

# MODELOS PARA PROJEÇÃO DE DEMANDA NA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA BRASILEIRA

*FORECAST MODELS FOR THE BRAZILIAN DEMAND OF AUTOMOTIVE INDUSTRY*

**Bruna R. Tavares NASCIMENTO**  
POLI-USP  
bruna.rtn@gmail.com

**Alessandra de Ávila MONTINI**  
FEA-USP  
amontini@usp.br

---

Recebido em 03/2014 – Aprovado em 05/2014

## **Resumo**

Apesar de prematura se comparada com indústria de outros países, a indústria nacional passou por diversas mudanças no decorrer de sua história, consequência das oscilações do mercado e transformações na economia. Uma dessas mudanças foi a modificação do sistema de produção stock-push (empurrado pelo estoque) para o modelo de produção demand-pull (puxado pela demanda), onde a demanda determina a quantidade e as características do que será produzido. A projeção de demanda se tornou uma importante aliada das grandes montadoras nacionais desde o fim do século XX, época em que surgia a necessidade de produção efetiva de larga escala. A partir de então foram estudados diversos métodos para cumprir esta tarefa, entre eles destacam-se a regressão linear múltipla e a análise de série temporal. Este artigo tem como objetivo comparar estes dois modos de realizar a previsão de demandas aplicados à indústria automobilística no período de janeiro de 2000 a agosto de 2013.

**Palavras-Chave:** Indústria automobilística; regressão linear múltipla; análise de série temporal.

### **Abstract**

*Despite its youth when compared other countries' industries, the national industry has been through many changes during its history as an outcome of market and economic oscillations. Oscillations such as the modification of the stock-push production model to the demand-pull production model, in which the demand determinates the quantity and the quality of what is going to be produced. By the end of the 20th century the need to an effective large scale production came about. Hence, the demand forecasting turned into an important ally to the greatest national automakers. From this need, studies related to methods of performing such function were given more importance. Among them, the multiple linear regression and the time series analysis. This article intends to compare these two ways of performing the demand forecasting, applying the results to the automotive industry from January 2000 to August 2013.*

**Keywords:** *Automotive Industry; Multiple Linear Regression; Time Series Analysis.*

## **1 INTRODUÇÃO**

Os primeiros carros no Brasil surgiram no início do século XX, todos importados através de pedidos de agentes, homens responsáveis por enviar pedidos dos consumidores brasileiros ao exterior e receber estes veículos (FENABRAVE, 1998).

Entre 1920 e 1930, surgiram algumas montadoras no país, que utilizavam o sistema *completely knocked down* (CKD), estas eram responsáveis por receber as peças fabricadas no exterior e finalizar a montagem dos veículos para a venda no mercado interno.

Assim, desenvolveram-se redes de distribuição e mão-de-obra qualificada, que cuidava da manutenção dos veículos (FENABRAVE, 1998). A partir dos anos 50, surgiram os primeiro fornecedores de autopeças brasileiros,

responsáveis por peças como molas, baterias, pneus entre outros, transformando o sistema atuante em *semi knocked down* (SKD).

Pouco tempo mais tarde as primeiras indústrias automobilísticas nacionais foram instaladas no país, e com uma série de intervenções políticas do governo (SCAVARDA; HAMACHER, 2001) cresceram e se fizeram com que o setor automobilístico se tornasse um grande acelerador da economia brasileira.

Para ganhar tal espaço, a indústria automobilística teve que passar por uma série de ajustes e se atualizar continuamente. Dentre estas renovações está a transição do modelo de produção empurrado pelo estoque para o modelo de produção puxado pela demanda.

Para adotá-lo, porém, é preciso realizar previsões de demanda confiáveis, o que não é simples. Para tanto se pode utilizar variáveis econômicas, quantitativas e qualitativas para elaborar modelos estatísticos que possam cumprir tal tarefa.

Esta é uma necessidade real do mercado, tendo em vista que antever o futuro pode ser a chave para um bom negócio, não só para o mercado automobilístico, mas também para qualquer empresa que deseja competitividade no mercado globalizado.

Os modelos para a projeção de demanda no setor automotivo são foco de diversos estudos. Kurrle (2004) apresentou modelos de séries temporais para a projeção de veículos novos de uma concessionária Volkswagen de Curitiba-PR.

A ANFAVEA (Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores) faz constantes previsões da demanda relacionada a veículos automotores, que são frequentemente divulgadas.

