

Eficiência energética e emissão de poluentes de veículos leves etiquetados pelo PBE Veicular

¹Felipe Cássio da Silva Caxito; ¹fel.caxito@gmail.com; ¹Instituição de Ensino do primeiro autor;
² André da Fonseca Schuck; ²schuckfandre@hotmail.com; ² Universidade Federal de Mato Grosso do Sul;
³ Alexandre Meira de Vasconcelos; ³ alexandre.meira@ufms.br; ³ Universidade Federal de Mato Grosso do Sul;

RESUMO: *No Brasil, um programa coordenado e regulamentado pelo INMETRO tem como objetivo alertar os consumidores acerca da eficiência energética de bens de consumo e edificações através da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), afixada nos produtos de maneira voluntária ou compulsória. O Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular (PBE Veicular), é uma parceria entre o INMETRO e o CONPET visando a prestação de serviço ao público e estímulo a fabricação e a importação de veículos mais eficientes e econômicos. Para tanto, este artigo tem como objetivo explorar as relações das variáveis contínuas poluentes cobertos pelo programa PBE Veicular com o consumo energético de cada categoria de veículo etiquetado em um ano de referência. Como resultado, foi evidenciado a relação positiva entre o dióxido de carbono e o consumo energético veicular, evidenciando a relação entre autonomia e eficiência energética veicular.*

PALAVRAS-CHAVE: *Eficiência Energética; ENCE; PBE Veicular; Correlação Linear; ANOVA.*

Energy efficiency and emission of pollutants from light vehicles labeled by the PVL

ABSTRACT: *In Brazil, a program coordinated and regulated by INMETRO aims to alert costumers on the energetic efficiency of consumer goods and buildings through the National Energy Conservation Label (NECL), present in products on a voluntary or compulsory basis. The Brazilian Program of Vehicle Labeling (PVL) is a partnership between INMETRO and CONPET aimed at providing services to the public as well as stimulate the manufacturing and importation of more efficient and economical vehicles. This article, therefore, explores the relationship of continuous pollutant variables covered by the PVL program with the energy consumption of each category of vehicle tagged in a reference year. The research pointed to a positive relationship between carbon dioxide and vehicular energy consumption, evidencing the relationship between autonomy and vehicle energy efficiency.*

KEYWORDS: *Energy Efficiency; ENCE; PBE Veicular; Linear Correlation; ANOVA.*

1. Introdução

Desde os tempos primitivos o homem busca fontes de energia para aplicar em suas ações e trabalhos, como fora com o uso da força animal com utilidade de auxiliar nas colheitas ou transporte.

Primordialmente, a queima da lenha que era colhida nas matas circundantes foi a primeira grande matriz energética, utilizada para cozimento de alimentos, cerâmica e aquecimento em um primeiro momento e com a Primeira Revolução Industrial, a lenha e o carvão mineral passaram a ser empregados intensamente para mover as máquinas a vapor nas primeiras fábricas e indústrias, caracterizando-se como a principal força-motriz do homem até meados do Século XIX, sendo progressivamente substituído a outras fontes como o petróleo, gás natural, energia elétrica, energia nuclear e atualmente métodos ecologicamente viáveis como

energia solar e eólica. Os processos de desenvolvimento econômico se moldam junto a ciclos energéticos (SANTOS, 2013).

Atualmente, a economia impõe demandas maiores de energia, em formas variadas adequadas a determinados usos, e disponíveis em âmbitos geográficos. O petróleo e seus derivados, que juntamente com o carvão mineral fazem parte do grupo de combustíveis fósseis, formam a matriz energética com maior prevalência para o setor de transportes no Brasil. Segundo dados da Empresa de Pesquisa Energética – EPE (2015), a produção nacional de petróleo cresceu 11% em 2014, atingindo a média de 2,25 milhões de barris por dia e a produção de derivados nas refinarias nacionais atingiu o valor de 110,4 milhões de toneladas equivalente de petróleo (tep), no qual o óleo diesel e a gasolina correspondem a 39% e 20%, respectivamente, da produção total. O setor de transporte respondeu por 56,9 % do consumo final energético advindo do petróleo no país no ano de 2014.

A problemática da queima de combustíveis fósseis na indústria e no transporte é a alta contribui para a poluição do ar. Das partículas compostas desses materiais combustíveis, pode-se destacar como poluentes mais significativos o óxido de enxofre (SO_x), óxido de nitrogênio (NO_x), dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e monóxido de carbono (CO). As quantidades que são emitidas ao ambiente dependem das características químicas do composto e a tecnologia na qual foi empregado em um motor ou equipamento similar (REIS; FADIGAS; CARVALHO, 2012).

