A influência do estado de conservação dos automóveis na emissão de monóxido de carbono e hidrocarbonetos*

Edwan Fioravante♣
Elisete Dutra♠

Resumo

Um automóvel que apresente lataria amassada ou enferrujada, pintura queimada ou arranhada, pneus gastos ou escapamento que emite ruído pode ser um indicativo de que o proprietário não realiza as revisões conforme recomendações do fabricante. Para o Brasil, os resultados da inspeção veicular foram avaliados quanto às variáveis do automóvel que determinam o aspecto visual, a segurança e, a emissão de poluentes. Considerando os automóveis fabricados até 1988, pode-se afirmar que os automóveis reprovados emitem, em média, três vezes mais monóxido de carbono e quatro vezes mais hidrocarbonetos do que os automóveis aprovados (t-Student, $p=0,05$). Os estados de conservação da pintura, dos pneus e do escapamento estão significativamente associados com o resultado da inspeção veicular (Qui-quadrado, $p<0,05$). Segundo o modelo de regressão logística, pintura e escapamento em mau estado de conservação aumentam em duas vezes e em nove vezes, respectivamente, a probabilidade de que o automóvel seja reprovado. Os proprietários do sexo feminino tendem a manter a pintura e o escapamento dos automóveis com maior freqüência do que os proprietários do sexo masculino. Em relação aos pneus, um item de segurança do automóvel, o estado de conservação depende muito mais da renda do proprietário, pois é um produto considerado caro.

Palavras-chave: automóvel, proprietário, inspeção veicular, poluição veicular

---

* Trabajo presentado en el IV Congreso de la Asociación Latinoamericana de Población, realizado en La Habana, Cuba, del 16 al 19 de noviembre de 2010.

♣ Analista Ambiental da Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM e doutor em Demografia pelo Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional – CEDEPLAR da Faculdade de Ciências Econômicas – FACE da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. E-mail: edwan.fioravante@meioambiente.mg.gov.br.

♠ Analista Ambiental da FEAM e doutora em Engenharia Mecânica pelo Departamento de Engenharia Mecânica da UFMG. E-mail: elisete.gomides@meioambiente.mg.gov.br.

A influência do estado de conservação dos automóveis na emissão de monóxido de carbono e hidrocarbonetos*

Edwan Fernandes Fioravante♣
Elisete Gomides Dutra♠

1. Introdução

As emissões causadas por veículos automotores carregam diversas substâncias tóxicas que, em contato com o sistema respiratório, podem produzir vários efeitos negativos sobre a saúde. Os veículos automotores além de serem considerados os principais causadores da poluição atmosférica (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 2002) também exercem uma pressão no espaço urbano, devido à crescente necessidade de vias cada vez mais largas e rápidas. Um dos atuais desafios da gestão do espaço urbano consiste na melhora da mobilidade, preservando as áreas verdes e espaços de convívio, que ainda restam nos tecidos urbanos.

Embora a evolução tecnológica dos automóveis tenha contribuído para reduzir o nível de emissão de poluentes atmosféricos, é necessário que os proprietários mantenham esses automóveis em um bom estado de conservação; caso contrário o nível de emissão desses automóveis podem ser maiores do que o nível de emissão de automóveis mais antigos. No período de 2000 a 2007, embora a frota de automóveis de Belo Horizonte tenha aumentado em 37%, verificou-se uma redução de 26% no potencial de emissão de monóxido de carbono e de 22% no potencial de emissão de hidrocarbonetos, pois alguns automóveis mais antigos dessa frota foram substituídos por automóveis com menor fator de emissão (Fioravante, 2009).

Segundo dados do Departamento de Trânsito de Minas Gerais, a frota veicular de Belo Horizonte correspondia a 1.220.125 veículos, em 2009, sendo que grande parte dela era constituída de automóveis (70,8%) e motos (12,2%); as demais categorias: camioneta, caminhonete, caminhão, ônibus e outros correspondem a 3,5%, 6,8%, 2,4%, 0,6% e 3,7% respectivamente. Nesse cenário de crescimento de frota, tem-se também o crescimento das necessidades de soluções de mobilidade urbana, para que os congestionamentos de tráfego não sejam cada vez mais constantes. Enquanto essas soluções não se concretizam, observa-se

---

* Trabajo presentado en el IV Congreso de la Asociación Latinoamericana de Población, realizado en La Habana, Cuba, del 16 al 19 de noviembre de 2010.

♣ Analista Ambiental da Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM e doutor em Demografia pelo Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional – CEDEPLAR da Faculdade de Ciências Econômicas – FACE da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. E-mail: edwan.fioravante@meioambiente.mg.gov.br.

♠ Analista Ambiental da FEAM e doutora em Engenharia Mecânica pelo Departamento de Engenharia Mecânica da UFMG. E-mail: elisete.gomides@meioambiente.mg.gov.br.

um crescimento muito maior de motos (207%) e automóveis (70%) do que de veículos destinados ao transporte coletivo tais como os ônibus (23%), no período de 2000 a 2009.

A Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), juntamente com a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e a Prefeitura Municipal de Belo Horizonte (PBH), iniciou o projeto "Inspeção Veicular: Capacitação e Avaliação Inicial" em 2003, obtendo uma amostra representativa das emissões de monóxido de carbono e hidrocarbonetos por automóveis leves do ciclo Otto[1] da frota de Belo Horizonte. Para os veículos do ciclo Diesel[2], obteve-se uma amostra representativa apenas para a porcentagem de reprovação.

Durante o período de 2003 a 2005, para cada automóvel, foi realizada uma inspeção prévia da condição geral de manutenção, através dos itens: emissão de fumaça visível, funcionamento irregular do motor, avarias no cano de descarga, vazamentos aparentes. Para manter a integridade dos equipamentos de medição e a validade dos resultados, as medições das emissões de poluentes não foram realizadas se qualquer um dos itens da inspeção prévia estivesse presente. Nesses casos, os automóveis foram classificados como reprovados visualmente na inspeção de emissão veicular. Esse projeto apresenta um grande avanço, pois avalia, além das emissões dos automóveis, a condição sócio-econômica dos proprietários.