É importante, porém, perceber que a simples sensibilidade à demanda que está por vir não

necessariamente garante o sucesso de uma indústria, tendo em vista que esta deve realizar uma série de mudanças estruturais nos processos internos para poder atender a esta demanda. Tais mudanças podem ser resumidas pelos “5Ms” do processo: métodos operacionais, os sistemas de medição e controle, os meios de produção, a mão-de-obra, e o meio ambiente (KUME, 1993).

Assim, a projeção de demandas é na verdade o primeiro, e fundamental, passo para a formação de uma empresa competitiva, e deve ser seguida por uma série de medidas da própria indústria para ajustar sua produção aos resultados do modelo construído.

## 2 OBJETIVO

Este artigo tem como objetivo a construção e comparação de modelos de projeção de demanda relacionados à indústria automobilística. Serão analisadas as previsões oriundas do modelo de regressão linear múltipla e do modelo de série temporal.

## 3 AJUSTE DE MODELOS

Para projetar a produção de automóvel utilizou-se um modelo de regressão linear múltipla e um modelo de séries temporais. Os parâmetros dos modelos foram estimados no período de janeiro de 2000 a dezembro de 2012. Os modelos foram comparados no período de janeiro a agosto de 2013.

Para comparar os modelos ajustados utilizou-se o EPAM dado pela expressão (1).

$$EPAM = \sum_{t=1}^n \frac{|y_t - \hat{y}_t|}{n}, \quad (1)$$

em que:

$y_t$ : é a produção de automóvel no mês  $t$ ;

$\hat{y}_t$ : é a produção de automóvel estimada pelo modelo no mês  $t$ .

### 3.1 REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA

Inicialmente buscou-se o maior número de variáveis que pudessem estar relacionadas com a produção de automóveis na indústria nacional. Tais variáveis foram selecionadas por meio de uma revisão da leitura acadêmica e por meio de notícias apresentadas nos jornais sobre o assunto.

A partir de então foram pesquisados, no site governamental do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), dados sobre cada uma das variáveis selecionadas (de janeiro de 2000 até agosto de 2013).

As variáveis utilizadas no estudo e suas codificações são apresentadas no Quadro 1. Nele estão vinte variáveis quantitativas observadas e duas variáveis DUMMY, relacionadas à políticas governamentais.

A primeira variável DUMMY, denominada DUMMY\_REDUCAO, foi criada considerando o valor um para os meses em que houve redução do IPI para os veículos nacionais e zero para os demais meses.

A segunda variável DUMMY, denominada DUMMY\_AUMENTO, foi criada considerando um nos meses em que houve aumento do IPI para veículos importados e zero nos demais meses.

Quadro 1: Variáveis utilizadas na regressão linear e codificações

Variável	Codificação
Operações de crédito do sistema financeiro ao setor privado	X1
Produção de ferro-gusa	X2
Produção industrial - bens de consumo duráveis - quantum - índice dessaz	X3
Produção industrial - indústria geral - quantum - índice	X4
Rendimento médio real dos assalariados no trabalho principal na RMSF	X5
Vendas nominais no varejo - índice	X6
Vendas reais - varejo - veículos, motos, partes e peças - índice dessaz	X7
Consumo de energia elétrica: quantidade (GWh)	X8
Vendas reais no varejo - índice	X9
ICC - Índice de confiança do consumidor	X10
IEC - Índice de expectativas	X11
Relação câmbio efetivo / salário - índice	X12
Exportações - automóveis - montados - qde.	X13
Exportações - (FOB) - US\$ (milhões)	X14
Inflação - IPCA - (% a.m.)	X15
Inflação - IGP-M - (% a.m.)	X16
Rendimento médio - real - assalariados - trabalho principal - índice	X17
Salário Mínimo - R\$	X18
IPI sobre carros	X19
Operações de crédito do sistema financeiro ao setor privado - pessoas físicas	X20
Redução do IPI sobre produtos nacionais	DUMMY_REDUCAO
Aumento do IPI sobre produtos importados	DUMMY_AUMENTO
Produção de automóveis no Brasil	Y