Com a implementação de equipamentos mais eficientes em seu desempenho pela indústria, o que significa, por conseguinte uma taxa de diminuição da emissão de poluentes frente a outros dispositivos, é uma forma de racionalizar a demanda de energia. Segundo Barros, Borelli e Gedra (2015) a energia é um insumo, a qual recebe processamento para dar fim a algo tangível, como um produto, ou intangível, como o conforto térmico em uma edificação. O gerenciamento do consumo de energia, com uso de indicadores é uma maneira de avaliar a situação atual de modo a munir planejamento para redução energética, produzindo o mesmo resultado.

O setor de transportes é bastante representativo no gasto energético do país. A implementação de uma regulamentação e apresentação ao público consumidor sobre veículos leves que utilizam menos energia e poluem menos o ar atmosférico, proporciona ao consumidor incluir o fator ecológico na sua posição. Nesse âmbito está o Programa Brasileiro de Etiquetagem

Veicular (PBE Veicular), criado em 2008 como prestação de serviço ao público e estímulo a fabricação e a importação de veículos mais eficientes e econômicos.

É um programa de eficiência energética para veículos leves coordenado e regulamentado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – Inmetro e desenvolvido em parceria com o Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural – Conpet, e integra uma gama de produtos que já são etiquetados pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) com a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) (Conpet, 2016).

O PBE Veicular tem em seu domínio na internet, anexos das tabelas referentes aos índices emissão de poluentes, categoria e modelos de carro, motor, dentre outras variáveis que compõe uma classificação no Programa e emissão de ENCE, em comparação a categoria no qual se encontra o veículo e comparado a todos os modelos contemplados na etiquetagem.

Este artigo tem o intento de explorar as relações das variáveis contínuas poluentes cobertas pelo programa PBE Veicular com o consumo energético de cada categoria de veículo etiquetado em um ano de referência. A avaliação estatística dessas variáveis pode ocasionar em hipóteses, as quais através da amostra selecionada para os testes realizados pelo Programa, representar toda a população de modelos de veículos que foram emplacados na data-base das informações fornecidas e partir disto permitir uma ampliação do estudo a outros períodos.

2. Fundamentação teórica

2.1. O Setor de transportes relacionado à emissão de gás estufa

O fenômeno da eficiência energética no Brasil e nos outros países é tema integrante de políticas públicas e a iniciativa privada está atenta às oportunidades de se adequar à parâmetros ambientais e usá-los ao seu favor como marketing aos seus produtos. No campo do setor de transportes, o petróleo e seus derivados é imponente e responde pela maior fatia energética no Brasil. A Figura 1 ilustra no gráfico apresentado a distribuição das matrizes energéticas mais importantes, segundo dados da EPE (2015).

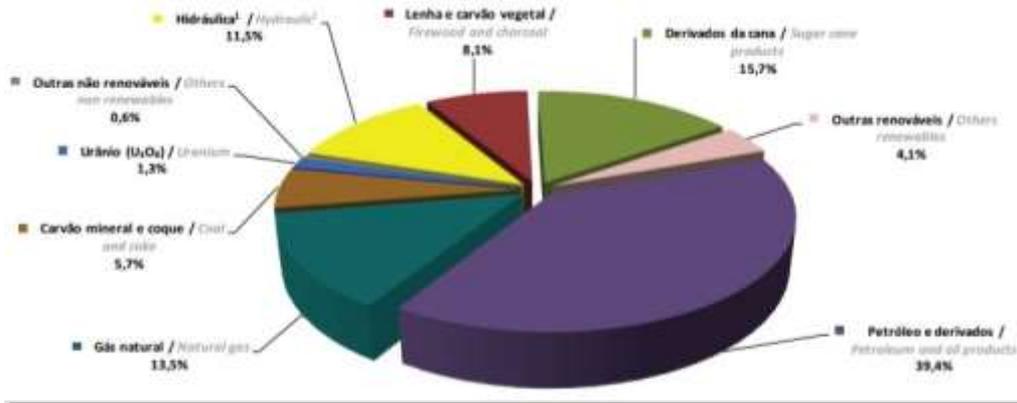


FIGURA 1 - Oferta interna de energia. Fonte: EPE, 2015.

É notório que o modal mais utilizado pelas pessoas é o rodoviário, do ponto de vista logístico e de cadeia de suprimentos é aquele traz maior disponibilidade, tamanha diversidade e capilaridade de vias na maioria dos países. Segundo Reis, Fadigas e Carvalho (2012) a malha rodoviária brasileira recebeu investimento e obteve largo crescimento a partir da década de 1950, em comparação aos outros modais, o que gerou reflexos no meio ambiente, na distribuição do desenvolvimento e até mesmo na desigualdade social.

