

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA AMBIENTAL
ENGENHARIA AMBIENTAL

JOÃO GABRIEL ALVES CORREA

**MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR NO MUNICÍPIO DE CAMPO
MOURÃO-PR POR MEIO DE ANALISADOR PORTÁTIL DE GASES**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2012

JOÃO GABRIEL ALVES CORREA

**MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR NO MUNICÍPIO DE CAMPO
MOURÃO-PR POR MEIO DE ANALISADOR PORTÁTIL DE GASES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel, em Engenharia Ambiental, da Coordenação de Engenharia Ambiental, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – câmpus Campo Mourão.

Orientador: Prof. Dr. José Hilton Bernardino de Araújo

Co-orientador: Prof. Msc. Thiago Morais de Castro

CAMPO MOURÃO

2012

Dedico este trabalho à minha família,
pela compreensão de minha ausência,
à minha namorada pela força e apoio
e aos meus amigos, que me ajudaram nesta etapa.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todas as pessoas que estiveram ao meu lado por todos esses anos, e que sem dúvida foram fundamentais para esta conquista.

Quero agradecer em especial à minha família, pelo suporte dado em todos estes anos, e também pela compreensão por eu estar ausente na maior parte deste tempo.

Agradeço também à minha namorada Roberta Alves, que sem dúvida foi fundamental estar ao meu lado e acreditar em mim, me dando força para superar mais este desafio.

Aos meus orientadores Prof. Dr. José Hilton Bernardino de Araújo e Prof. Msc. Thiago Morais de Castro, que se não fosse pelo conhecimento e auxílio deles, este trabalho não teria como ser realizado, e também ao Jonas Raúl Balbinoti, pelo auxílio nas coletas de dados à campo.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná – câmpus Campo Mourão, pelo suporte prestado durante este trabalho.

Aos meus amigos que estiveram comigo nestes anos de graduação, e que acabam por fazer parte de uma nova família formada.

*“... o sucesso nasce do querer, da determinação
e persistência em se chegar a um objetivo.
Mesmo não atingindo o alvo,
quem busca e vence obstáculos,
no mínimo fará coisas admiráveis.”*
(ALENCAR, José de *01/05/1829 - +12/12/1877)

RESUMO

CORREA, João G. A. **Monitoramento da qualidade do ar no município de Campo Mourão – PR por meio de analisador portátil de gases**. 2012. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2012.

O objetivo deste trabalho foi analisar e monitorar a qualidade do ar em quatro pontos distintos no município de Campo Mourão, Paraná, verificando se as concentrações de gases no ar estão em níveis aceitáveis de acordo com as leis vigentes, além de sugerir melhorias no trânsito para reduzir a emissão de poluentes e contribuindo para a qualidade de vida da população. A amostragem foi realizada por meio de monitoramento das concentrações de poluentes emitidos por fontes móveis utilizando um aparelho portátil de medição de gases modelo Gas Alert MAX XT II, fabricado por BW Technologies, e a contabilização dos números de veículos que transitavam durante o período das amostragens. Foi constatado que apesar de serem registradas algumas medições com concentrações superiores às estabelecidas pela RESOLUÇÃO CONAMA 03/1990, a qualidade do ar no município foi considerada, de acordo com a legislação vigente é satisfatória. As frotas de veículos que circularam durante as medições não foram fator determinante na emissão dos poluentes, porém o estado de conservação dos veículos foi identificado como um dos fatores que interferem na qualidade do ar, pois as liberações dos gases poluentes eram vistos com mais frequências por estes veículos. Medidas como a instalação de semáforos e também a alteração no fluxo de veículos na região central do município auxiliaria ainda mais para a melhoria da qualidade dor ar.

Palavras – chave: Emissões atmosféricas. Fontes móveis. Monóxido de carbono. Trânsito.

ABSTRACT

CORREA, João G. A. **Monitoring of air quality in the city of Campo Mourao - PR via portable gas analyzer.** 2012. 50 f. Work of Course Completion (Bachelor of Environmental Engineering) - Federal Technological University of Paraná. Campo Mourao, 2012.

The objective of this study was to analyze and monitor air quality at four different points in the city of Campo Mourao, Parana, verifying that the concentrations of gases in the air are at acceptable levels in accordance with existing laws, and to suggest improvements in traffic reducing emissions and contributing to quality of life. Sampling was done by monitoring the concentrations of pollutants emitted by mobile sources using a portable gas measurement model XT Gas Alert MAX II, manufactured by BW Technologies, and accounting numbers of vehicles which pass during the sampling period. It was noted that despite being recorded some measurements with concentrations higher than those established by CONAMA RESOLUTION 03/1990, air quality in the city was considered in accordance with the current legislation is satisfactory. The fleets of vehicles that have circulated during the measurements are not a determining factor in the emission of pollutants, but the condition of the vehicle was identified as one of the factors that affect air quality because the release of greenhouse gases were seen with more frequency by these vehicles. Measures such as the installation of traffic lights and also the change in traffic flow in the central region of the county would help even more to improve air quality pain.