Tabela 1: Coeficiente de correlação linear

Variável	Correlação	Variável	Correlação
<b>X1</b>	0,804	<b>X11</b>	0,691
<b>X2</b>	0,186	<b>X12</b>	-0,830
<b>X3</b>	0,920	<b>X13</b>	0,422
<b>X4</b>	0,903	<b>X14</b>	0,877
<b>X5</b>	-0,319	<b>X15</b>	-0,239
<b>X6</b>	0,771	<b>X16</b>	-0,148
<b>X7</b>	0,808	<b>X17</b>	-0,319
<b>X8</b>	0,864	<b>X18</b>	0,854
<b>X9</b>	0,822	<b>X19</b>	0,544
<b>X10</b>	0,822	<b>X20</b>	0,833

A Tabela 1 apresenta o coeficiente de correlação linear de Pearson calculado para identificar quais variáveis são fortemente correlacionadas com a variável produção de automóveis no Brasil, que a partir de agora será denominada produção de automóveis.

Observa-se forte correlação entre as variáveis X1, X3, X4, X6, X7, X8, X9, X10, X12, X14, X18 e X20.

Para verificar se existe causalidade entre as variáveis explicativas e a variável produção de automóveis foi realizado o Teste de Causalidade de Granger (GUJARATI, 2011).

O nível descritivo associado a cada variável é apresentado na Tabela 2. Nota-se que não existe causalidade entre as variáveis X2, X5, X13, X14, X15, X16, X17 e X19 e a produção de automóveis, pois o nível descritivo associado a estas variáveis foi superior a  $\alpha=0,10$ .

Para gerar um modelo de regressão linear múltipla considerando as doze variáveis com causalidade apresentadas na Tabela 2 (X1, X3, X4, X6, X7, X8, X9, X10, X11, X12, X18 e X20) utilizou-se o método Backward e um  $\alpha=0,10$ . O software utilizado para a modelagem foi o Eviews versão 7.

A amostra utilizada para a construção do modelo considerou as observações de janeiro de 2000 até

dezembro de 2012. As variáveis selecionadas pelo método Backward, os coeficientes estimados do modelo e os níveis descritivos associados a cada variável são apresentados na Tabela 3.

Foram escolhidas as variáveis X3 (produção industrial de bens de consumo duráveis), X4 (produção industrial geral), X7 (vendas reais de veículos e peças automotoras) e a variável DUMMY\_REDUÇÃO (indica períodos de redução do IPI). O modelo ajustado é apresentado na expressão (2). O modelo obteve um coeficiente de determinação de 92,23 % indicando que 92 % da variabilidade da produção de automóveis é explicada pelas variáveis selecionadas.

Tabela 2: Nível descritivo associado ao Teste de causalidade de Granger

Variável	Nível descritivo	Variável	Nível descritivo
X1	0,0007	X11	0,0248
X2	0,1652	X12	0,0005
X3	0,0001	X13	0,3931
X4	0,0003	X14	0,3003
X5	0,1532	X15	0,5962
X6	0,0038	X16	0,4288
X7	0,0053	X17	0,1532
X8	0,00004	X18	0,000007
X9	0,0004	X19	0,8972
X10	0,0001	X20	0,0011

Tabela 3: Variáveis selecionadas, coeficientes e níveis descritivos associados ao modelo

Variável	Coeficiente	Nível Descritivo
C	-104051,8	0,0000
DUMMY_REDUCAO	14768,24	0,0022
X3	681,5206	0,0000
X4	1319,677	0,0000
X7	362,6127	0,0000

$$Y = -104051,8 + 362,6127.X7 + 681,5206.X3 + 1319,677.X4 + 14768,24.DUMMY\_REDUCAO. \quad (2)$$

Com a equação do modelo apresentada na expressão (2), foi possível obter as projeções da produção de automóveis para o período de janeiro a agosto de 2013 e realizar a análise dos resíduos.

O Gráfico 1 apresenta a produção de automóvel real e a produção ajustada pelo modelo de

janeiro de 2000 a agosto de 2013. Observa-se que o modelo projeta de forma adequada a produção de automóvel pois os resíduos são pequenos e o modelo ajustado acompanha a série real.

O Gráfico 2 apresenta a produção de automóvel real, ajustada pelo modelo e os limites com 95 % de confiança no período de janeiro a agosto de 2013.