O problema de congestionamento nas grandes cidades contribui para a poluição e indiretamente aumenta gastos com a saúde pública, e diminui a qualidade de vida de moradores nos grandes centros.

O efeito estufa é um fenômeno natural no planeta e o mantém a uma faixa de temperatura que permite a existência dos seres vivos. Entretanto, um crescimento na concentração de gases oriundo da queima de combustíveis fósseis potencializa esse efeito, e o principal agente desse processo é dióxido de carbono (CO₂).

As políticas implementadas em vários lugares do planeta, inclusive em protocolos governamentais exprimem uma relação para diminuição das emissões de CO₂. Para o setor automobilístico a principal característica dos padrões é que eles podem reduzir a intensidade de consumo energético pela frota de veículos como incentivar os usuários a mudarem o comportamento para comprar carros com maior eficiência energética ou incentivar fabricantes a produzir carros mais eficientes (AJANOVIC; HAAS; WIRL, 2016).

2.2. Análise experimental e estatísticas

Na avaliação de um sistema que pode ser um produto, serviço ou mesmo ambiente de pessoas ou seres vivos, o emprego da experimentação empírica é uma forma de quantificar ou

qualificar um determinado cenário em que se encontra. A metodologia de Projeto de Experimentos é uma maneira de trazer melhorias em um sistema. Com a avaliação deste através por indicadores de desempenho, pode-se atestar de forma quantitativa a qualidade do sistema (RIBEIRO; CATEN, 2011).

Para Fearnhead e Prangle (2012) grande parte das aplicações estatísticas envolvem inferências sobre modelos estocásticos e na maioria das vezes é fácil aplicar uma simulação a partir desses modelos, para o cálculo da probabilidade dos dados com a utilização de métodos computacionalmente. Nestes casos, a inferência é a utilização de simulações do modelo para diferentes valores dos parâmetros, de modo a comparar os conjuntos de dados simulados com um conjunto observado amplo. Parte-se de que a estimativa realizada sobre a amostra corresponda àquela população do que se quer tirar resultados.

O que se pode observar, é que através do modelo da população pode-se estimar valores aos parâmetros que são dados conhecidos, e apresentar resultados como média, variação, desvio padrão, quartis, erro padrão, amplitude, tipo de distribuição. Em cima desses resultados, com o uso de cálculos ou métodos computacionais testar hipóteses sobre as características do modelo.

3. Metodologia

O estudo deste trabalho se baseou na Tabela de consumo energético do PBE Veicular do ano de referência 2015, por ser o último ano completo e com maior número de categorias — sub compacto, compacto, carga derivado, comercial, esportivo, extra grande, fora de estrada, grande, médio, e mini van, utilitário esportivo compacto e utilitário esportivo grande — e 692 modelos de carros diferentes de 27 marcas comercializadas no Brasil, não contemplando todas, pois algumas não aderiram ao programa que não vem a ser obrigatório. As variáveis contínuas analisadas foram os poluentes emitidos, compostos por NMHC (hidro carbonetos não metanos) em g/km, CO (óxido de carbono) em g/km NO_x (óxido de nitrogênio), o gás estufa CO₂ (dióxido de carbono) e a variável de consumo energético total dos veículos medida em MJ/km.

Para a análise dos dados foi utilizado o software Minitab®, que para Kadiyala e Kumar (2008) permite ao usuário a identificação das variáveis importantes que devem ser usados em modelos para auxílio em decisões. Foi empregando ferramentas como Estatística Descritiva, ANOVA, gráfico de dispersão e correlação pelo método de Pearson. Com a geração de

gráficos que são selecionáveis, assim como quais parâmetros estatísticos devem ser análise prosseguiu análise dos resultados, os quais são expressos na próxima sessão.

4. Resultados e discussões

Como forma de realizar uma primeira análise sobre o comportamento das variáveis contínuas apresentadas no documento do PBE Veicular 2015, foi utilizada a ferramenta de Gráfico de Dispersão com o intuito de avaliar uma possível relação entre as variáveis poluentes e o consumo energético de cada veículo. Com a apresentação gráfica resultante pelo software, foi possível notar visualmente que o CO₂ apresenta uma variação diretamente proporcional com o aumento da variável independente — Consumo Energético. A Figura 2 abaixo ilustra o confronto das variáveis poluentes e o Consumo Energético.