Dos 1.203 automóveis do ciclo Otto e dos 320 do ciclo Diesel que foram inspecionados, 39,2% e 87% deles foram reprovados, respectivamente (Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2005). A realização de revisões nos automóveis apresentou-se significativamente associada ao resultado da inspeção de emissão veicular, de forma que a reprovação visual é mais freqüente para os automóveis cujos proprietários não fazem a revisão do automóvel conforme recomendado pelo fabricante (Fioravante et al., 2006). É provável que o próprio aspecto visual desse automóvel seja um indicativo do resultado da inspeção de emissão veicular. Nesse artigo, serão avaliados quais componentes externos dos automóveis: pneu, pintura, lataria, farol, lanterna, retrovisor, pára-choques e escapamento constituem em um bom indicativo do estado de conservação do automóvel e, conseqüentemente, do resultado na inspeção de emissão veicular.

Fioravante, Souza & Dutra (2006), utilizando a técnica de Grade of Membership, identificou como um dos perfis característicos dos proprietários, aquele constituído por mulheres, com idade abaixo de 35 anos, nível de instrução superior, cujos automóveis com ano de fabricação entre 1992 e 2003 foram aprovados na inspeção de emissão veicular. Portanto, além da identificação de quais componentes contribuem para aprovação na inspeção de emissão veicular, nesse artigo, será verificada também a influência das variáveis sexo e renda do proprietário no bom estado de conservação dos componentes externos automóvel.

---

[1] Motores de ignição por faísca, onde a centelha dá início ao processo de combustão. Utilizam como combustível a gasolina, álcool, gás veicular ou uma combinação dos mesmos.

[2] Motores de combustão espontânea que é gerada por compressão do ar, aquecendo-o para injeção do combustível líquido, dando início, assim, ao processo de combustão.

2. Material e Métodos

A frota veicular foi agrupada por faixas de ano de fabricação: anterior a 1988, 1989 a 1991, 1992 a 1996, 1997 a 2003, 2004 a 2005. Essas faixas foram definidas em função dos prazos para atendimento aos limites máximos de emissão, que foram estabelecidos para os veículos novos pela Resolução Nº 18 de 1986 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (Brasil, 2006).

Dentre os 1.203 automóveis do ciclo Otto e dos 320 automóveis do ciclo Diesel, 957 condutores declararam ser proprietários. Dentre esses proprietários, 88,3% (845 deles) residem em Belo Horizonte, 2,6% residem a menos de dois quilômetros do limite municipal, 8,2% deles residem nos demais municípios que compõem a Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH)[3] e 0,9% em outros municípios do estado de Minas Gerais. Essa distância de dois quilômetros não inclui a sede dos demais municípios situados ao redor do município de Belo Horizonte. Durante a pesquisa de campo, observou-se que apesar de alguns proprietários residirem fora do município de Belo Horizonte, os automóveis estavam registrados em Belo Horizonte. O inverso também foi observado, proprietários residentes no município de Belo Horizonte possuíam automóveis registrados em outros municípios.

Como o objetivo principal é avaliar a associação entre resultado da inspeção das emissões de poluentes e as variáveis indicativas do estado de conservação dos automóveis que, por sua vez, dependem das características dos proprietários, tais como, sexo, idade, instrução e renda, será assumido que os proprietários residentes na RMBH apresentam características semelhantes aos proprietários residentes no município de Belo Horizonte e que o número de proprietários residentes fora da RMBH não é suficientemente grande para influenciar as distribuições percentuais.

Dentre os 957 proprietários, 885 deles possuíam automóvel do ciclo Otto, que emite monóxido de carbono e hidrocarbonetos, e 72 deles possuíam automóvel do ciclo Diesel, que emite fumaça, dentre outros poluentes. Para testar se as quantidades de gases de monóxido de carbono e hidrocarbonetos diferem-se significativamente entre os automóveis reprovados e aprovados na inspeção, comparou-se as médias dessas emissões, por faixa de ano de fabricação, entre os automóveis do ciclo Otto, através da estatística t-Student, ao nível de significância de 0,05 ($\alpha = 0,05$).

Dentre os 885 automóveis do ciclo Otto, para 8 deles não foi possível medir as emissões de monóxido de carbono e hidrocarbonetos devido a falhas no equipamento de medição, para 190 deles não foi realizada a medição devido à reprovação visual do automóvel, para 5 deles há somente o resultado da inspeção (reprovado ou aprovado), ou seja, não há registro da emissão. Dessa forma, nesse artigo, serão avaliadas as emissões de monóxido de carbono e hidrocarbonetos para 682 automóveis do ciclo Otto e os resultados da inspeção: 190 reprovações visuais, 202 reprovações por emissão e 485 aprovações, totalizando 877 automóveis.

Foi utilizado o teste Qui-quadrado (Conover, 1999) para avaliar a associação entre o resultado da inspeção de emissão veicular e as variáveis indicativas do estado de conservação do automóvel: pneu, lataria, pintura, farol, lanterna, retrovisor, pára-choques e escapamento

[3] 45% deles no município de Contagem.

referentes aos 877 automóveis, cujos condutores declararam ser proprietários dos mesmos. A associação entre resultado da inspeção de emissão veicular e cada variável indicativa do estado de conservação do automóvel foi considerada significativa se a estatística Qui-quadrado (χ^2) apresentasse probabilidade de significância menor que 0,05.