Gráfico 1: Produção real e produção projetada



Gráfico 2: Produção real, produção projetada, limite superior e inferior

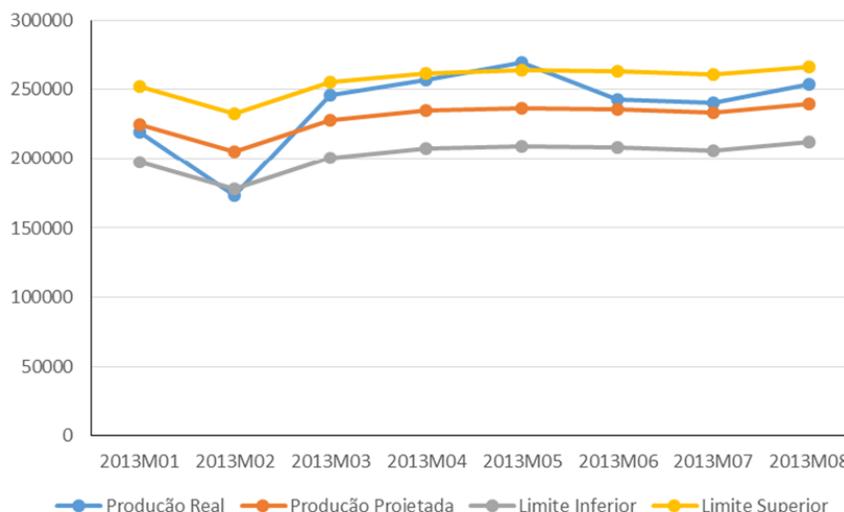


Tabela 4: Produção real, produção projetada e resíduo, de janeiro a agosto de 2013

Data	Produção Real	Produção Projetada	Módulo do Resíduo
2013.01	219650	224897,52	13876,70
2013.02	173503	205422,75	13921,20
2013.03	246186	227914,86	13839,01
2013.04	256869	234666,83	13845,52
2013.05	269203	236411,62	13857,28
2013.06	242828	235644,38	13842,65
2013.07	240382	233235,26	13893,25
2013.08	253557	239245,45	13950,28

O gráfico ilustra o adequado ajuste do modelo, observa-se que este é capaz de prever de modo satisfatório a demanda do período de tempo analisado, pois quase todos os valores reais estão dentro dos limites de confiança.

A Tabela 4 apresenta as projeções feitas pelo modelo, os valores reais da produção de automóveis e o módulo do resíduo. Nota-se o modelo ajustado é adequado, pois os valores observados estão próximos dos valores ajustados gerando um resíduo pequeno.

O EPAM associado ao ajuste da regressão linear múltipla é obtido por meio da média do módulo do resíduo, como apresentado na expressão (1). O EPAM calculado para os dados da Tabela 4 é dado por 13878,24.

### 3.2 ANÁLISE DE SÉRIE TEMPORAL

Tendo em vista que a produção de automóveis depende de diversos fatores aleatórios, é

impossível projetar valores exatos para a produção, ou seja, não existe um modelo determinístico para descrever a série.

Para ajustar um modelo de série temporal à produção de automóvel utilizou-se um modelo autoregressivo. Estes modelos foram inicialmente estudados por Box e Jenkins (1994). O modelo auto regressivo segue a equação apresentada na expressão (3)

$$Y_t = \phi_0 + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p}, \quad (3)$$

em que

$y_t$ : é a produção de automóvel no mês  $t$ ;  
 $y_{t-j}$ : é a produção de automóvel no mês  $t-j$ ;  
 $\phi_0$ : é a média da série;  
 $\phi_j$  é o parâmetro associado ao mês  $t-j$ .

O Gráfico 3 apresenta a produção de automóvel no período de janeiro de 2000 a dezembro de 2012. Nota-se que a série não é estacionária, pois