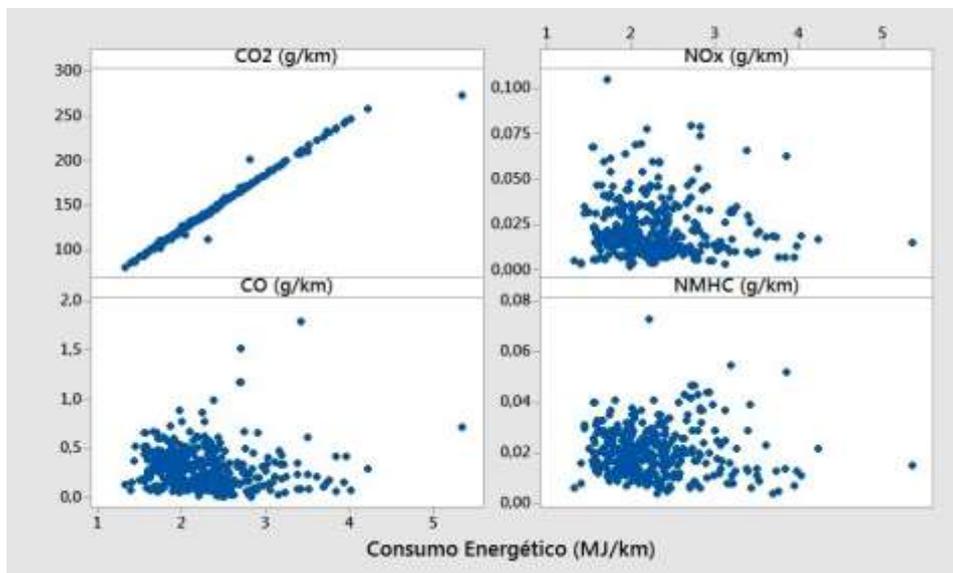


FIGURA 2 - Gráficos de dispersão das variáveis poluentes vs Consumo Energético

De porte da inferência dessa relação positiva, em seguida foi utilizada a ferramenta correlação, optando-se pela Correlação de Pearson para atestar que as duas variáveis, de fato, estão correlacionadas. O resultado apresentou valor de 0.996, ou seja, muito próximo de 1, ratificando que há correlação positiva entre essas variáveis. A Figura 3, apresenta esse resultado.

Correlação: CO₂ (g/km); Consumo Energético (MJ/km)

Correlação de Pearson de CO₂ (g/km) e Consumo Energético (MJ/km) = 0,996
Valor-P = 0,000

FIGURA 3 - Correlação entre CO₂ e Consumo Energético

Outra análise prévia feita com o recurso do Gráfico de Dispersão foi a verificação da relação entre autonomia dos veículos e a quantidade emitida de CO₂, observada visualmente como inversamente proporcional, como ilustra a Figura 4. A ilustração indica que a emissão do dióxido de carbono é proporcionalmente reduzida em automóveis que consomem menos combustível em maiores rodagens, confrontada a automóveis com menos autonomia.

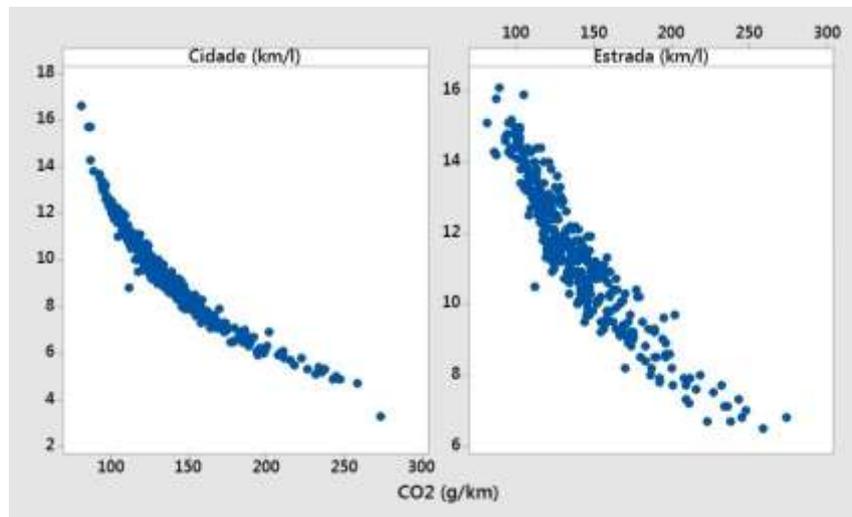


FIGURA 4 - Gráfico de dispersão da autonomia vs Poluente (CO₂).

