

QUALIDADE DO AR

INVENTÁRIO DAS EMISSÕES VEICULARES GERADAS NO TRASLADO DA COMUNIDADE UNIVERSITÁRIA PARA O CAMPUS DA UNIFAL-MG EM POÇOS DE CALDAS-MG

Ingrid Jale da Silva Sales – ingrid.jale@gmail.com
Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL-MG

Raíra Chefer Apolinario – raira929@gmail.com
Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL-MG.

Armando Ferreira Maciel – armandofmaciel@gmail.com
Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL-MG

Camilla Mendonça Tonelli – tonellimcamilla@gmail.com
Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL-MG

Claudio Antônio de Andrade Lima– claudio@unifal-mg.edu.br
Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL-MG

Homero Alfredo da Costa Júnior – homerojunior1993@gmail.com
Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL-MG

João Vitor Rodrigues de Souza – jsouza.rois@gmail.com
Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL-MG

Resumo: Este trabalho inventariou as emissões veiculares geradas no traslado da comunidade universitária do centro da cidade para o *campus* de Poços de Caldas da UNIFAL-MG. Os resultados foram agrupados por segmento de usuários do transporte e categorias de veículos o que possibilitou estabelecer diretrizes para a mitigação e neutralização das emissões geradas. Utilizou-se dos registros de controle de acesso ao *campus* e de métodos estatísticos com aplicação de questionário especificamente elaborado para caracterização deste traslado. Estimou-se a carga poluidora gerada diariamente pelo transporte através de fatores de emissão obtidos por levantamento bibliográfico. O inventário contemplou as emissões de poluentes veiculares geradas nas categorias de transporte por ônibus, vans e veículos de passeio e pelos segmentos da comunidade universitária, alunos, professores e técnicos. Como resultados obteve-se diversos indicadores ambientais do Tipo PER (Pressão-Estado-Resposta) que podem contribuir na conscientização da comunidade universitária e subsidiar políticas e programas institucionais que visem melhor desempenho ambiental no transporte universitário.

Palavras-chave: Qualidade do ar, Poluição do ar, Emissões veiculares.

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

O setor de transportes é considerado um dos maiores agravadores da poluição do ar. Segundo dados do Departamento Nacional de Trânsito – DENATRAN (2015), o Brasil, durante ao longo dos anos de 2002 e 2015, teve uma evolução na sua frota veicular de 23.036.041 para 48.755.005 automóveis. Na cidade de Poços de Caldas, em Minas Gerais, local de estudo do presente trabalho, a frota de carros evoluiu de 32.184 em 2002 para 63.330 em 2015 (DENATRAN, 2015), sem considerar a significativa frota veicular da população flutuante da cidade, uma vez que a mesma atrai muitos turistas e estudantes de outros municípios.

O crescimento econômico ocorrido na última década (SEGALLA & PEREZ, 2012) aumentou significativamente as emissões de gases poluentes. Embora realizadas algumas medidas preventivas e compensativas, é necessário quantificar essas emissões devido à interferência dessas nas condições de vida do homem e no meio ambiente.

Como a emissão de gases poluentes se origina principalmente devido ao processo de combustão incompleta, padrões ambientais progressivos e a inspeção veicular revestem-se de importância pois induzem o avanço tecnológico. O Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE) foi criado com o intuito de definir os primeiros limites de emissão dos poluentes e contribuir para o atendimento aos Padrões de Qualidade do Ar (MMA, s.d.).

Para o PROCONVE os principais poluentes veiculares são monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NOx), hidrocarbonetos (HC), material particulado (MP), aldeídos (CHO), óxidos de enxofre (SOx) e compostos de chumbo (Pb). O dióxido de carbono (CO₂) mesmo considerado de baixa toxicidade é priorizado por compor os gases de efeito estufa (GEEs).

Neste contexto, o presente trabalho reporta os resultados do inventário das emissões de gases poluentes veiculares gerados pela comunidade universitária no traslado do centro da cidade até o *campus* de Poços de Caldas da UNIFAL-MG, possibilitando a geração de indicadores de desempenho ambiental para as opções de transporte disponibilizadas aos segmentos docente, discente, técnicos administrativos e terceirizados.

2. METODOLOGIA

O presente trabalho definiu como área de estudo o *campus* Avançado de Poços de Caldas da Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG), localizado na Rodovia José Aurélio Vilela, BR 267, Km 533, 11999 - Cidade Universitária - Poços de Caldas/MG, com coordenadas geográficas: latitude 21°49'12.00"S e longitude 46°39'44.67"O, ocupando uma área de aproximadamente 500.000 m², em destaque na imagem de satélite apresentada na Figura 1.



Figura 1 – Vista por satélite da Cidade Universitária Poços de Caldas – MG.

Fonte: Google Earth.