Gráfico 3: Produção real

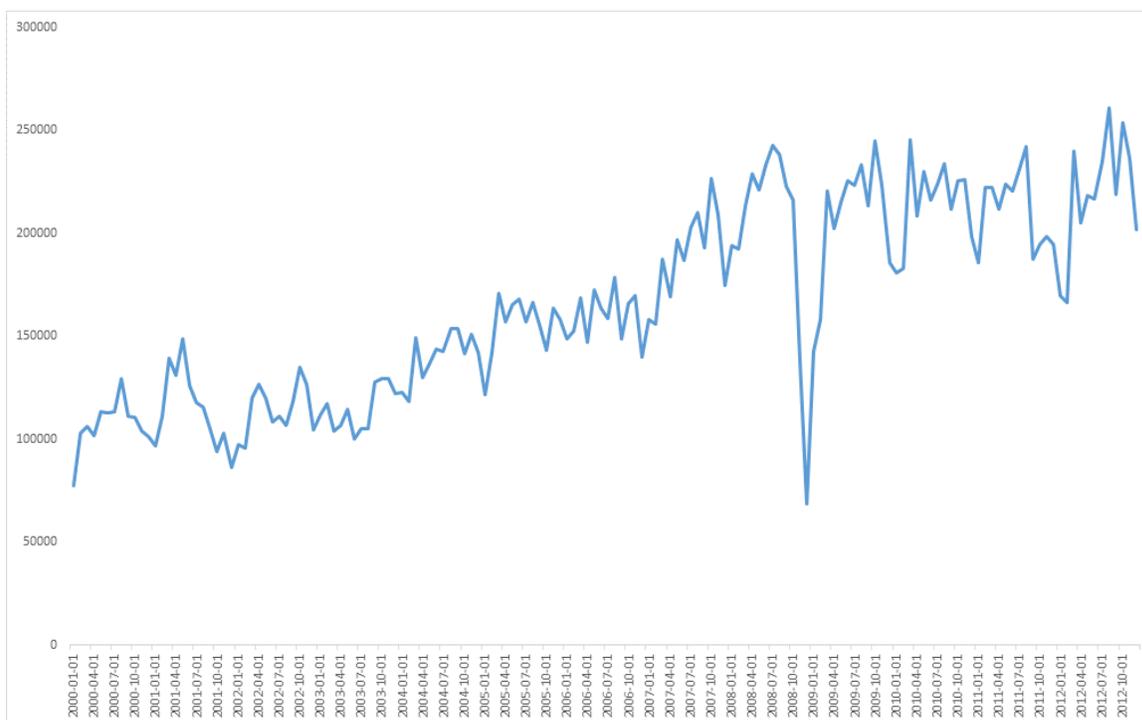


Tabela 5: Coeficientes e níveis descritivos associados ao modelo ajustado

Variável	Coefficiente	Nível Descritivo
AR(1)	-0,1710	0,0184
AR(6)	-0,1791	0,0190
AR(12)	0,4583	0,0000
AR(4)	-0,1566	0,0373
AR(10)	-0,1420	0,0763

apresenta uma tendência de crescimento ao longo do tempo.

Para ajustar um modelo auto regressivo a série precisa ser estacionaria. Por este motivo ajustou-se um modelo à série com a diferença e ordem 1, ou seja, ajustou-se um modelo a auto regressivo a série  $D(y_t)=y_t-y_{t-1}=W_t$ .

Para modelar a série com a diferença e ordem 1 ajustou-se um modelo com as ordens 1, 4, 6, 10 e 12.

Os coeficientes do modelo ajustado à série com a diferença e ordem 1 são apresentados na Tabela 5.

O modelo autoregressivo ajustado a série com a primeira diferença é dado por

$$W_t = -0,171w_{t-1} - 0,1566w_{t-4} - 0,1791w_{t-6} - 0,1420w_{t-10} + 0,4583w_{t-12}. \quad (4)$$

O Gráfico 4 apresenta a produção real de automóveis, de janeiro de 2001 a dezembro de 2012, a produção ajustada pelo modelo dado pela expressão (4), de janeiro de 2001 a agosto de 2013, e os limites com 95 % de confiança no período de janeiro de 2001 a agosto de 2013.

O gráfico ilustra que o modelo ajustado está adequado, observa-se que este acompanha bem as variações reais da produção.

O Gráfico 5 apresenta a produção real de automóvel, a produção ajustada pelo modelo dado pela expressão (4) e os limites com 95 % de

confiança no período de janeiro a agosto de 2013. Nota-se que o modelo é adequado, visto que a maior parte dos valores reais encontra-se dentro dos intervalos de confiança.

A Tabela 6 apresenta a produção real, a projeção feita pelo modelo apresentado na expressão (4) e o módulo do resíduo. Nota-se que o modelo ajustado é adequado pois os valores observados estão próximos dos valores ajustados gerando um resíduo pequeno.

O EPAM associado ao ajuste do modelo autoregressivo apresentado na expressão (4) é obtido por meio da média do módulo do resíduo apresentado na quarta coluna da Tabela 7. O EPAM é dado por 28086,02.