Para descrever o estado de conservação dos pneus, foi utilizada a estatística moda[4] das categorias do estado de conservação dos quatro pneus: 1) pneu bem gasto, 2) com desgaste desigual, 3) semi-novo ou 4) novo. Em relação à lataria, foram utilizadas as seguintes categorias: 1) amassada, enferrujada e corroída, 2) amassada e enferrujada, 3) amassada, 4) bom estado. A pintura apresenta quatro categorias: 1) queimada e arranhada, 2) queimada, 3) arranhada, 4) bom estado. Os estados de conservação do farol, lanterna e pára-choques foram classificados em duas categorias: 1) mau estado, 2) bom estado; ao passo que para o estado de conservação do retrovisor foram utilizadas três categorias: 1) falta de retrovisor, 2) retrovisor quebrado, 3) bom estado. O estado de conservação do escapamento também permitiu três categorias: 1) ruim 2) bom, 3) ótimo estado.

O modelo de regressão logística ordinal (Allison, 1999) foi utilizado para avaliar conjuntamente a importância dessas variáveis indicativas do estado de conservação do automóvel na determinação do resultado da inspeção de emissão veicular: reprovação visual, reprovação por emissão, aprovação. Esse modelo tem o pressuposto de regressões paralelas, ou seja, as razões de chances de ser aprovado na inspeção de emissão veicular em relação à chance de ser reprovado devem ser proporcionais às razões de chances de ser reprovado em relação à chance de ser reprovado na avaliação visual. O modelo apresentou probabilidade de significância menor que 0,001 para o teste da suposição de razões de chances proporcionais (Teste Score), ou seja, o pressuposto não pôde ser considerado válido. Portanto, as categorias reprovação visual e por emissão de gases ou opacidade foram agrupadas em uma única categoria, possibilitando a utilização do modelo de regressão logística binária, tendo como variável dependente o resultado da inspeção de emissão veicular (reprovação ou aprovação).

Nos modelos de regressão logística ordinal e binária, as categorias das variáveis independentes, indicativas do estado de conservação do automóvel, foram agrupadas em duas categorias[5]: 1) mau estado de conservação, 2) bom estado de conservação; com exceção da pintura que apresentou as seguintes categorias: 1) queimada e arranhada, 2) arranhada, 3) bom estado.

3. Resultados e Discussão

No item 3.1, serão apresentadas as estatísticas descritivas referentes à emissão de monóxido de carbono e hidrocarbonetos dos 682 automóveis que apresentaram medição de emissão desses poluentes. No item 3.2, serão apresentadas as análises da associação do estado de conservação de cada componente externo dos 877 automóveis com o resultado da inspeção

---

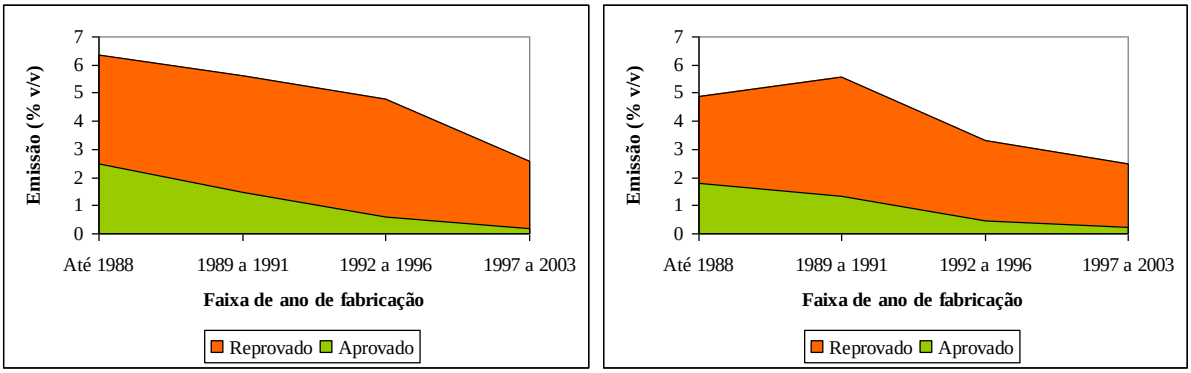
[4] Corresponde ao valor mais freqüente em um conjunto de observações.

[5] As duas primeiras categorias do estado de conservação dos pneus (bem gasto, desgaste desigual) foram agrupadas na categoria de mau estado de conservação; ao passo que, as duas últimas categorias (semi-novo, novo) foram agrupadas na categoria bom estado de conservação. A falta de retrovisor e retrovisor quebrado foram agrupados na categoria de mau estado de conservação. Os escapamentos classificados como bons ou ótimos foram classificados na categoria de bom estado de conservação.

de emissão veicular e do modelo de regressão logística binária para a avaliação conjunta da associação do estado de conservação dos componentes dos automóveis (pneu, lataria, pintura, farol, lanterna, retrovisor, pára-choques e escapamento) e os resultados da inspeção.

3.1 Emissão de monóxido de carbono e hidrocarbonetos

O poluente monóxido de carbono foi medido em porcentagem por volume de gás (% v/v) emitido pelo automóvel, através da sonda introduzida no escapamento de cada automóvel. Naturalmente, é esperada uma maior emissão de monóxido de carbono para os automóveis mais antigos e para a rotação do motor em marcha lenta. Entretanto, um fator importante é o estado de conservação do automóvel, conforme pode ser visualizado na FIG. 1.



a) Marcha lenta b) 2.500 rpm

Figura 1: Emissão média de monóxido de carbono em porcentagem de volume de gás (% v/v) que sai do escapamento, por faixa de ano de fabricação de automóveis do ciclo Otto, Belo Horizonte, 2005

Nota: os automóveis fabricados em 2004 ou em 2005 não apresentaram reprovação por emissão de monóxido de carbono, tanto em marcha lenta quanto a 2.500 rpm.