Embasados no levantamento teórico dos fatores de emissão por quilômetro rodado, buscou-se padronizar a quantificação das emissões geradas pela comunidade universitária no trajeto comum Centro – Cidade Universitária, como apresentado na Figura 2, com distância equivalente de 15 km.

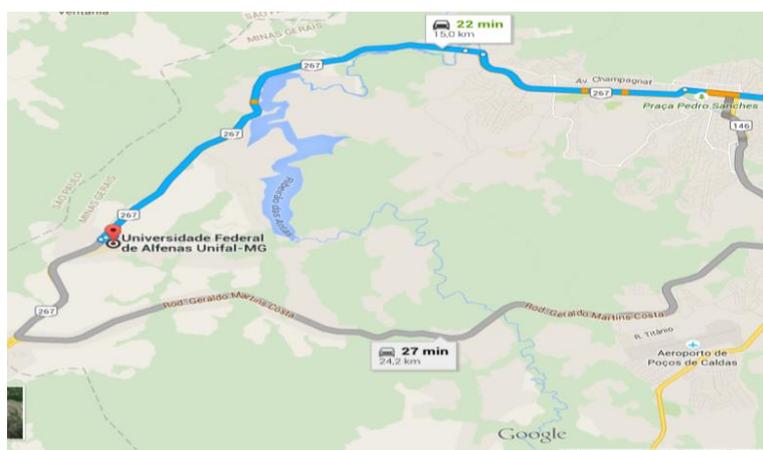


Figura 2 – Trajeto de 15 km Centro / Cidade Universitária.

Fonte: Google Maps.

Como primeira ação do inventário realizou-se um levantamento exploratório no *campus*, aplicando 20 questionários piloto com o intuito de obter uma caracterização inicial do transporte ouvindo os motoristas de veículos que circulam no local. O questionário foi aplicado na portaria, na qual houve a presença de colaboradores externos, que ficaram responsáveis por anotar todos os veículos que entravam no *campus* diariamente. O questionário utilizado é apresentado na Figura 3.

QUESTIONÁRIO

() Aluno () Professor () Técnico () Funcionário
Terceirizado

1) Combustível mais utilizado:
 Gasolina
 Alcool
 Gás Natural
 Diesel

2) Quilômetros rodados por dia (ida e volta): _____

3) Número médio de passageiros : _____

4) Modelo e Ano do veículo: _____

Figura 3 – Questionário utilizado na caracterização do transporte.

Desse modo, distribuíram-se os questionários, segundo os Processos de Amostragem Estratificada, nas categorias aluno, professor, técnico e terceirizado. Tal divisão foi feita analisando-se o perfil de cada grupo no uso de veículos para quantificar as emissões de poluentes dos mesmos e realizar comparações entre categorias por meio dos indicadores de desempenho ambiental.

Além disso, analisaram-se as vans e ônibus, através do mesmo questionário, porém com alteração apenas no tipo de combustível. A empresa responsável pela linha de ônibus que atende o *campus* forneceu todos os dados necessários para a caracterização desta opção de transporte.

O parâmetro da população foi estimado por dois valores obtidos por cálculo, através de dados amostrais, formando o intervalo de confiança dentro do qual espera-se obter o valor verdadeiro. Portanto, através da distribuição normal, tem-se que o intervalo de confiança para uma média μ da população é expresso pela Equação (1) (FERREIRA, 2009):

$$P \left(-Z \frac{\alpha}{2} < Z < Z \frac{\alpha}{2} \right) = 1 - \alpha \quad (1)$$

sendo α o nível de significância e Z obtido através da Equação (2) (FERREIRA, 2009):

$$Z = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma} \times \frac{1}{\sqrt{n}} \quad (2)$$

sendo \bar{X} a média da amostra, μ a média da população, σ o desvio padrão da amostra e n o número de elementos da amostra.

Para dimensionar a amostra, analisaram-se os questionários piloto. Em seguida, tomaram-se as porcentagens e contabilizou-se o número de amostras para cada uma. O tamanho de amostra escolhido foi aquele com valor mais alto, uma vez que quanto maior a amostra melhor é a precisão da estimativa, definindo-a para um nível de significância “ α ” de 5% e com erro de estimativa “ e ” de 10%.

Com isso, o número de amostras pode ser obtido através da Equação (3) (FERREIRA, 2009):

$$n = \left[\left(Z \frac{\alpha}{2} - \sigma \right) \times \frac{1}{e} \right]^2 \quad (3)$$

Dessa forma, obteve-se como resultado um total de questionários para as amostras de carros, vans e ônibus igual a 73, 14 e 24, respectivamente. Os questionários direcionados aos carros foram respondidos somente pelos condutores dos veículos, no período de 06 a 10 de Janeiro de 2014. Assim, analisaram-se as quantidades de emissões de poluentes por carros, vans e ônibus municipal, separando-os por categoria.