Gráfico 4: Produção real e projeção projetada com limites de confiança

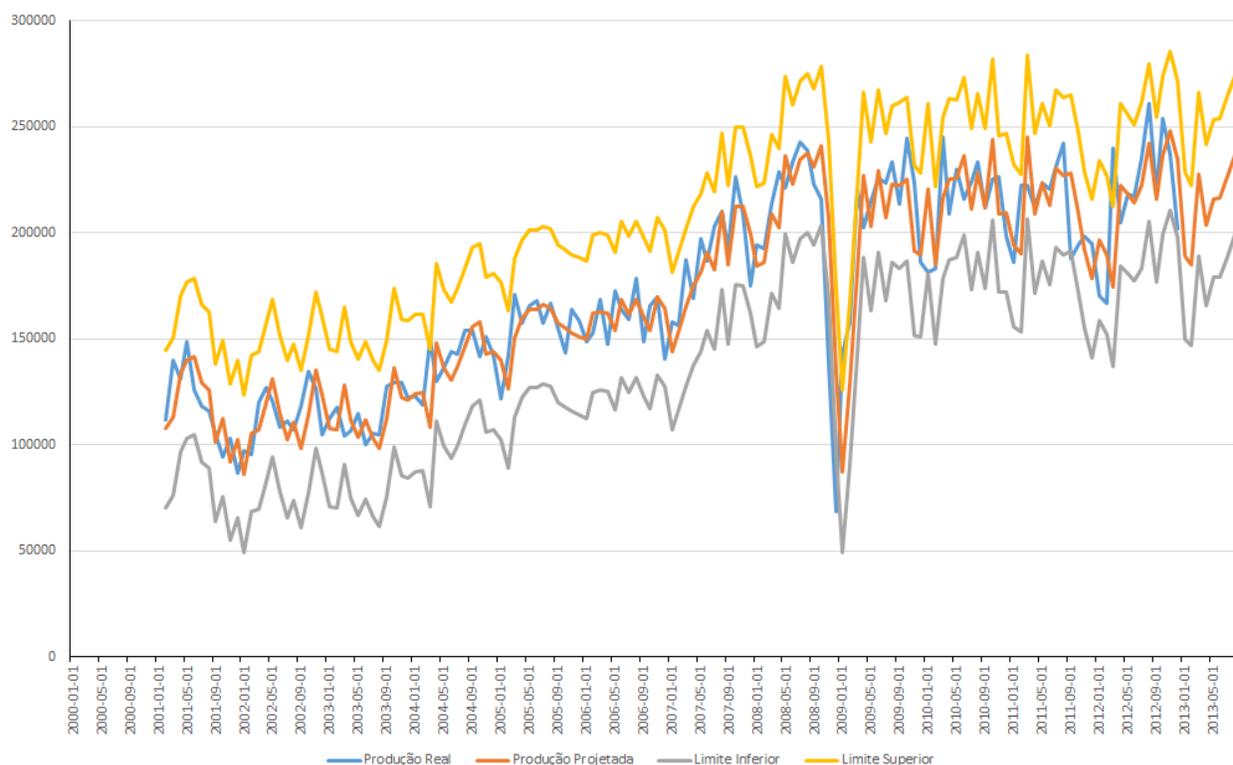


Gráfico 5: Produção real, produção projetada, limite superior e inferior

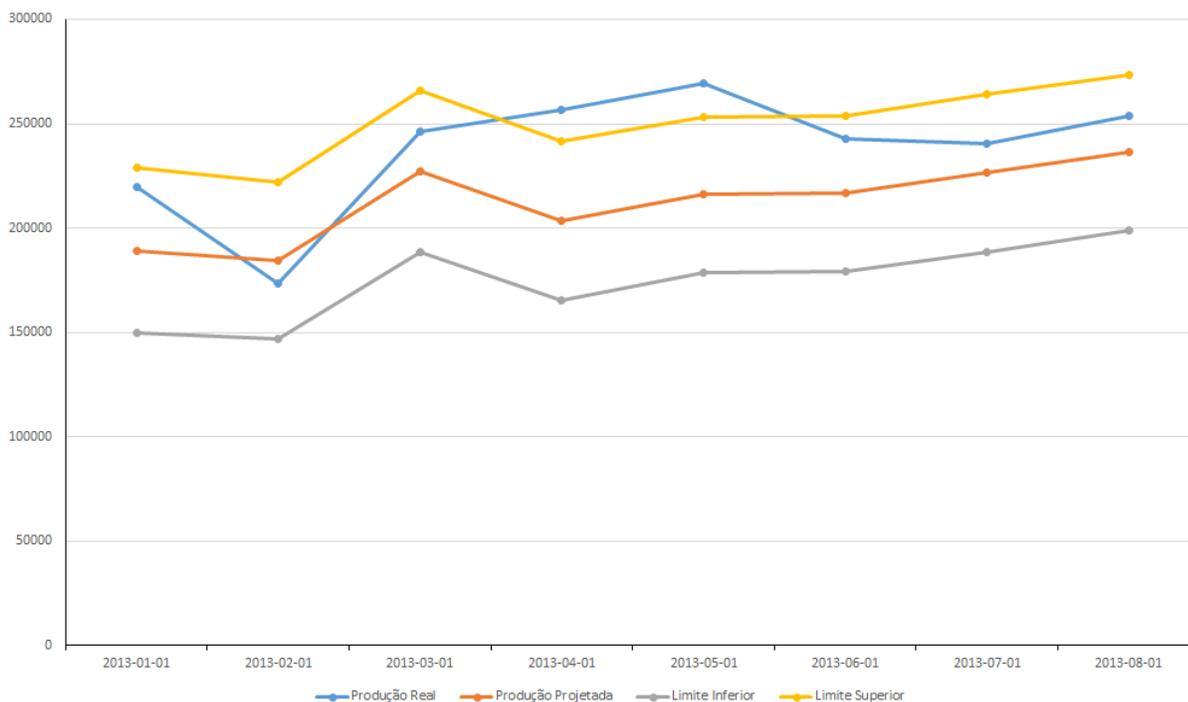


Tabela 6: Produção real, produção projetada e resíduo, de janeiro a agosto de 2013

Data	Produção Real	Produção Projetada	Módulo do Resíduo
2013.01	219650	189199,59	30450,41
2013.02	173503	184639,79	11136,79
2013.03	246186	227407,24	18778,76
2013.04	256869	203420,66	53448,34
2013.05	269203	215976,96	53226,04
2013.06	242828	216515,66	26312,34
2013.07	240382	226381,10	14000,90
2013.08	253557	236222,43	17334,57

## CONCLUSÃO

---

Os resultados obtidos com os dois modelos foram bem satisfatórios, como se verifica pela magnitude dos resíduos e pelos gráficos exibidos anteriormente.

Notou-se que a produção de automóveis no Brasil depende fortemente de fatores como a produção industrial geral, incentivos governamentais (representados pela variável DUMMY) e pelas vendas de veículos no país. O EPAM do modelo por regressão linear múltipla é igual a 13878,24.

Já na previsão realizada por meio de série temporal, foi possível elaborar um modelo considerando vários meses do passado, como por exemplo, 1, 4, 6, 10 e 12.