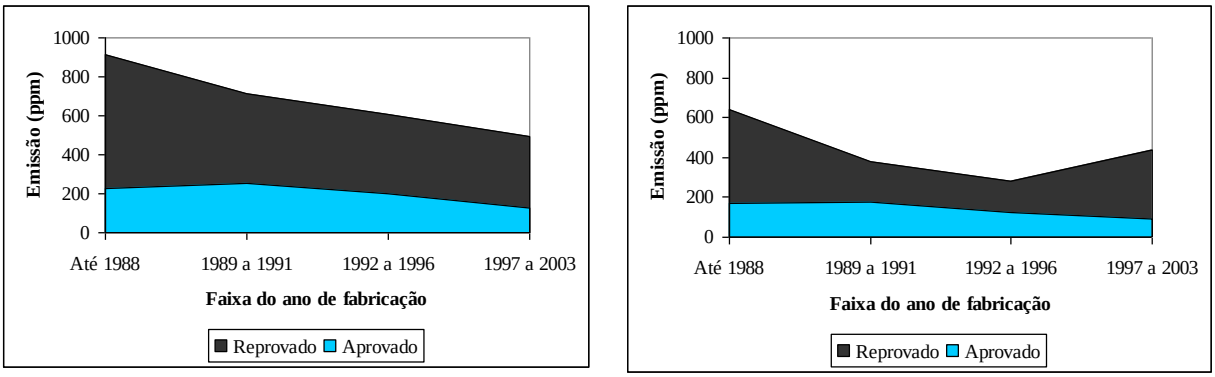
Os automóveis do ciclo Otto reprovados na inspeção de emissão veicular emitem muito mais monóxido de carbono do que os automóveis aprovados, tanto em marcha lenta quanto a 2500 rotações por minutos (rpm). Dentre os automóveis fabricados até 1998, os que foram reprovados emitem quase três vezes mais monóxido de carbono do que os automóveis aprovados. Os congestionamentos de tráfego contribuem bastante para emissão de monóxido de carbono, pois, as emissões em marcha lenta tendem a ser superiores, quanto comparadas com as emissões a 2.500 rpm.

A faixa de fabricação de 1989 a 1991 distingue-se das demais faixas, provavelmente por se tratar do início do programa de controle de poluição veicular, quando tornou obrigatória a alteração dos motores e demais componentes, na tentativa de reduzir a emissão dos automóveis novos, ao sair da fábrica.

A TAB. I, em anexo, apresenta a emissão média de monóxido de carbono dos automóveis por rotação do motor, faixa de ano de fabricação e resultado da inspeção de emissão veicular, bem como a estatística t-Student para comparar a emissão média dos automóveis aprovados com a emissão média dos automóveis reprovados, em cada faixa de ano de fabricação. Para os anos de fabricação até 2003, as emissões de monóxido de carbono dos automóveis reprovados na inspeção de emissão veicular são, em média, superiores às respectivas emissões dos automóveis aprovados na inspeção para todas as faixas de ano de

fabricação, tanto em marcha lenta, quanto a 2.500 rpm. De forma geral, pode-se dizer que para as faixas de ano de fabricação: até 1988, 1989 a 1991, 1992 a 1996 e 1997 a 2003, as emissões médias dos automóveis aprovados correspondem a três vezes, quatro vezes, sete vezes e dez vezes as emissões médias dos automóveis reprovados, respectivamente, em marcha lenta ou a 2.500 rpm.

A quantidade de hidrocarbonetos foi medida em partes por milhão (ppm) do gás emitido pelo automóvel, também através da sonda introduzida em cada escapamento. Como observado para a emissão de monóxido de carbono, há uma maior emissão de hidrocarbonetos, principalmente, pelos automóveis que foram reprovados em marcha lenta na inspeção de emissão veicular. Para os automóveis fabricados até 1988 e que foram reprovados, a emissão em marcha lenta é quatro vezes maior do que a emissão dos automóveis aprovados. A FIG.2 apresenta a emissão média de hidrocarbonetos, por faixa de ano de fabricação, dos automóveis reprovados e aprovados na inspeção de emissão veicular.



a) Marcha lenta

b) 2.500 rpm

Figura 2: Emissão média de hidrocarbonetos, em partes por milhão (ppm), por faixa de ano de fabricação de automóveis do ciclo Otto, Belo Horizonte, 2005

Nota: os automóveis fabricados em 2004 ou em 2005 não apresentaram reprovação por emissão de monóxido de carbono, tanto em marcha lenta quanto a 2.500 rpm.

Os automóveis do ciclo Otto reprovados na inspeção de emissão veicular emitem muito mais hidrocarbonetos do que os automóveis aprovados, tanto em marcha lenta quanto a 2500 rotações por minutos (rpm). Dentre os automóveis fabricados até 1998, os que foram reprovados emitem quase quatro vezes mais hidrocarbonetos do que os automóveis aprovados.

A TAB. II, em anexo, apresenta a emissão média de hidrocarbonetos dos automóveis por rotação do motor, faixa de ano de fabricação e resultado da inspeção de emissão veicular, bem como a estatística t-Student para comparar a emissão média dos automóveis aprovados com a emissão média dos automóveis reprovados, em cada faixa de ano de fabricação. Para os anos de fabricação até 2003, as emissões de hidrocarbonetos dos automóveis reprovados na inspeção de emissão veicular são, em média, superiores às respectivas emissões dos automóveis aprovados na inspeção para todas as faixas de ano de fabricação, tanto em marcha lenta, quanto a 2.500 rpm. De forma geral, pode-se dizer que para as faixas de ano de fabricação: até 1988, 1989 a 1991, 1992 a 1996 e 1997 a 2003, as emissões médias dos automóveis aprovados correspondem a quatro vezes, duas vezes, duas vezes e quatro vezes as emissões médias dos automóveis reprovados, respectivamente.

A evolução tecnológica dos automóveis tem permitido a redução da emissão de poluentes para a atmosfera, principalmente para o monóxido de carbono, mas ela depende também do estado de conservação do automóvel. Por essa razão, para um automóvel cujos componentes externos apresentem um mau estado de conservação, é provável que o mesmo esteja emitindo poluentes acima do permitido, restando selecionar quais desses componentes estão mais associados com a reprovação na inspeção de emissão veicular.