Com a observação da correlação entre o dióxido de carbono e o consumo energético veicular, optou-se por analisar o conjunto dessas duas variáveis importantes tanto no quesito de poluição do principal gás estufa, como o parâmetro que permeia a eficiência energética veicular em relação aos níveis de categoria dos veículos. Primeiramente foi aplicada a ferramenta de Estatística Descritiva sem a variável de agrupamento com as categorias, como representam as Figuras 5 e 6.

Estatísticas Descritivas: CO₂ (g/km)

Variável	N	N*	Média	EP Média	DesvPad	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
CO ₂ (g/km)	692	0	138,15	1,28	33,70	81,00	113,00	132,50	154,00	274,00

FIGURA 5 - Estatísticas Descritivas para CO₂.

Estatísticas Descritivas: Consumo Energético (MJ/km)

Variável	N	N*	Média	EP Média	DesvPad	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	
Consumo Energético (MJ/k)	692	0	2,2472	0,0209	0,5493	1,3200	1,8400	2,1450	2,5000	
Variável	Máximo									
Consumo Energético (MJ/k)	5,3500									

FIGURA 6 - Estatísticas Descritivas para Consumo Energético.

Posteriormente, foi marcada a categoria (Carga Derivado, Comercial, Compacto, Esportivo, Extra Grande, Fora de Estrada, Grande, Médio, Minivan, Sub Compacto, Utilitário Esportivo Compacto e Utilitário Esportivo Grande) como variável de agrupamento, de maneira a observar o comportamento específico de cada parâmetro em relação a cada categoria de veículo e prosseguir na análise dos resultados. As Figuras 7 e 8 a seguir ilustram esses valores para CO₂ e Consumo Energético. O intuito a partir daqui até o final da seção é o de avaliar se a hipótese nula (H₀), de que as médias das categorias são iguais e a aplicação da ENCE não está atrelada a diferenciação por categoria, pode ser rejeitada ou não pela Hipótese alternativa (H₁) de que há diferença estatística significativa entre as categorias.

Estatísticas Descritivas: CO ₂ (g/km)						
Variável	Categoria	Frequência	Total	Média	DesvPad	Variância
CO ₂ (g/km)	CARGA DERIVADO	11	121,00	1,73	3,00	120,00
	COMERCIAL	21	169,33	36,49	1331,63	121,00
	COMPACTO	107	108,72	8,05	64,88	95,00
	ESPORTIVO	41	177,80	38,70	1497,91	121,00
	EXTRA GRANDE	79	155,91	35,29	639,44	81,00
	FORA DE ESTRADA	80	189,66	34,13	1164,54	134,00
	GRANDE	97	131,03	16,71	279,11	105,00
	MÉDIO	111	122,51	22,43	503,25	84,00
	MINIVAN	17	169,47	18,13	328,44	139,00
	SUB COMPACTO	44	101,52	10,68	113,98	87,00
	UTILITÁRIO ESPORTIVO COM	50	129,10	12,60	152,70	106,00
	UTILITÁRIO ESPORTIVO GRA	44	158,47	18,94	355,48	112,00

Variável	Categoria	Q1	Mediana	Q3	Máximo
CO ₂ (g/km)	CARGA DERIVADO	120,00	120,00	121,00	124,00
	COMERCIAL	133,50	145,00	209,00	211,00
	COMPACTO	109,00	107,00	113,00	128,00
	ESPORTIVO	150,50	167,00	195,00	274,00
	EXTRA GRANDE	141,00	148,00	170,00	248,00
	FORA DE ESTRADA	150,00	185,00	216,50	243,00
	GRANDE	118,00	127,00	140,00	175,00
	MÉDIO	106,00	114,00	134,00	174,00
	MINIVAN	154,50	175,00	180,00	196,00
	SUB COMPACTO	93,25	98,00	109,75	133,00
	UTILITÁRIO ESPORTIVO COM	121,50	126,00	134,25	172,00
	UTILITÁRIO ESPORTIVO GRA	147,00	154,00	169,00	209,00

FIGURA 7 - Estatísticas Descritivas para CO₂.

Estatísticas Descritivas: Consumo Energético (MJ/km)					
Variável	Categoria	Média	DesvPad	Variância	Mínimo
Consumo Energético (MJ/k)	CARGA DERIVADO	1,9765	0,0186	0,00035	1,9500
	COMERCIAL	2,705	0,601	0,361	2,010
	COMPACTO	1,7728	0,1263	0,0160	1,5600
	ESPORTIVO	2,904	0,698	0,487	1,970
	EXTRA GRANDE	2,5222	0,4005	0,1604	1,3200
	FORA DE ESTRADA	3,0596	0,5500	0,3025	2,1900
	GRANDE	2,1326	0,2688	0,0723	1,7200
	MÉDIO	1,9904	0,3588	0,1288	1,4000
	MINIVAN	2,7553	0,2945	0,0867	2,2500
	SUB COMPACTO	1,6545	0,1679	0,0282	1,4400
	UTILITÁRIO ESPORTIVO COM	2,0934	0,2028	0,0411	1,7200
	UTILITÁRIO ESPORTIVO GRA	2,5534	0,2938	0,0863	2,1100