Keywords: Atmospheric emissions. Mobile sources. Carbon monoxide. Transit.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização do município de Campo Mourão – PR.....	26
Figura 2 - Localização dos pontos de amostragem no município de Campo Mourão – PR	27
Figura 3 - Detector de gás portátil, modelo Gas Alert MAX XT II, fabricado por BW Technologies	28
Figura 4 - Comparação entre a quantidade dos veículos contabilizada nas amostras (A), com a quantidade de veículos registrada pelo DETRAN/PR (B)	30
Figura 5 - Comparação percentual entre as amostragens do Ponto 1, no primeiro dia de medição (A), segundo (B) e terceiro (C) dia	32
Figura 6 - Comparação percentual entre as amostragens do Ponto 2, no primeiro dia de medição (A), segundo (B) e terceiro (C) dia	34
Figura 7 - Comparação percentual entre as amostragens do Ponto 3, no primeiro dia de medição (A), segundo (B) e terceiro (C) dia	36
Figura 8 - Comparação percentual entre as amostragens do Ponto 4, no primeiro dia de medição (A), segundo (B) e terceiro (C) dia	38
Figura 9 - Gráficos com as concentrações do gás monóxido de carbono (CO), detectados nas três medições, em 20/03/2012 (A), 28/03/2012 (B) e 30/03/2012 (C).....	40
Figura 10 - Gráficos com as concentrações do gás monóxido de carbono (CO), detectados nas três medições, em 01/11/2011 (A), 26/03/2012 (B) e 12/04/2012 (C).....	42
Figura 11 - Gráficos com as concentrações do gás monóxido de carbono (CO), detectados nas três medições, em 07/11/2011 (A), 21/03/2012 (B) e 11/04/2012 (C).....	43
Figura 12 - Gráficos com as concentrações do gás monóxido de carbono (CO), detectados nas três medições, em 20/10/2011 (A), 09/03/2012 (B) e 29/03/2012 (C).....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Exemplo comparativo entre duas amostras de ar, poluído e normal.	16
Tabela 2 - Relação entre a porcentagem de carboxiemoglobina (COHb) no sangue e efeitos nocivos.....	17
Tabela 3 - Quantidade de veículos registrados no município de Campo Mourão de acordo com seu porte.....	24
Tabela 4 - Quantidade de veículos registrados até o mês de abril, no município de Campo Mourão - PR.....	24
Tabela 5 - Quantidade de veículos contabilizados nas amostragens realizadas.	29
Tabela 6 - Quantidade de veículos registrados pelo DETRAN/PR até o mês de Abril de 2012 no município de Campo Mourão – PR.....	29

LISTA DE SIGLAS

CO ₂	Dióxido de carbono
CFCs	Clorofluorcarbonetos
SO ₂	Dióxido de enxofre
NO ₂	Dióxido de nitrogênio
COHb	Carboxiemoglobina
MP	Material particulado
COV	Compostos Orgânicos Voláteis
HPA	Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
PROCONVE	Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores
SEMA	Secretaria do Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
PCPV	Plano de Controle de Poluição Veicular
DETRAN-PR	Departamento Estadual de Trânsito do Paraná
PTS	Partículas Totais em Suspensão
PI	Partículas Inaláveis

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	12
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
3.1 POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA	14
3.2 COMPOSTOS PRESENTES NA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA URBANA	15
3.4 FENÔMENOS ATMOSFÉRICOS CAUSADOS PELA POLUIÇÃO DO AR.....	19
3.5 LEGISLAÇÃO VIGENTE PARA EMISSÕES ATMOSFÉRICAS	20
3.6 TRÂNSITO NAS CIDADES	22
3.7 POLUIÇÕES CAUSADAS POR VEÍCULOS AUTOMOTORES	23
3.8 FROTAS DE VEÍCULOS NO MUNICÍPIO DE CAMPO MOURÃO – PR.....	23
3.9 ESTUDOS DE CASO	24
4 MATERIAL E MÉTODOS	26
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5.1 FLUXO DE VEÍCULOS	29
5.1.1 Amostragem do fluxo de veículos no Ponto 1	31
5.1.2 Amostragem do fluxo de veículos no Ponto 2	33
5.1.3 Amostragem do fluxo de veículos no Ponto 3	35
5.1.4 Amostragem do fluxo de veículos no Ponto 4	37
5.2 EMISSÕES ATMOSFÉRICAS	38
5.2.1 Amostragem da qualidade do ar no Ponto 1	39
5.2.2 Amostragem da qualidade do ar no Ponto 2	41
5.2.3 Amostragem da qualidade do ar no Ponto 3	42
5.2.4 Amostragem da qualidade do ar no Ponto 4	44
6 CONCLUSÃO	46
REFERÊNCIAS	48

1 INTRODUÇÃO

O crescimento desordenado dos ambientes urbanos fez com que começassem a aparecer vários problemas ambientais, como a devastação das florestas, o uso irracional dos recursos naturais, a poluição dos corpos hídricos, atmosfera e solo, e também o desperdício de materiais renováveis.