3.2 Estado de conservação dos automóveis e resultado da inspeção de emissão veicular

O estado de conservação do automóvel do ciclo Otto foi avaliado com base no estado de conservação dos seguintes componentes: pneu, lataria, pintura, farol, lanterna, retrovisor, pára-choques e escapamento.

Dentre os 877 automóveis avaliados, observou-se que os estados de conservação dos pneus dianteiros apresentam um alto coeficiente de correlação (0,97) entre eles. Quando se compara o estado de conservação de cada pneu dianteiro com cada pneu traseiro, o coeficiente de correlação reduz a 0,67. Essa observação deve-se, em parte, ao fato de que o sistema de tração está situado na parte dianteira dos automóveis e ao sistema de rodízios de pneus a cada cinco mil quilômetros, que traz o par de pneus traseiros para a parte dianteira do automóvel.

Observou-se que 64,2% dos automóveis apresentaram pneus semi-novos, ou seja, os pneus tinham frisos com boa profundidade, mas não apresentavam todas as características de um pneu novo. As proporções de pneus novos, com desgaste desigual e bem gastos corresponderam a 13,7%, 10,8% e 11,3%, respectivamente.

Grande parte dos automóveis (93,7%) apresentava lataria em bom estado de conservação. Os demais estados de conservação: amassada, enferrujada e corroída; amassada e enferrujada; enferrujada; amassada corresponderam: a 0,5%; 0,7%; 1,1%; 4,0%, respectivamente.

Quanto à pintura, também a maioria (81%) apresentava um bom estado de conservação. Os demais estados de conservação identificados em campo foram: pintura queimada e arranhada, pintura queimada, pintura arranhada com as seguintes freqüências: 3,4%, 6,2%, 9,4%, respectivamente.

Os demais componentes do automóvel: farol, lanterna, retrovisor e pára-choques estavam em bom estado de conservação na maioria dos automóveis: 99,4%, 95,8%, 98,3% e 91,7%, respectivamente. Esses componentes juntamente com os pneus e freios são importantes para que o automóvel trafegue com segurança; entretanto, não havia, durante a pesquisa de campo, condição de analisar o estado de conservação do sistema de freio de cada automóvel.

Em relação ao componente escapamento, grande parte (65,7%) apresentava bom estado de conservação, 17,3% deles apresentavam estado de conservação ótimo e 17% apresentavam estado de conservação ruim.

Na TAB. 1, estão apresentadas as porcentagens de automóveis para cada estado de conservação dos componentes dos mesmos em função do resultado da inspeção de emissão veicular por emissão de poluentes: reprovação visual, reprovação por emissão, aprovação, bem como a probabilidade de significância para o teste Qui-quadrado para avaliar a

associação entre o estado de conservação dos componentes externos do automóvel e o resultado da inspeção.

Tabela 1: Total de automóveis para cada estado de conservação dos componentes do automóvel e respectiva porcentagem em função do resultado da inspeção de emissão veicular, Belo Horizonte, 2005

Componente	Conservação	Total de automóveis	Reprovação visual	Reprovação por emissão	Aprovação
Pneu	Geral	877	21,7%	23,0%	55,3%
p*<0,001	Bem gasto	99	43,4%	20,2%	36,4%
	Desgaste desigual	95	33,7%	31,6%	34,7%
	Semi-novo	563	17,8%	22,4%	59,8%
	Novo	120	12,5%	21,7%	65,8%
Lataria[1]	Geral	877	21,7%	23,0%	55,3%
p*<0,001	Mau estado	55	56,4%	20,0%	23,6%
	Bom estado	822	19,3%	23,3%	57,4%
Pintura	Geral	877	21,7%	23,0%	55,3%
p*<0,001	Queimada e arranhada	30	70,0%	20,0%	10,0%
	Queimada	54	40,8%	33,3%	25,9%
	Arranhada	83	30,1%	22,9%	47,0%
	Bom estado	710	17,2%	22,4%	60,4%
Farol[2]	Geral	877	21,7%	23,0%	55,3%
p*=0,018	Mau estado	5	60,0%	40,0%	0%
	Bom estado	872	21,5%	22,9%	55,6%
Lanterna	Geral	877	21,7%	23,0%	55,3%
p*<0,001	Mau estado	37	51,4%	21,6%	27,0%
	Bom estado	840	20,4%	23,1%	56,5%
Retrovisor[1,2]	Geral	877	21,7%	23,0%	55,3%
p*=0,120	Mau estado	15	46,7%	20,0%	33,3%
	Bom estado	862	21,2%	23,1%	55,7%
Pára-choque	Geral	877	21,7%	23,0%	55,3%
p*<0,001	Mau estado	73	49,3%	24,7%	26,0%
	Bom estado	804	19,2%	22,9%	58,0%
Escapamento	Geral	877	21,7%	23,0%	55,3%
p*<0,001	Ruim	149	80,5%	6,1%	13,4%
	Bom	576	11,3%	30,6%	58,2%
	Ótimo	152	3,3%	11,2%	85,5%

Nota: a probabilidade de significância (p*) refere-se ao teste Qui-quadrado para avaliar a associação entre o estado de conservação de cada componente e o resultado da inspeção de emissão veicular.
1) As categorias do estado de conservação foram agrupadas devido à ocorrência de células com valores esperados menores que cinco.
2) Foi utilizado o teste exato de Fisher, devido à ocorrência de valores esperados menores que cinco mesmo após ter agrupado as categorias reprovação visual e reprovação por emissão em uma única categoria.

Independente do estado de conservação de cada componente, a proporção de automóveis do ciclo Otto reprovados na inspeção visual, reprovados por emissão e aprovados correspondem a 21,7%, 23,0% e 55,3%, respectivamente, que estão apresentadas no estado de conservação geral de cada componente. Dentre os 877 automóveis, 55,3% deles foram aprovados; ao passo que, dentre os 120 automóveis cujos pneus apresentam estado de conservação novo, a proporção de automóveis aprovados é maior (65,8%).