Variável	Categoria	Mediana	Máximo
Consumo Energético (MJ/k)	CARGA DERIVADO	1,9500	2,0000
	COMERCIAL	2,360	3,500
	COMPACTO	1,7400	2,0700
	ESPORTIVO	2,700	5,350
	EXTRA GRANDE	2,4000	4,0200
	FORA DE ESTRADA	3,0600	3,9400
	GRANDE	2,0600	2,8500
	MÉDIO	1,8900	2,8100
	MINIVAN	2,8500	3,1900
	SUB COMPACTO	1,5900	2,1700
	UTILITÁRIO ESPORTIVO COM	2,0200	2,7500
	UTILITÁRIO ESPORTIVO GRA	2,5000	3,9000

FIGURA 8 - Estatísticas Descritivas para Consumo Energético.

Foi selecionado, ainda, os gráficos de Boxplot para CO₂ e consumo energético, bem como histogramas dessas duas variáveis, ilustrando que há uma diferenciação nas variações lineares de cada categoria e sua amplitude um com relação à outra. Pode ser observado nas Figuras 9, 10, 11 e 12.

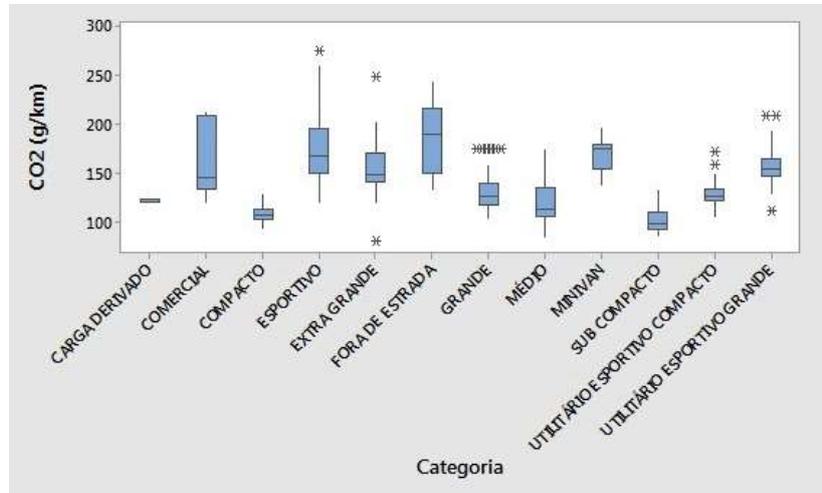


FIGURA 9 - Boxplot de CO₂.

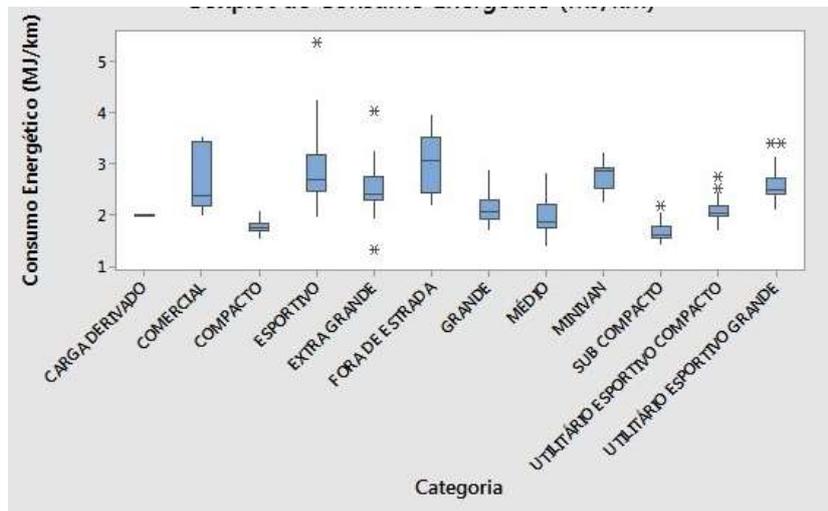


FIGURA 10 - Boxplot de consumo energético.

