274	5
CORSA SEDAN	CHEV	GAS	71	435	417	143	3	MEC	36.580	5
C3	CITR	GAS	110	293	385	152	2	MEC	37.110	5
CLIO	REN	GAS	70	255	377	141	3	MEC	37.530	5
SANTANA	VW	GAS	99	413	461	142	2	MEC	37.844	5
FIESTA	FORD	FX	108	255	391	145	3	MEC	38.590	5
ECOSPORT	FORD	GAS	95	288	422	168	2	MEC	38.760	5
206	PEUG	GAS	110	222	383	143	3	MEC	39.100	5
PALIO WK	FIAT	FX	108	402	422	152	2	MEC	39.570	5
CORSA	CHEV	FX	107	260	382	143	3	MEC	39.960	5
PARATI	VW	FX	98	443	419	146	3	MEC	40.943	5
MERIVA	CHEV	FX	107	339	404	157	2	MEC	41.275	5
FIT	HOND	GAS	80	355	383	152	3	MEC	41.435	5
CLIO SEDAN	REN	FX	113	484	415	141	3	MEC	41.700	5
C3	CITR	GAS	110	293	385	152	3	MEC	41.960	5
CORSA SEDAN	CHEV	FX	107	435	417	143	3	MEC	42.160	5
SANTANA	VW	GAS	114	413	461	142	3	MEC	43.726	5
GOLF	VW	GAS	101	336	415	146	2	MEC	43.868	5
STILO	FIAT	GAS	103	380	425	153	3	MEC	45.390	5
ASTRA	CHEV	FX	125	332	420	143	3	MEC	45.603	3
GOLF	VW	GAS	116	336	415	146	2	MEC	45.723	5
FOCUS SEDAN	FORD	GAS	103	460	436	149	3	MEC	46.870	5
DOBLÒ	FIAT	GAS	103	584	416	183	3	MEC	47.500	5
FOCUS	FORD	GAS	103	285	415	149	3	MEC	47.515	5
MAREA	FIAT	GAS	132	409	439	143	2	MEC	47.790	5
MERIVA	CHEV	FX	107	339	404	157	3	MEC	47.895	5
C3	CITR	GAS	110	293	385	152	4	MEC	48.400	5
COROLLA	TOYO	GAS	110	461	453	148	3	MEC	48.612	5
FIT	HOND	GAS	105	355	383	152	3	MEC	49.065	5
307	PEUG	GAS	110	420	420	151	3	MEC	49.100	5
ASTRA SEDAN	CHEV	FX	125	460	434	142	3	MEC	50.190	5
GOLF	VW	GAS	101	336	415	146	4	MEC	50.628	5
CIVIC	HOND	GAS	115	395	443	144	3	MEC	51.165	5

(continua)

ECOSPORT	FORD	GAS	98	288	422	168	3	MEC	51.390	5
POLO SEDAN	VW	GAS	116	409	418	148	3	MEC	52.086	5
MAREA WK	FIAT	GAS	132	500	449	152	2	MEC	52.340	5
VECTRA	CHEV	GAS	110	402	450	142	3	MEC	52.694	5
STILO	FIAT	GAS	122	380	425	153	3	MEC	53.450	5
SCÉNIC	REN	GAS	110	396	417	161	3	MEC	53.990	5
FOCUS SEDAN	FORD	GAS	126	460	436	149	3	MEC	54.620	5
CIVIC	HOND	GAS	130	395	443	144	4	MEC	54.780	5
ASTRA	CHEV	GAS	136	332	420	143	3	MEC	55.053	5
PICASSO	CITR	GAS	138	450	427	166	3	MEC	55.830	5
CIVIC	HOND	GAS	130	395	443	144	5	AUTO	55.920	5
MAREA WK	FIAT	GAS	132	500	449	152	3	MEC	59.480	5
ZAFIRA	CHEV	FX	125	535	433	169	3	MEC	59.641	5
ASTRA	CHEV	FX	125	332	420	143	4	MEC	61.495	5
FIELDER	TOYO	GAS	136	395	446	148	3	MEC	61.984	5
MÉGANE SEDAN	REN	GAS	138	510	443	143	5	AUTO	62.990	5
A3	AUDI	GAS	101	303	415	142	3	MEC	63.341	5
SCÉNIC	REN	GAS	140	396	417	161	4	MEC	64.090	5
ECOSPORT	FORD	GAS	143	288	422	168	3	MEC	64.500	5
STILO	FIAT	GAS	122	380	425	153	4	MEC	65.520	5
GOLF	VW	GAS	150	336	415	146	4	MEC	66.409	5
PICASSO	CITR	GAS	138	450	427	166	4	AUTO	66.890	5
A3	AUDI	GAS	125	303	415	142	3	MEC	69.698	5
SCÉNIC	REN	GAS	140	396	417	161	5	AUTO	70.990	5
ZAFIRA	CHEV	FX	125	535	433	169	4	MEC	72.968	5
COROLLA	TOYO	GAS	136	461	453	148	5	AUTO	74.289	5
A3	AUDI	GAS	150	303	415	142	3	MEC	74.355	5
VECTRA	CHEV	GAS	110	402	450	142	5	MEC	76.266	5
GOLF	VW	GAS	150	336	415	146	5	AUTO	78.348	5
MAREA	FIAT	GAS	160	409	439	143	4	MEC	79.540	5
ZAFIRA	CHEV	FX	125	535	433	169	5	MEC	79.676	5
A3	AUDI	GAS	150	303	415	142	4	AUTO	80.267	5
A3	AUDI	GAS	180	303	415	142	5	AUTO	95.971	5