Dentre os 877 automóveis, 23% deles foram reprovados por emissão; ao passo que, dentre 95 automóveis cujos pneus apresentam desgaste desigual, a proporção de automóveis reprovados por emissão é maior (31,6%). Essas comparações indicam uma provável associação entre o estado de conservação dos pneus e o resultado da inspeção de emissão veicular. Com base no teste Qui-quadrado, pode-se afirmar, com pelo menos 99,9% de confiança, que a associação entre o estado de conservação dos pneus e o resultado da inspeção de emissão veicular é significativa, pois a probabilidade de significância é menor que 0,001.

O estado de conservação da lataria também está significativamente associado ao resultado da inspeção de emissão veicular ($p^* < 0{,}001$), de forma que os automóveis com lataria em mau estado de conservação tendem mais frequentemente à reprovação visual. O estado de conservação da pintura também está significativamente associado ao resultado da inspeção de emissão veicular ($p^* < 0{,}001$), de forma que os automóveis com pintura queimada tendem mais frequentemente à reprovação por emissão (33,3%) e à reprovação visual (40,8%); ao passo que, os automóveis com pintura queimada e arranhada tendem mais frequentemente à reprovação visual (70%), lembrando que, independente do estado de conservação da pintura, a proporção de automóveis com reprovação visual corresponde a apenas 21,7%.

Para os componentes farol e retrovisor, as probabilidades de significância foram obtidas através do teste exato de Fisher devido à ocorrência de valores esperados menores que cinco, mesmo após ter agrupado as categorias reprovação visual e reprovação por emissão em uma única categoria. O estado de conservação do farol apresenta-se significativamente associado ao resultado da inspeção de emissão veicular ($p^* = 0{,}018$); ao passo que o estado de conservação do retrovisor não apresenta associação significativa, pois a probabilidade de significância é maior que 0,05.

Os estados de conservação da lanterna e pára-choques apresentaram-se significativamente associados ao resultado da inspeção de emissão veicular ($p^* < 0{,}05$), de forma que os automóveis com mau estado de conservação desses componentes tendem mais freqüentemente a serem reprovados na inspeção visual; lembrando que, nessa inspeção visual, o automóvel foi reprovado devido a pelo menos um dos seguintes itens: emissão de fumaça visível, funcionamento irregular do motor, avarias no cano de descarga, vazamentos aparentes.

Como ocorrido para os pneus, observa-se que, dentre os automóveis com escapamento em ótimo estado de conservação, a proporção de automóveis aprovados (85,5%) é bem superior à proporção geral (55,3%), que foi calculada sem considerar o estado de conservação dos componentes.

O estado de conservação dos pneus mostrou-se significativamente associado a algumas características do proprietário, dentre elas o nível de instrução do proprietário ($p^* = 0{,}038$) e a renda do mesmo ($p^* < 0{,}001$); mas não apresentam associação com o sexo do

proprietário (p*=0,053). Os proprietários com renda inferior a um mil reais[6] tendem a possuir automóveis cujos pneus estão bem gastos; ao passo que, os proprietários com renda superior a quatro mil reais tendem a possuir automóveis com pneus novos. Como a probabilidade de significância para renda do proprietário é bem menor da que foi obtida para o nível de instrução do proprietário, acredita-se que o estado de conservação dos pneus dependa muito mais da condição financeira do proprietário.

Em relação à pintura, observou-se que o estado de conservação apresenta uma associação significativa com o sexo (p*=0,023), nível de instrução (p*=0,001) e a renda do proprietário (p*=0,005). Pode-se concluir que os proprietários de renda inferior a um mil reais e nível de instrução correspondente ao 1º grau tendem a possuir automóveis com pintura queimada ou arranhada. Os proprietários do sexo feminino possuem, com menor freqüência, automóveis com pintura queimada ou arranhada.

O estado de conservação do escapamento também se mostrou associado significativamente ao sexo (p*<0,001), nível de instrução (p*=0,001) e a renda (p*<0,001) do proprietário. Os proprietários de renda inferior a um mil reais tendem a possuir automóveis com escapamento em estado de conservação ruim; ao passo que, os proprietários com nível de instrução superior e do sexo feminino tendem a possuir automóveis com escapamento em ótimo estado de conservação.

Para avaliar a associação conjunta do estado de conservação dos componentes externos do automóvel com o resultado da inspeção de emissão veicular, será utilizado o modelo de regressão logística binária. Dentre esse componentes, a variável pintura apresenta três categorias: queimada e arranhada, arranhada, bom estado; enquanto que os estados de conservação das demais variáveis receberam codificação binária (mau ou bom estado de conservação).

O modelo não apresentou um bom ajuste, segundo o teste de Hosmer e Lemeshow (χ^2= 2,88, p*= 0,577); cuja proporção de resultados preditos corretamente por esse modelo foi de 71,5%. Os R^2 de Cox & Snell e de Nagelkerke corresponderam a 0,20 e 0,27, respectivamente. Embora o modelo não seja indicado para predição, ele confirma as principais conclusões obtidas anteriormente, através da análise de associação de cada variável com o resultado da inspeção de emissão veicular.

A TAB. 2 apresenta as razões de chance dos automóveis serem aprovados em função do estado de conservação dos componentes dos mesmos, que foram obtidas através dos coeficientes estimados do modelo de regressão logística binária.

[6] Em julho de 2003, 1 dólar correspondia a 2,97 reais. Em julho de 2006, 1 dólar passou a corresponder a 2,18 reais (Banco Central do Brasil, 2006).