Tal problemática é denominada como processo de urbanização, onde a concentração das pessoas na cidade aumenta consideravelmente em relação a concentração da população rural.

Desta forma, em busca de melhores qualidades de vida, as populações das cidades acabam por aumentar sua renda, e a aquisição de veículos automotores passa a ser, geralmente, a primeira opção de compra. Com o aumento do número de veículos nas ruas, aumentam também os congestionamentos, e conseqüentemente as emissões de poluentes provenientes da queima dos combustíveis nos motores destes automóveis.

A poluição atmosférica pode ser causada através de duas fontes, chamadas de fixas e móveis. Um dos maiores responsáveis por estas emissões são os veículos (fontes móveis), devido ao grande número que circulam nos centros urbanos.

Vale ressaltar que, embora existam fontes fixas e móveis de emissores de poluentes, os gases tendem a se dispersar no ambiente, podendo vir a poluir áreas mais próximas e mais áreas distantes da fonte. Isto faz com que a qualidade de vida das pessoas se rebaixe de tal forma que agrida a saúde desta população.

Com o aquecimento da economia, o setor automobilístico cresce de tal forma que a quantidade de veículos em rodagem nas ruas das cidades acabam por poluir o ar, através de suas queimas de combustíveis em seus motores, e o ambiente não consegue mais tolerar e dissipar esta poluição (FREITAS, 2006).

Sendo assim, este trabalho visa acompanhar e monitorar as emissões de poluentes atmosféricos em pontos estratégicos do município de Campo Mourão – PR, complementando os trabalhos já desenvolvidos por Andrade et al. (2009) e Amaral (2011), bem como sugerir medidas para mitigar estas emissões.

2 OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo geral analisar as concentrações dos poluentes atmosféricos presentes na queima dos combustíveis dos veículos automotores, gás sulfídrico (H₂S) (ppm), monóxido de carbono (CO) (ppm), oxigênio (O₂) (%) e gases combustíveis (%), comparando os valores obtidos nas medições com os padrões pertinentes que as legislações especificam.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Escolher quatro pontos de amostragens, levando em consideração as características de cada um;
- Monitorar a qualidade do ar destes pontos com três medições ao dia, durante manhã, meio dia, e ao final da tarde;
- Comparar os dados coletados com a legislação vigente;
- Sugerir ações para que os veículos que estão em desacordo com a lei possam-se adequar quanto à legislação vigente buscando garantir a saúde e segurança dos trabalhadores, clientes e vizinhos.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A urbanização se entende pelo fato de que a população urbana aumenta desproporcionalmente em relação à população rural, tendo como consequência uma maior concentração de pessoas nas cidades, aumentando também seu desenvolvimento (BELLEI, 2001).

Uma das causas que fizeram com que as cidades crescessem de forma desordenada foram as instalações das primeiras indústrias, onde os trabalhadores que antes habitavam no meio rural, passam a ter a chance de mudar de vida indo para a cidade, em busca de empregos melhores e também melhores qualidades de vida.

No Brasil, a partir do século XX, começaram os crescimentos desenfreados nos grandes centros urbanos, causados pelo desenvolvimento industrial nas cidades do sudoeste, e pela criação de Brasília (BELLEI, 2001).

A vida moderna imprimiu um ritmo acelerado ao cotidiano dos indivíduos. Houve então uma maior concentração de pessoas nos centros urbanos, buscando uma melhor qualidade de vida em relação ao que era encontrado no campo. No Brasil, calcula-se que 84,35% da população habitam as cidades, contra 15,35% que ainda residem em ambientes rurais (IBGE, 2010).

Cada vez mais, as atividades desenvolvidas nas cidades, acabam por degradar a atmosfera do meio ambiente. Tanto os processos industriais, quanto a queima de combustíveis fósseis dos veículos automotores contribuem de forma direta na poluição do ar das cidades.

A poluição do ar pode causar danos à saúde, aos materiais, às propriedades da atmosfera, à vegetação bem como à economia (DERÍSIO, 2007).

Segundo Fellenberg (1980), toda substância lançada para atmosfera recebe o termo de “emissão”, e quem sofre com esses lançamentos recebe o termo de “imissão”. Sendo assim, no local onde ocorre a imissão, as concentrações dos poluentes são menores se comparados ao local da emissão.

As emissões dos poluentes atmosféricos podem ser classificadas com relação à causa em: antropogênicas onde o homem é o causador da poluição como no transporte; e naturais onde a natureza é quem provoca como emissões vulcânicas (LORA, 2002).

Conforme Silva (2008) para se determinar a qualidade do ar em um ambiente urbano, é necessário levar em conta vários fatores, entre eles os sistemas de fontes fixas (cuja caracterização pode ser exemplificada por uma indústria emitindo poluentes por sua chaminé) e fontes móveis (caracterizado por veículos automotores emitindo gases provenientes da queima do combustível).