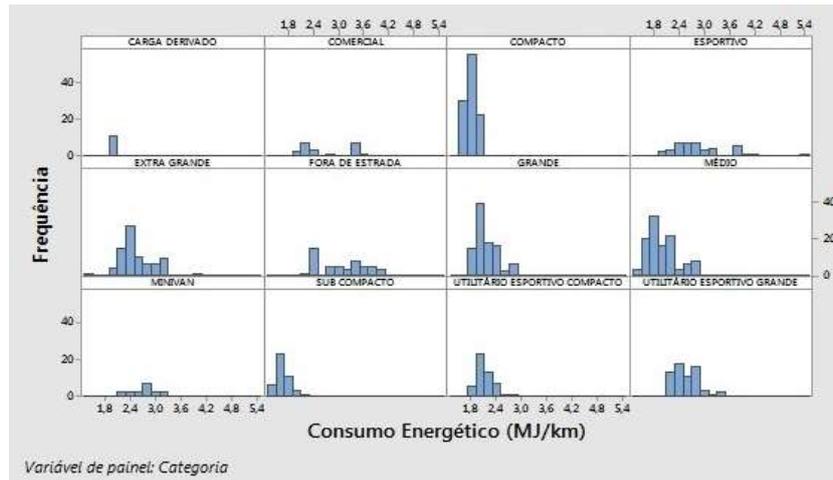


FIGURA 11 - Histograma de Consumo Energético e categorias.

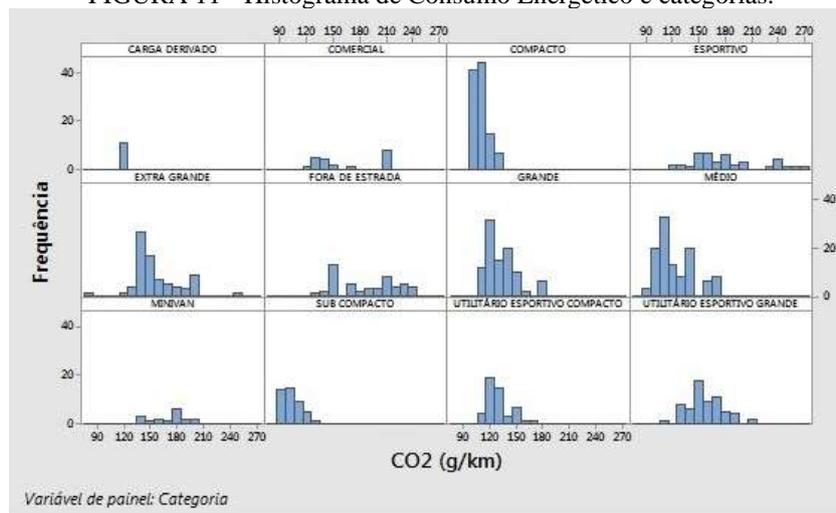


FIGURA 12 - Histograma de CO2 e categorias.

A seguir é utilizada a ferramenta ANOVA para teste de hipótese informada anteriormente, ilustrada na Figura 13 abaixo.

```

Hipótese nula          Todas as médias são iguais
Hipótese alternativa   No mínimo uma média é diferente
Nível de significância α = 0,05

Assumiu-se igualdade de variâncias para a análise

Informações dos Fatores

Fator      Níveis  Valores
Categoria  12      CARGA DERIVADO; COMERCIAL; COMPACTO; ESPORTIVO; EXTRA GRANDE; FORA DE
          ESTRADA; GRANDE; MÉDIO; MINIVAN; SUB COMPACTO; UTILITÁRIO ESPORTIVO
          COMPACTO; UTILITÁRIO ESPORTIVO GRANDE

Análise de Variância

Fonte      GL      SQ (Aj.)  QM (Aj.)  Valor F  Valor-P
Categoria  11      461721    41974,7   88,34    0,000
Erro       680     323091    475,1
Total     691     784812
    
```

FIGURA 13 - ANOVA para um fator categoria, variável CO2.

Analisando-se o resultado ao grau de liberdade 11, nível de significância de 5% e, por consequência, confiança de 95%, tem-se que existe diferença estatística significativa entre as médias das categorias, o que demonstra que veículos maiores e mais pesados tendem a poluir mais que os mais compactos. Ainda que os carros ditos populares sejam os compactos e médios, conforme tabela de consumo energético do PBE Veicular 2015 os que mantêm maiores quantidades de Selo CONPET e níveis mais altos da etiqueta ENCE, os veículos com menos eficiência energética tem diferença significativa, propondo que estes recebam tanta atenção quanto aqueles que tem maior saída no mercado.

O gráfico de intervalos entre a emissão de CO₂ e as categorias veiculares ilustram essas largas diferenças frente à variável resposta de emissão de gás estufa. É ilustrado pela Figura 14.