Tabela 2: Razão de chances do automóvel do ciclo Otto ser aprovado na inspeção de emissão veicular em função do estado de conservação dos componentes relacionados ao aspecto visual, Belo Horizonte, 2005

Componente	Razão	Probabilidade de significância
Pneu	1,94	0,000
Lataria	1,25	0,600
Pintura		
Arranhada	4,22	0,000
Bom estado	4,37	0,000
Farol	1,00	1,000
Lanterna	1,87	0,160
Retrovisor	1,71	0,410
Pára-choques	1,59	0,200
Escapamento	9,51	0,000

Nota: com exceção da pintura, os demais componentes têm como referência o mau estado de conservação.

A razão de chances do componente pneu corresponde a 1,94, significando que os automóveis com pneus novos ou semi-novos tem 94% a mais de chance de serem aprovados na inspeção de emissão veicular de emissão, em relação aos automóveis que possuem pneus bem gastos ou com desgaste desigual. Isso não quer dizer que basta apenas trocar os pneus do automóvel para que ele seja aprovado na inspeção de emissão veicular, mas sim que a falta de conservação dos pneus representa uma falta de conservação do automóvel como um todo.

Pode-se observar que o estado de conservação da lataria deixou de apresentar associação significativa com o resultado da inspeção de emissão veicular, pois a probabilidade de significância é maior que 0,05. Um automóvel com pintura arranhada tem 322% a mais de chance de apresentar um resultado de aprovação na inspeção de emissão veicular do que os automóveis que apresentam a pintura queimada e arranhada. Da mesma forma, os automóveis com pintura em bom estado de conservação têm 337% a mais de chance de apresentar um resultado de aprovação.

Os estados de conservação dos componentes: farol, lanterna, retrovisor e pára-choques não apresentaram associação significativa com o resultado da inspeção de emissão veicular, pois as respectivas probabilidades de significância são maiores que 0,05.

O escapamento foi o que apresentou maior associação com o resultado da inspeção de emissão veicular, porque o mau estado de conservação desse componente ocasionava a reprovação visual do automóvel. Um automóvel com escapamento em bom ou ótimo estado de conservação tem 851% a mais de chance de apresentar resultado de aprovação na inspeção de emissão veicular do que um automóvel com escapamento em mau estado de conservação.

Ao introduzir o ano de fabricação no modelo de regressão logística, não houve melhor no ajuste do mesmo, sendo que a proporção de resultados preditos corretamente por esse modelo aumentou de 71,5% para 77,9%. Ao introduzir também as variáveis relacionadas a características sócio-econômicas do proprietário e à realização de revisões do automóvel

conforme recomendado pelo fabricante, também não houve melhora no ajuste do modelo e a proporção de resultados preditos corretamente aumentou apenas para 78,7%.

4. Conclusão

As emissões médias de monóxido de carbono e hidrocarbonetos por faixa de ano de fabricação dos automóveis foram comparadas com os resultados da inspeção de emissão veicular, ou seja, entre os automóveis reprovados e aprovados. Essa comparação permitiu verificar que o estado de conservação do automóvel é um fator primordial para o controle da emissão de poluentes, pois a falta de conservação anula as reduções obtidas para essas emissões através dos avanços tecnológicos implementados pelos fabricantes de automóveis. Portanto, muito mais preocupante do que o ano de fabricação do automóvel é o estado de conservação do mesmo.

O estado de conservação dos pneus, lataria e escapamento apresentaram-se como os principais componentes externos dos automóveis associados ao resultado da inspeção de emissão veicular. Com exceção do escapamento, os demais componentes não influem diretamente na medição da emissão de gases poluentes durante a inspeção de emissão veicular, mas traduzem de forma geral como está o estado de conservação do automóvel. Automóveis com pneus gastos, pintura queimada e escapamento ruim apresentam uma maior probabilidade de estarem em mau estado de conservação e, conseqüentemente, de serem reprovados na inspeção de emissão veicular devido à emissão de monóxido de carbono e hidrocarbonetos ou na inspeção visual devido a pelo menos um dos seguintes itens: emissão de fumaça visível, funcionamento irregular do motor, avarias no cano de descarga, vazamentos aparentes.

Verificou-se que há uma tendência de que os proprietários do sexo feminino preservem mais a lataria e o escapamento dos automóveis do que os proprietários do sexo masculino; entretanto, para os pneus têm mais importância a renda mensal do proprietário. Os proprietários com renda inferior a um mil reais tendem a possuir automóveis com pneus bem gastos; ao passo que aqueles com renda superior a quatro mil reais tendem a possuir automóveis com pneus novos. Como o pneu é considerado um componente caro no Brasil, é razoável que o estado de conservação do pneu esteja mais associado à renda do que com o sexo ou nível de instrução do proprietário.

Essa tendência dos proprietários do sexo feminino possuírem automóveis mais conservados pode ser explicada, em parte, pelo fato de que elas também tendem a possuir automóvel fabricado entre 1992 e 2003, ou seja, automóveis mais novos, conforme observado por Fioravante, Souza & Dutra (2006). Outra explicação plausível é que elas fazem manutenção regular dos automóveis para que não seja necessária a realização de consertos ou reparos imprevistos nas vias de tráfego.

Como as emissões de monóxido de carbono e de hidrocarbonetos dos automóveis reprovados são bastante superiores às emissões dos automóveis aprovados, principalmente em marcha lenta, que é a marcha usual nos congestionamentos do tráfego urbano, é aconselhável a implantação do programa de conscientização dos proprietários de automóveis, principalmente, nas grandes cidades. Embora as revisões recomendadas pelo fabricante

possam parecer um custo desnecessário para os proprietários, deve-se conscientizá-los de que essas altas emissões representam combustível que não foi adequadamente utilizado pelo motor, gerando assim perdas de combustível e, conseqüentemente, de dinheiro, resultando em maior impacto ambiental.