Segundo Freitas (2006), devido a crescente quantidade de automóveis com a expansão da indústria automobilística, a poluição atmosférica urbana vem sendo cada vez maior do que seria tolerável pelo ambiente. Esta poluição acaba por contribuir para o chamado “efeito estufa”, bem como afetam também no agravamento do aquecimento global.

O gás carbônico (CO₂) é um dos principais gases responsáveis pelo agravamento do efeito estufa. Este gás é emitido para a atmosfera principalmente por duas ações antrópicas, a queima de combustíveis fósseis e a destruição e queimada das florestas (HELENE et al., 1994). Outros gases são metano, ozônio, óxido nitroso e os chamados compostos de clorofluorcarbonetos (CFC's) (OGA et al., 2008).

3.1 POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

O uso do ar é basicamente manter a vida, porém, com a utilização indiscriminada pelas comunidades e de uma maneira não parcimoniosa, em enormes quantidades, começa então a surgir a poluição atmosférica. Como uma definição básica, a poluição do ar começa a partir da presença ou lançamento (emissão) no ambiente de substâncias em concentrações que possam interferir na saúde, segurança e bem estar da população, ou no pleno uso e gozo de sua propriedade (DERÍSIO, 2007).

A classificação da poluição do ar se dá devido à quantidade de substâncias poluentes presentes na atmosfera. Como a variedade de substâncias que podem alterar a qualidade do ar é muito grande, há um agrupamento dos poluentes de acordo com sua composição química, conforme o quadro 1 a seguir (OGA et al., 2008).

Compostos de enxofre	Compostos de nitrogênio	Compostos orgânicos	Monóxido de carbono	Compostos halogenados	Material particulado	Ozônio
SO ₂	NO ₂	Hidrocarbonetos	CO	HCl	Mistura de	O ₃
SO ₃	NO ₃	Alcoóis		HF	Compostos	Formaldeído
H ₂ S	NH ₃	Aldeídos		Cloretos	no estado	Acroleína
Mercaptanas	HNO ₃	Cetonas		Fluoretos	sólido ou	Nitratos de
Sulfatos	Nitratos	Ácidos orgânicos			líquido	peroxiacila

Quadro 1 - Principais poluentes da atmosfera agrupados de acordo com o grupo químico de origem. Fonte: Adaptado de Cetesb (2007) e Oga et al. (2008).

Segundo Guimarães (2011), existem dois tipos de poluentes, os chamados “poluentes primários”, que são todos os compostos lançados na atmosfera diretamente pelas indústrias, veículos ou operações de queima, e também existem os “poluentes secundários”, que a partir dos poluentes primários emitidos, se transformam na atmosfera gerando novos compostos.

Com relação à classificação das fontes poluidoras, esta se subdivide em fontes “estacionárias” que pode ser exemplificada pelas indústrias, e fontes “móveis”, cujo exemplo mais comum são os automóveis em geral (carros, motos, ônibus, caminhões) (OGA et al., 2008).

3.2 COMPOSTOS PRESENTES NA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA URBANA

Atualmente, a poluição do ar é um dos maiores problemas que afeta a saúde pública, causando problemas aos seres humanos, animais e plantas (OGA et. al., 2008). Segundo Lora (2002), o aumento da mortalidade em regiões afetadas pela poluição está diretamente ligado com as altas concentrações dos poluentes, bem como ocorre no agravamento do estado de saúde dos pacientes com doenças respiratórias.

Na tabela 1 são exemplificadas e comparadas as concentrações de alguns componentes do ar atmosférico em amostras de ar não poluído e poluído.

Tabela 1 - Exemplo comparativo entre duas amostras de ar, poluído e normal. **Fonte:** Adaptado de Haerberle (1973) e Fellenberg (1980).

	Ar normal	Ar poluído
Nitrogênio	78,09%	78,09%
Oxigênio	20,94%	20,94%
Argônio	0,93%	0,93%
Dióxido de nitrogênio	0,0005-0,02 ppm	0,25-0,12 ppm
Amônia	0,006-0,01 ppm	0,075-0,285 ppm
Dióxido de enxofre	0,0002 ppm	0,01-0,06 ppm
Dióxido de carbono	305-470 ppm	330-350 ppm
Monóxido de carbono	0,12-0,9 ppm	10-360 ppm

Dentre os componentes citados na tabela acima, o monóxido de carbono (CO) é o principal poluente emitido pelos veículos automotores, devido a sua combustão incompleta nos motores dos mesmos. Vale ressaltar também, que pelo mesmo motivo, os gases dióxido de enxofre (SO₂) e dióxido de nitrogênio (NO₂) contribuem com a poluição atmosférica. Estes veículos são responsáveis por cerca de 75% de todo o monóxido de carbono liberado por fontes artificiais, em uma escala mundial (FERNÍCOLA & LIMA, 1979; OGA et. al., 2008).