O modelo ajustado também foi muito satisfatório. O EPAM do modelo por análise de série temporal foi 28086,02. Temos assim uma diferença de 14207,78 entre os EPAMs dos dois modelos, tendo em vista que o modelo de menor EPAM é o que representa melhor a realidade, conclui-se que a regressão linear múltipla é a melhor forma de prever a demanda de veículos no Brasil.

## REFERÊNCIAS

---

ANFAVEA. Anuário estatístico da indústria automobilística brasileira. São Paulo: ANFAVEA, 2013.

FENABRAVE. A distribuição de veículos no Brasil. Relatório de Pesquisa Histórica, São Paulo, 1998.

GUJARATI, D. N. Econometria Básica. 5. ed. Porto Alegre, 2011.

KUME, H. Métodos Estatísticos para melhoria da Qualidade. 11. ed. São Paulo: Gente, 1993.

KURRLE, M. A. Métodos para previsão de demanda de veículos novos – Estudo de caso de

uma concessionária de automóveis. Porto Alegre, 2004.

NEVES, J. A.; SILVA, G. L. Ajuste da Demanda da Produção em Empresa do Setor Automobilístico. Rio de Janeiro, 2011.

SCAVARDA, L. F. R.; HAMACHER, S. Evolução da cadeia de suprimentos da indústria automobilística no Brasil. Revista de Administração Contemporânea, v. 5, n. 2, Curitiba Mai/Ago, 2001.