Para quantificar as emissões dos poluentes atmosféricos pelos veículos automotores, utilizou-se os dados referentes às Emissões veiculares no estado de São Paulo em 2014 (CETESB, 2015). Este documento disponibiliza os fatores de emissão de cada poluente atmosférico para veículos leves, comerciais leves e pesados. Sabendo-se o ano do veículo, o tipo de combustível, a quilometragem média utilizada no traslado para o *campus* e os fatores de emissões veiculares, é possível calcular as emissões totais de cada poluente através da multiplicação entre a quantidade de poluente emitido (g/km) e a quilometragem média do veículo (km).

A caracterização e elaboração dos indicadores de poluição do ar a partir do inventário realizado foram feitos a luz da metodologia apresentada por Vieira (2009) para o modelo PER (Pressão-Estado-Resposta) aplicada ao setor de transporte rodoviário.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 apresenta os valores totalizados para as emissões diárias dos poluentes atmosféricos veiculares, segregados por categoria e considerando apenas um trajeto diário de 30 km, correspondente a ida e volta do *campus* partindo do centro da cidade.

Tabela 1 – Taxas de emissão diária de poluentes atmosféricos por veículo.

Tipo de veículo	CO (g/dia)	Total HC (g/dia)	NMHC (g/dia)	CH4 (g/dia)	NO_x (g/dia)	RCHO (g/dia)	MP (g/dia)
Carro	12,79	2,25	1,60	0,63	1,52	0,13	0,02
Van	11,63	2,24	1,73	0,26	32,86	-	1,88
Ônibus	16,11	0,45	-	1,80	78,69	-	0,63

Os resultados apresentados na Tabela 1 configuram indicadores de estado que permitem acompanhar a resposta temporal de cada segmento ou de modificações na utilização da opção de transporte em termos da taxa de emissão de cada um dos poluentes estimados.

A Tabela 2 apresenta o perfil estratificado por categoria da comunidade universitária quanto a opção de transporte caracterizada no primeiro semestre de 2014. Todo o universo de alunos transportado por vans foi considerado e utilizaram-se de métodos estatísticos de estratificação de amostras e médias de ocupação para compor estes resultados para carros. O valor dos outros meios de transporte (ônibus, moto, bicicleta) foi estimado pela diferença entre o total da população de cada categoria no *campus* e os valores encontrados para a ocupação dos carros e vans. Assim, trata-se de informações primárias para servir como referencial de base temporal antes de implementação de algum plano de gestão ambiental visando a melhoria do desempenho ambiental no transporte da comunidade universitária.

Tabela 2 – Valores estimados de utilização do transporte por categoria e tipo de veículo.

Categoria	Carro	Ônibus/moto/bicicleta	Van	TOTAL
Aluno	570	374	256	1200
Professor	72	18	0	90
Técnico	25	24	0	49
Terceirizado	19	37	0	56
TOTAL	686	453	256	1395

Em relação a utilização de carros neste transporte diário, pela Figura 4, observa-se a significativa diferença na média de ocupação dos veículos tipo “Carro” em cada categoria. A categoria “Aluno” apresentou uma média de ocupação superior a três passageiros e a categoria “Professor” apresentou ocupação muito próxima da unidade.

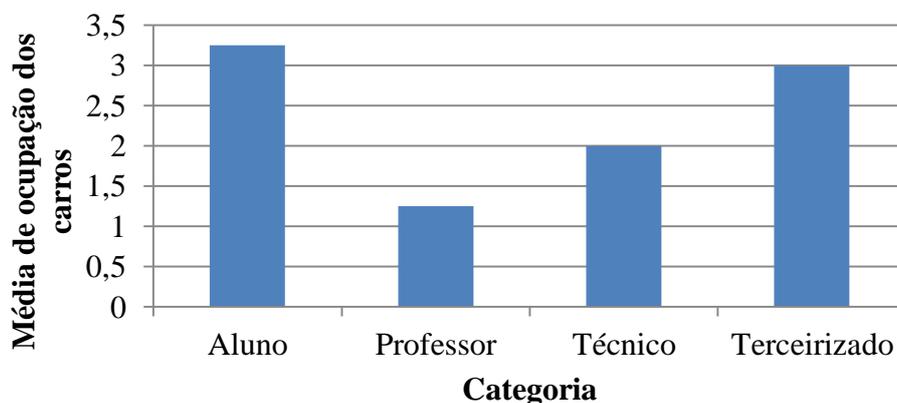


Figura 4 – Média de passageiros por veículo tipo carro.

Já a Tabela 3 representa os indicadores de resposta a esta situação de utilização de carros por alunos e professores por dia, quando se observa taxas de emissão bem menores, sendo em alguns casos, como para o poluente monóxido de carbono (CO), de quase 50%.