O monóxido de carbono tem como características ser um gás inodoro e incolor, e é classificado toxicologicamente como um gás asfixiante químico, pela sua atuação no sangue formando a carboxiemoglobina (OGA et al., 2008).

Este poluente é considerado altamente tóxico, pois ele agride diretamente a saúde da população. Ele afeta diminuindo a capacidade de transporte de oxigênio pelo sangue. Isto ocorre devido a maior afinidade do monóxido de carbono se ligar à hemoglobina, cerca de 210 vezes mais em relação ao oxigênio. Tal reação (que forma a carboxiemoglobina) provoca alterações nervosas de comportamento, e também, alterações no miocárdio (LORA, 2002). A carboxiemoglobina (COHb), pode chegar à uma concentração de 0,5% em indivíduos não fumantes, e o limite máximo que o ser humano aguenta pode chegar a 2%. Em casos de intoxicação aguda, pode levar o indivíduo a morte, pois o sangue (hemoglobina e mioglobina) não consegue transportar mais o oxigênio, devido à maior afinidade com o monóxido de carbono, causando anóxia tecidual (OGA et. al., 2008).

A Tabela 2 ilustra as concentrações de carboxiemoglobina e os efeitos que trazem ao homem.

Tabela 2 - Relação entre a porcentagem de carboxiemoglobina (COHb) no sangue e efeitos nocivos.
Fonte: Adaptado de Passarelli (2003) e Oga et al. (2008).

[COHb]	Efeitos nocivos ao homem
< 1%	Nada observável.
1 – 2%	Leve alteração no comportamento.
2 – 5%	Efeitos sobre o SNC: - diminuição da capacidade de distinguir espaço/tempo, - falhas na acuidade visual, - alterações nas funções motoras.
> 5%	Alterações cardiovasculares.

Já o dióxido de enxofre, é um gás cuja percepção é mais fácil se comparado ao monóxido de carbono, pois pode apresentar uma coloração amarela ou incolor, e principalmente pelo seu odor característico de enxofre (OGA et. al., 2008).

Ainda segundo os mesmos autores, os problemas causados pelo dióxido de enxofre começam a aparecer quando inalados, este se dissolve com o muco que reveste o epitélio das vias aéreas e se transforma em ácido sulfúrico, sulfitos, bissulfitos e sulfatos. Sendo assim, grande parte do dióxido de enxofre inalado é retida nas vias aéreas superiores. Quando ocorre uma exposição a altas concentrações deste poluente, pode levar a irritações nesta mucosa, iniciando um processo de inflamação, hemorragia e até necrose.

O dióxido de nitrogênio, semelhante ao dióxido de enxofre, é mais perceptível em um ambiente ao se comparar como o monóxido de carbono. Este gás possui uma coloração marrom avermelhada e seu odor é muito forte, chegando a ser irritante (OGA et. al., 2008).

Quando o dióxido de nitrogênio encontra-se em alta concentração no ar, ao inalar-se este poluente, ele agride as porções periféricas dos pulmões, devido ao seu caráter lipofílico e seu poder oxidante, e também aumenta a suscetibilidade à infecções bacterianas. Seus efeitos são irritação das vias aéreas, enfisema pulmonar, quando exposto em concentrações de 1 ppm em longo prazo, e em caso de intoxicações agudas, pode levar ao edema pulmonar (OGA et. al., 2008; LORA, 2002).

Os outros poluentes conhecidos presentes na atmosfera são os materiais particulados (MP), chumbo (Pb), ozônio (O₃), compostos orgânicos voláteis (COV), hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) (LORA, 2002; OGA et. al., 2008).

Segundo ainda Oga et. al. (2008), os demais compostos derivados do enxofre, quando emitidos, podem formar os chamados aerossóis (como por exemplo, o sulfato, o bissulfato e o ácido sulfúrico), que, quando inalados chegam a causar irritações no trato respiratório.

Com relação aos materiais particulados, sua disposição no sistema respiratório varia conforme a dimensão das partículas. Quando se encontra na região traqueo-bronquial e pulmonar, é considerada típica de inalações de partículas menores que $10\mu\text{m}$, sendo as que causam os maiores efeitos adversos à saúde humana. Estes efeitos podem coincidir no aumento da incidência de doenças respiratórias, bronquites crônicas, constrição dos brônquios, diminuição da função pulmonar e, aumento da mortalidade (LORA, 2002).

Existem cinco classificações dos materiais particulados, segundo Lora (2002), elencados em:

- Poeiras, cuja dimensão varia entre $0,01\mu\text{m}$ a $100\mu\text{m}$, e pode ser emitida por desagregação mecânica;
- Fumos, com diâmetro menor que $0,1\mu\text{m}$, e é gerado por processos de combustão, sublimação ou fundição;
- Fumaça, que é derivado da combustão de matéria orgânica, e cujo diâmetro é menor $0,5\mu\text{m}$;
- Névoas, que são partículas líquidas, geradas por quaisquer processos mecânicos, onde não há definição do tamanho de suas partículas, e;
- Neblina, que são partículas líquidas provenientes da condensação de vapores, sem definição do tamanho médio de suas partículas.