Referências Bibliográficas

ALLISON, P. D. Logistic regression using the SAS© system: theory and application. Cary, N.C.: SAS Institute, 1999. 288 p.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. Taxa de câmbio. Disponível em <http://www5.bcb.gov.br/?TAXACAMBIO>. Acesso em: 31 jul. 2006.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA Nº 18, de 6 de maio de 1986. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res1886.html>. Acesso em : 11 jul. 2006.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Emissão veicular. Ar. Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/emissoes/introducao.asp>. Acesso em: 30 dez. 2002.

CONOVER,W. J. Pratical noparametric statistics. New York:John Wiley & Sons,1999. 584 p.

FIORAVANTE, E. F. **Projeção de domicílios por modelo multi-estado e aplicação para previsão da frota de automóveis em Belo Horizonte**. Tese (Doutorado) – Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional, Faculdade de Ciencias Econômicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

FIORAVANTE, E. F.; CARVALHO, J. A .M.; DUTRA, E. G.; ANDRADE, R. M.; CÉZAR JÚNIOR, A.; AMORIM, F. A. Proprietários de automóveis em Belo Horizonte e meio ambiente: uma análise preliminar. In: CONGRESO DE LA ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE POBLACIÓN, 2., 2006, Guadalajara, México. **La demografía latinoamericana del siglo XXI**: desafíos, oportunidades y prioridades. México: ALAP, 2006. 1 CD-ROM.

FIORAVANTE, E. F.; SOUZA, L. M.; DUTRA, E. G. Perfis dos proprietários de veículos automotores. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 15., 2006, Caxambu. **Anais...** Campinas: ABEP, 2006. 1 CD-ROM.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Projeto inspeção veicular**: capacitação e avaliação inicial. Belo Horizonte: 2005.

ANEXO

Tabela I: Teste t-Student das emissões médias de monóxido de carbono (porcentagem volumétrica) dos 682 automóveis do ciclo Otto por resultado da inspeção de emissão veicular, em cada faixa de ano de fabricação e rotação do motor, Belo Horizonte, 2005

Rotação do motor	Ano de fabricação	Resultado da inspeção	Número de automóveis	Média	Desvio-padrão	t-Student
Marcha lenta	Até 1988	Aprovado	48	2,51	1,66	-8,84*
		Reprovado	60	6,34	2,80	
	1989 a 1991	Aprovado	12	1,46	1,32	-7,22*
		Reprovado	45	5,61	2,87	
	1992 a 1996	Aprovado	141	0,59	0,75	-12,57*
		Reprovado	72	4,80	2,79	
	1997 a 2003	Aprovado	264	0,18	0,24	-4,47*
		Reprovado	25	2,58	2,68	
	2004 a 2005	Aprovado	15	0,003	0,006	..
2.500 rpm	Até 1988	Aprovado	48	1,80	1,42	-7,86*
		Reprovado	60	4,87	2,58	
	1989 a 1991	Aprovado	12	1,32	1,06	-9,69*
		Reprovado	45	5,56	2,09	
	1992 a 1996	Aprovado	141	0,48	0,58	-9,17*
		Reprovado	72	3,32	2,60	
	1997 a 2003	Aprovado	264	0,24	0,27	-4,44*
		Reprovado	25	2,48	2,52	
	2004 a 2005	Aprovado	15	0,008	0,017	..

Nota: os automóveis fabricados em 2004 e 2005 não foram reprovados por emissão de monóxido de carbono; para o teste de médias, foi assumido que as variâncias por resultado da inspeção veicular não são iguais; o símbolo * em cada estatística t-Student indica que, ao nível de significância de 0,05, a diferença entre as médias das emissões por resultado da inspeção pode ser considerada significativa; para a faixa de ano de fabricação de 1992 a 1996, foi também realizado o teste não-paramétrico Mann-Whiteny, que também indicou que há diferença significativa entre as emissões, tanto em marcha lenta, quanto a 2.500 rpm.

Tabela II: Teste t-Student das emissões médias de hidrocarbonetos (partes por milhão) dos 682 automóveis do ciclo Otto por resultado da inspeção de emissão veicular, em cada faixa de ano de fabricação e rotação do motor, Belo Horizonte, 2005

Rotação do motor	Ano de fabricação	Resultado da inspeção	Número de automóveis	Média	Desvio-padrão	t-Student
Marcha lenta	Até 1988	Aprovado	48	229,23	128,04	-6,54*
		Reprovado	60	915,23	799,34	
	1989 a 1991	Aprovado	12	256,50	209,52	-4,24*
		Reprovado	45	712,67	596,19	
	1992 a 1996	Aprovado	141	201,47	138,29	-6,56*
		Reprovado	72	609,68	518,66	
	1997 a 2003	Aprovado	264	128,30	97,61	-3,11*
		Reprovado	25	491,52	583,46	
	2004 a 2005	Aprovado	15	87,47	50,96	..
2.500 rpm	Até 1988	Aprovado	48	171,69	116,16	-3,56*
		Reprovado	60	642,72	1016,92	
	1989 a 1991	Aprovado	12	173,92	119,67	-3,87*
		Reprovado	45	382,24	277,56	
	1992 a 1996	Aprovado	141	120,97	101,76	-5,38*
		Reprovado	72	284,17	246,80	
	1997 a 2003	Aprovado	264	93,58	61,94	-2,22*
		Reprovado	25	438,76	776,76	
	2004 a 2005	Aprovado	15	90,13	54,84	..

Nota: os automóveis fabricados em 2004 e 2005 não foram reprovados por emissão de hidrocarbonetos; para o teste de médias, foi assumido que as variâncias por resultado da inspeção veicular não são iguais; o símbolo * em cada estatística t-Student indica que, ao nível de significância de 0,05, a diferença entre as médias das emissões por resultado da inspeção pode ser considerada significativa; para a faixa de ano de fabricação de 1992 a 1996, foi também realizado o teste não-paramétrico Mann-Whiteny, que também indicou que há diferença significativa entre as emissões, tanto em marcha lenta, quanto a 2.500 rpm.