Tabela 3 – Emissões diárias per capita de poluentes automotivos

Emissões Carro (g/ind. Dia)	CO	Total HC	NMHC	CH4	NOx	RCHO
Professor	0,2581	0,0412	0,0274	0,0123	0,0230	0,0025
Alunos	0,1301	0,0231	0,0167	0,0063	0,0164	0,0013
% redução	49,55	43,71	38,798	48,03	28,69	47,75

Cabe ainda ressaltar dois fatores determinantes para as variações de emissões *per capita* dentre as categorias do presente estudo: o ano e a média de ocupação do veículo. Os veículos mais antigos tendem a apresentarem maiores emissões por não disporem de tecnologias modernas mitigadoras de emissão de gases poluentes. A idade da frota de carros utilizados pelos professores apresentou-se semelhante a utilizada pelos alunos. Foram

computados veículos utilizados por alunos com taxas de emissão até 5 vezes superiores à da idade média da frota, todavia o elevado número de veículos atenuou essa influência. A ocupação racional dos carros pelos alunos foi a condição determinante das menores emissões *per capita*s.

Tal situação corrobora para que mais carros da categoria de “Professor” circulem, favorecendo a maior emissão de poluentes gerados por dia causados por esta categoria da comunidade universitária.

Os resultados obtidos quando divulgados podem propiciar que a comunidade repense sobre opções de utilização do transporte até o *campus*. O incentivo ao transporte coletivo, sendo carona ou transporte público, são algumas das medidas que se podem ser adotadas com vistas à diminuição de emissões de gases poluentes veiculares.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da realização de um amplo inventário sobre as emissões de poluentes veiculares gerados pelas opções de transporte por ônibus, vans e veículos de passeio e pelos segmentos da comunidade universitária, alunos, professores e técnicos foi possível gerar indicadores ambientais dos Tipos PER (Pressão-Estado-Resposta).

Após o tratamento dos dados obtidos constatou-se que o ano de fabricação dos veículos utilizados interfere nitidamente na variação da quantidade de poluentes emitidos, além da média de ocupação dos mesmos. Isso ocorre devido à melhoria tecnológica e da implementação do PROCONVE que repercutiram no aprimoramento das eficiências dos motores e, por conseguinte, na diminuição das taxas permitidas para emissões, respectivamente.

Os indicadores gerados apontaram caminhos para que a comunidade universitária da UNIFAL-MG possa amenizar as emissões veiculares geradas, como piores indicadores para o segmento dos docentes pelo fato de apresentarem menores médias de ocupação dos veículos. Partindo de medidas simples, como incentivo ao transporte coletivo e às caronas, pode-se melhorar de forma significativa estes indicadores ambientais.

Os resultados deste trabalho podem corroborar ainda mais para os esclarecimentos sobre o uso racional dos meios de transporte e subsidiar ações institucionais tais como o Projeto de Sustentabilidade Ambiental – Campus Verde, onde em atendimento as diretrizes do governo federal ocorre a indução por projetos que visem o desenvolvimento sustentável e a educação ambiental no *campus* universitário.

5. REFERÊNCIAS E CITAÇÕES

CETESB. **Emissões veiculares no estado de São Paulo 2014**. Disponível em: <<http://veicular.cetesb.sp.gov.br/relatorios-e-publicacoes/>>. Acesso em: 20 Abr. 2016. São Paulo: CETESB, 2015.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO – DENATRAN. **Frota de 2002 e 2015**. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/frota.htm>>. Acesso em: 07 Jul. 2015. 2015.

FERREIRA, D. F. **Estatística básica**. Universidade Federal de Lavras. Editora UFLA. Lavras, 2009.



GOOGLE EARTH PRO. 2015. **Foto espacial da Cidade Universitária no *campus* de Poços de Caldas/MG.** Acesso em: 14 Mar. 2015.

GOOGLE MAPS. 2015. **Foto do trajeto de 15 km da distância Centro / Cidade Universitária.** Acesso em: 08 Jul. 2015.

IBF – Instituto Brasileiro de Florestas. **Compensação de CO2 com plantio de florestas.** Disponível em: <<http://www.ibflorestas.org.br/area-de-atuacao/compensacao-de-co2.html>>. Acesso em: 09 Jul. 2015. 2015.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **PROCONVE: Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/163/_arquivos/proconve_163.pdf>. Acesso em: 13 Jun. 2015. s. d..

SEGALLA, A.; PEREZ, F. **Como os brasileiros gastam.** Disponível em: <http://www.istoe.com.br/reportagens/195047_COMO+OS+BRASILEIROS+GASTAM>. Acesso em: 18 Nov. 2014. N° Edição: 2210, 2012.

VIEIRA, N.R. **Poluição do Ar: Indicadores ambientais.** Rio de Janeiro. Editora E-papers - 220 páginas. 2009