3.4 FENÔMENOS ATMOSFÉRICOS CAUSADOS PELA POLUIÇÃO DO AR

Os principais efeitos negativos causados pela poluição atmosférica são a destruição da camada de ozônio, as chuvas ácidas, o aquecimento global, as inversões térmicas e o *smog* (LOPES, 2003; LORA, 2002).

A destruição da camada de ozônio vem em decorrência das atividades do homem desde o início da Revolução Industrial, onde o vapor d'água, o dióxido de carbono, metano, ozônio, e óxido nitroso e os chamados compostos de clorofluorcarbonetos (CFC's) começaram a ser liberados na atmosfera.

As principais consequências desta destruição seriam: aumento do registro de pessoas com câncer de pele, prejuízos na agricultura e também na vida aquática (OGA et al., 2008).

Com relação à chuva ácida, termo utilizado primeiramente pelo químico e climatologista inglês Robert Angus Smith, é causada devido à emissão dos poluentes diretamente à atmosfera, proveniente da queima dos combustíveis fósseis, carvão, dióxidos de enxofre e nitrogênio. Este fenômeno afeta tanto a agricultura, quanto os materiais, alterando as características físico-químicas do solo e da água, bem como atacando as estruturas metálicas dos monumentos e edificações. Quanto a seus efeitos nocivos à saúde do homem, ainda não estão totalmente explicados (OGA et al., 2008).

O aquecimento global é agravado com a liberação desenfreada dos poluentes atmosféricos, principalmente do dióxido de carbono. Isto se pode exemplificar nas mudanças climáticas do planeta, causando um aumento da temperatura superficial, aumento das ocorrências dos furacões, tufões, e ciclones. Ainda vale ressaltar que ocorrerão alterações nos padrões de chuvas, podendo até ocorrer o desaparecimento de ilhas, derretimento das geleiras, aumento das inundações (em ambientes urbanos), e secas extremas (OGA et al., 2008).

O fenômeno da inversão térmica ocorre quando uma camada de ar quente se sobrepõe a uma camada de ar frio, fazendo com que haja dificuldades na dispersão dos poluentes atmosféricos. Como resultado disto, forma-se outro fenômeno, chamado de "*smog*", que pode ser entendido como um acúmulo dos poluentes atmosféricos causados pela inversão térmica. Estes poluentes formam as neblinas, principalmente nos períodos mais frios do ano (OGA et al., 2008).

Conforme a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB, 1990), do Estado de São Paulo, a reação de hidrocarbonetos emitidos pela queima dos combustíveis fósseis (principalmente pela gasolina), junto com os óxidos de nitrogênio (NO_x), acabam formando uma névoa marrom que se denomina como “smog”, e acaba ocorrendo quando há grandes concentrações de ozônio (O_3) na atmosfera. As consequências deste fenômeno ao homem são irritação nos olhos e nas vias respiratórias, o que diminui a defesa contra os microorganismos presentes no ar (OGA et al., 2008).

3.5 LEGISLAÇÃO VIGENTE PARA EMISSÕES ATMOSFÉRICAS

Existem leis que padronizam as quantidades de poluentes que podem ser emitidos na atmosfera. O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 03 de junho de 1990, na esfera federal, dispõe sobre os padrões de qualidade do ar e que se ultrapassados as concentrações máximas podem afetar a saúde e o bem estar da população, e também causar danos à flora e fauna, e aos materiais como obras públicas.

Esta resolução informa também os conceitos que classificam os padrões de qualidade, em primários e secundários. Os padrões primários entendem-se pelas concentrações de poluentes, que quando ultrapassadas, podem afetar a saúde humana. Já os padrões secundários, são as concentrações de poluentes abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população e da natureza.

A respeito das emissões de partículas totais em suspensão, a resolução informa que para o padrão primário, a concentração média geométrica anual chega a 80 microgramas por metro cúbico de ar ($\mu\text{g.m}^{-3}$) e a diária 240 $\mu\text{g.m}^{-3}$. Para o padrão secundário a concentração anual é de 60 $\mu\text{g.m}^{-3}$ e diária de 150 $\mu\text{g.m}^{-3}$.

Para as emissões de fumaças, a mesma resolução classifica como padrão primário as concentrações médias aritméticas de 60 $\mu\text{g.m}^{-3}$, e concentração diária de 150 $\mu\text{g.m}^{-3}$. Para o padrão secundário, anualmente a concentração é de 40 $\mu\text{g.m}^{-3}$ e diária de 100 $\mu\text{g.m}^{-3}$.