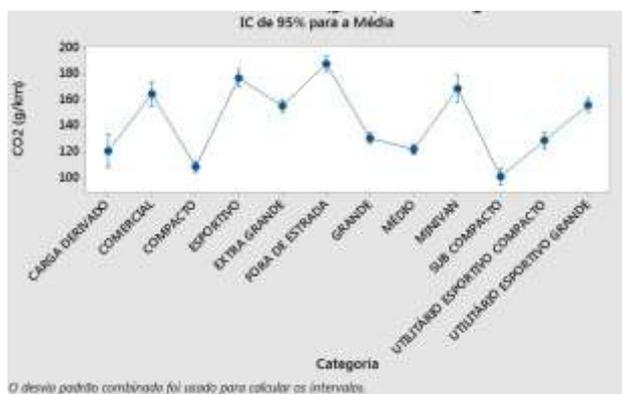


FIGURA 14 - Gráfico de intervalos CO₂ vs Categoria.

Por meio do software Minitab® foi observada a relação positiva entre o dióxido de carbono e o consumo energético veicular, evidenciando que um veículo que seja mais autônomo possibilitando menor consumo de combustível (gasolina no caso, pois o etanol por ser observado como renovável não entra na análise) em um maior trajeto, o que se relaciona à eficiência energética, por consequência de menor dispêndio da energia necessária.

Por meio da aplicação da ANOVA a diferença significativa entre as médias das categorias de veículos refutou a hipótese nula de que essas eram iguais.

5. Conclusão

Este estudo teve como objetivo explorar as relações das variáveis contínuas poluentes cobertos pelo programa PBE Veicular com o consumo energético de cada categoria de

veículo etiquetado em um ano de referência (2015).

As principais conclusões obtidas através da análise proposta foram: O a emissão de CO₂ apresenta uma forte correlação positiva (0.996) com o consumo energético, enquanto outros gases poluentes (NO_x, CO e NMHC) não apresentaram um padrão de dispersão visualmente perceptível. Relação entre autonomia do veículo e a quantidade de CO₂ emitida é inversamente proporcional, ou seja, a emissão do dióxido de carbono é proporcionalmente reduzida em automóveis que consomem menos combustível em maiores rodagens. Por fim observou-se diferença estatística significativa entre as médias das categorias, o que demonstra que veículos maiores e mais pesados tendem a poluir mais que os mais compactos.

Fica a partir desta análise, a reflexão sobre as oportunidades que a indústria e iniciativa privada como um todo junto às práticas de regulamento do governo, de promover a cultura da Eficiência Energética que cada vez mais está disseminada nos mais variados produtos, tão comumente observadas pelas pessoas nos eletrodomésticos, mas que hoje alcançam bens como edificações e automóveis.

Referências

AJANOVIC, A.; HAAS, R.; WIRL, F. Reducing CO₂ emissions of cars in the EU: analyzing the underlying mechanisms of standards, registration taxes and fuel taxes. **F. Energy Efficiency**, 2016. 9: 925. doi:10.1007/s12053-015-9397-4.

BARROS, B.; BORELLI, R.; GEDRA, R. L. **Eficiência Energética - Técnicas de Aproveitamento, Gestão de Recursos e Fundamentos**. Editora Érica, 2015.

COMPET. **Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular**. Disponível em: <<http://pbeveicular.petrobras.com.br/>> Acesso em: 29 de agosto de 2016.

Empresa de Pesquisas Energética, Ministério de Minas e Energia. **Balanco Energético Nacional 2015**. Disponível em <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2015.pdf>. Acesso em: 02 de setembro de 2016.

FEARNHEAD, P. PRANGLE, D. Constructing summary statistics for approximate Bayesian computation: semi-automatic approximate Bayesian computation. **J. R. Statist. Soc. B**, 2012. 74, Parte 3, páginas. 419–474.

KADIYALA, A.; KUMAR, A. Application of CART and Minitab Software to Identify Variables Affecting Indoor Concentration Levels. **Wiley InterScience**. Department of Civil Engineering, University of Toledo, Toledo, OH 43606. Publicado em 2 de junho de 2008.

REIS, L.; FADIGAS, E. A. A.; CARVALHO, C. E. **Energia, Recursos Naturais e a Prática do Desenvolvimento Sustentável**. 2. Ed. Editora Manole. São Paulo, 2012.

RIBEIRO, J. L. D.; CATEN, C. S. **Projeto de Experimentos**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011.

SANTOS, M. A. **Fontes de Energia Nova e Renovável**. 1. ed. Editora LTC. Rio de Janeiro, 2013.