**TABELA 8: Dados utilizados no teste do modelo.**

MOD	MAR	COMB	POT	PM	COMP	ALT	LUX	CAM	PREÇO	NP
PALIO	FIAT	GAS	65	246	383	144	1	MEC	22.930	5
CELTA	CHEV	GAS	70	243	375	134	1	MEC	23.080	5
CELTA	CHEV	GAS	85	243	375	134	1	MEC	23.150	3
GOL	VW	GAS	76	246	393	141	2	MEC	23.785	3

(continua)

206	PEUG	GAS	70	222	383	143	1	MEC	23.990	3
GOL	VW	FX	98	246	393	141	1	MEC	27.272	5
FIESTA	FORD	GAS	95	255	391	145	1	MEC	27.910	5
CORSA SEDAN	CHEV	GAS	71	435	417	143	1	MEC	28.905	5
PALIO	FIAT	FX	70	246	383	144	2	MEC	28.920	5
CLASSIC	CHEV	GAS	70	345	405	139	3	MEC	31.600	3
FIESTA SEDAN	FORD	GAS	66	492	420	149	2	MEC	32.420	5
C3	CITR	GAS	75	293	385	152	2	MEC	32.900	5
FOX	VW	FX	102	257	380	154	2	MEC	32.957	5
FIESTA SEDAN	FORD	GAS	95	492	420	149	2	MEC	33.370	5
206	PEUG	GAS	110	222	383	143	2	MEC	33.550	5
CORSA	CHEV	GAS	71	260	382	143	3	MEC	34.430	5
CORSA SEDAN	CHEV	FX	107	435	417	143	2	MEC	35.020	5
FIESTA	FORD	GAS	66	255	391	145	3	MEC	35.450	5
CLIO SEDAN	REN	GAS	70	484	415	141	3	MEC	39.000	5
DOBLÒ	FIAT	GAS	80	584	416	183	2	MEC	39.380	5
CLIO	REN	FX	113	255	377	141	3	MEC	40.230	5
POLO	VW	FX	102	270	390	148	3	MEC	40.280	5
PARATI	VW	GAS	112	443	419	146	3	MEC	41.647	5
ECOSPORT	FORD	GAS	98	288	422	168	2	MEC	41.950	5
POLO SEDAN	VW	FX	102	409	418	148	3	MEC	43.125	5
PALIO WK	FIAT	FX	108	402	422	152	3	MEC	45.840	5
ASTRA	CHEV	FX	125	332	420	143	3	MEC	48.487	5
FOCUS	FORD	GAS	126	285	415	149	3	MEC	51.365	5
MAREA	FIAT	GAS	132	409	439	143	3	MEC	54.980	5
COROLLA	TOYO	GAS	136	461	453	148	3	MEC	57.589	5
GOLF	VW	GAS	116	336	415	146	3	MEC	58.366	5
307	PEUG	GAS	138	420	420	151	4	AUTO	59.300	5
ASTRA SEDAN	CHEV	FX	125	460	434	142	4	MEC	63.198	5
VECTRA	CHEV	GAS	110	402	450	142	4	MEC	66.851	5
A3	AUDI	GAS	125	303	415	142	4	AUTO	75.550	5
MAREA WK	FIAT	GAS	160	500	449	152	4	MEC	84.190	5
STILO	FIAT	GAS	167	380	425	153	4	MEC	86.600	5
A3	AUDI	GAS	180	303	415	142	4	MEC	87.124	5

**Tabela 9: Dados utilizados na simulação de utilização do modelo.**

MOD	MAR	COMB	POT	PM	COMP	ALT	LUX	CAM	PREÇO	NP
VECTRA ELEG.	CHEV	GAS	151	526	462	146	5	AUTO	84.990	5

**LEGENDA:**

MOD: Modelo.

REN: Renault.

COM: Combustível.

LUX: Nível de luxo.

CAM: Câmbio.

NP: Nº de portas (carros de 2 portas estão como 3 portas e carros de 4 portas como 5 portas).

MAR: Marca.

TOYO: Toyota

GAS: Gasolina.

PM: Porta-malas (!)

MEC: Mecânico.

CHEV: Chevrolet.

CITR: Citroën.

FX: Flex.

ALT: Altura (cm)

AUTO: Automático.

VW: Volkswagen.

PEUG: Peugeot.

POT: Potência (cv)

COMP: Comprimento (cm)

PREÇO: Preço sugerido (R\$).