As emissões de dióxido de enxofre, a resolução informa que os padrões primários em médias aritméticas de concentração de $80 \mu\text{g.m}^{-3}$, e diária de $365 \mu\text{g.m}^{-3}$. No padrão secundário a concentração anual de $40 \mu\text{g.m}^{-3}$ e diária de $100 \mu\text{g.m}^{-3}$.

Outro poluente é o monóxido de carbono, que para o padrão primário, sua concentração em 8 horas chega a $10.000 \mu\text{g.m}^{-3}$, totalizando 9 partes por milhão (ppm). Para o padrão secundário, em 1 hora a concentração chega a $40.000 \mu\text{g}$ por metro cúbico de ar, totalizando 35 ppm.

Com relação ao ozônio, existe apenas um padrão, em que a concentração média em 1 hora é de $160 \mu\text{g.m}^{-3}$.

Para o dióxido de enxofre, a resolução informa que os padrões primários em médias aritméticas de concentração de $100 \mu\text{g.m}^{-3}$, e concentração média em 1 hora de $320 \mu\text{g.m}^{-3}$. No padrão secundário a concentração anual de $100 \mu\text{g.m}^{-3}$ e, em uma hora de $190 \mu\text{g.m}^{-3}$.

A Resolução CONAMA nº18 de 06 de maio de 1986, institui em caráter nacional o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE, cujos objetivos são reduzir os níveis de emissão de poluentes por veículos automotores visando o atendimento aos Padrões de Qualidade do Ar, especialmente nos centros urbanos; promover o desenvolvimento tecnológico nacional, tanto na engenharia automobilística, como também em métodos e equipamentos para ensaios e medições da emissão de poluentes; criar programas de inspeção e manutenção para veículos automotores em uso; promover a conscientização da população com relação à questão da poluição do ar por veículos automotores; estabelecer condições de avaliação dos resultados alcançados e; promover a melhoria das características técnicas dos combustíveis líquidos, postos à disposição da frota nacional de veículos automotores, visando a redução de emissões poluidoras à atmosfera.

Já no Estado do Paraná, por meio da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMA, existe um documento chamado de Plano de Controle de Poluição Veicular – PCPV. Este plano foi instituído no ano de 2011, e traz a seguinte classificação da qualidade do ar através do índice de qualidade do ar (Quadro 2):

Índice de qualidade do ar	Classificação	PTS 24 h ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	Fumaça 24 h ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	PI 24 h ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	SO ₂ 24 h ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	O ₃ 24 h ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	CO 24 h ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	NO ₂ 24 hr ($\mu\text{g.m}^{-3}$)
0 – 50	Boa	0 – 80	0 – 60	0 – 50	0 – 80	0 – 80	0 – 4,5	0 – 100
>50 – 100	Regular	>80 – 240	>60 – 150	>50 – 150	>80 – 365	>80 – 160	>4,5 – 9,0	>100 – 320
>100 – 200	Inadequada	>240 – 375	>150 – 250	>150 – 250	>365 – 800	>160 – 400	>9,0 – 15	>320 – 1130
>200 – 300	Má	>375 – 625	>250 – 420	>250 – 420	>800 – 1600	>400 – 800	>15 – 30	>1130 – 2260
>300 – 400	Péssima	>625 – 875	>420 – 500	>420 – 500	>1600 – 2100	>800 – 1000	>30 – 40	>2260 – 3000
>400	Crítica	>875	>500	>500	>2100	>1000	>40	>3000

Quadro 2 - Classificação da qualidade do ar através do índice de qualidade do ar. Fonte: Plano de Controle de Poluição Veicular (2011).

O Plano de Controle de Poluição Veicular do Estado do Paraná atende todos os objetivos previstos da Resolução CONAMA 018, buscando melhorar a qualidade de vida das pessoas, e também, preservar a qualidade do ar e tornar um meio ambiente mais sustentável.

3.6 TRÂNSITO NAS CIDADES

A problemática do trânsito nas cidades é muito grave. Os congestionamentos, ou a falta de sinalização são uns dos piores agravantes desta situação em que a maioria dos centros urbanos passa hoje.

Devido a melhoria na qualidade de vida, a população que vive nas cidades acaba por adquirir cada vez mais veículos, e estes, são peça fundamental nos congestionamentos. Segundo um estudo realizado no Estado de São Paulo, o setor de transporte é responsável por cerca de 20% dos gases emitidos que contribuem para o efeito estufa (GUERRA & CUNHA, 2009).

Segundo os mesmos autores, uma maneira de tentar diminuir os problemas que o trânsito traz para as cidades está na operação horário de pico, que consiste no impedimento do tráfego de veículos dependendo do final da placa, com o dia da semana, nos horários mais problemáticos, que seriam das 07h00min às 10h00min da manhã, e ao final da tarde das 17h00min às 20h00min.

3.7 POLUIÇÕES CAUSADAS POR VEÍCULOS AUTOMOTORES

As emissões provenientes dos automóveis são uma das mais importantes, pois são as que mais se dispersam e têm maior dificuldade no controle. Para o acompanhamento destas emissões, deve-se levar em conta vários fatores, dentre eles a alteração do perfil da frota, que hora usa como combustível predominante gasolina, hora passa-se a usar o etanol, bem como as novas tecnologias que chegam ao mercado fazendo com que os carros mais novos acabem por emitir menos poluentes (AZUAGA, 2000).

Segundo Alves et al. (2009), são vários os fatores que colaboram para a poluição atmosférica, causadas pelos automóveis. O tipo do combustível utilizado influencia tanto quanto o tipo de motor do veículo, como também sua regulação e seu estado de manutenção. A utilização de combustíveis fósseis acaba por liberar substâncias químicas que ao longo do tempo vão se concentrando na atmosfera, provocando um desequilíbrio, variando na composição dos gases.

Como produto principal da combustão completa encontram-se dióxido de carbono (CO_2), água (H_2O), gás nitrogênio (N_2), e o produto da combustão incompleta são o monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC), aldeídos (R-CHO) e os óxidos de nitrogênio (NO_x). Ainda pode-se encontrar como subproduto os óxidos de enxofre (SO_x), e materiais particulados, que são mais comuns em motores movidos à combustível óleo diesel (BALASSIANO, 1991).

3.8 FROTAS DE VEÍCULOS NO MUNICÍPIO DE CAMPO MOURÃO – PR

De acordo com os anuários estatísticos elaborados pelo Departamento Estadual de Trânsito do Paraná (DETRAN – PR), no ano de 2009, o município de Campo Mourão registrou um total de 43.487 veículos, sendo classificados de forma diferente a encontrada na classificação do DETRAN, conforme a tabela 3.

Desta forma, para os veículos leves compreendem-se os automóveis de passeio em geral, para os veículos médios as camionetes e, para os veículos pesados caminhões e ônibus.

Tabela 3 - Quantidade de veículos registrados no município de Campo Mourão de acordo com seu porte. **Fonte:** DETRAN - PR (2009).

		Quantidade	%
	MOTOCICLETAS	11.152	25,64
VEÍCULOS	LEVES	23.082	53,08
VEÍCULOS	MÉDIOS	4.755	10,93
VEÍCULOS	PESADOS	4.498	10,34
	TOTAL	43.487	100,00

Até o mês de abril de 2012, o próprio DETRAN – PR, registrou um aumento de aproximadamente 16,78% dos veículos registrados, comparados com a quantidade registrada no ano de 2009 (tabela 4). Este aumento pode ser relacionado com a melhoria da qualidade de vida da população mourãoense, bem como o aumento do seu poder aquisitivo, aliado aos incentivos fiscais que o governo subsidia.

Tabela 4 - Quantidade de veículos registrados até o mês de abril, no município de Campo Mourão - PR. **Fonte:** DETRAN - PR (2012).

		Quantidade	%
	MOTOCICLETAS	12.471	24,60
VEÍCULOS	LEVES	27.462	54,17
VEÍCULOS	MÉDIOS	5.411	10,67
VEÍCULOS	PESADOS	5.352	10,56
	TOTAL	50.696	100,00

3.9 ESTUDOS DE CASO

O trabalho desenvolvido por Andrade et al. (2009), intitulado “Diagnóstico das emissões atmosféricas de origem veicular no município de Campo Mourão – PR”, que objetivou acompanhar as concentrações dos gases H₂S (ppm), CO (ppm), O₂ (%), e gases combustíveis na cidade de Campo Mourão – PR, e para tal, foram escolhidos três pontos distintos, sendo um na área central da cidade, outro em uma área residencial, e outro em uma área periférica. Para detectar, foi utilizado um

medidor de gases portátil manual modelo GasAlertMicro da BW Technologies, o qual detectou concentrações de monóxido de carbono acima do permitido segundo a Resolução CONAMA 03/90, bem como detectou também a presença de gases combustíveis devido a queima incompleta nos motores dos veículos. Os demais gases não foram detectados. Ao final do trabalho, os autores afirmam que o tráfego de veículos tem influência direta com a presença das emissões dos poluentes, e, portanto, a ferramenta mais eficaz seria a sensibilização ambiental para que a população utilizasse mais o serviço de transporte público, ou meios alternativos, como bicicleta por exemplo.

O trabalho desenvolvido por Amaral (2011), intitulado “Diagnóstico das emissões atmosféricas de origem veicular por meio de analisador portátil de gases no município de Campo Mourão – PR”, objetivou diagnosticar a poluição atmosférica em três pontos estratégicos na cidade de Campo Mourão – PR, utilizando para isto um analisador portátil de gases modelo Gas Alert MAX XT II, fabricado por BW Technologies, e comparar os dados obtidos com a Resolução CONAMA 03/1990, bem como monitorar a quantidade de veículos. A autora detectou, dentre os três pontos escolhidos para amostragem, seis picos de concentração de monóxido de carbono acima do permitido pela legislação (maior ou igual a 35 ppm no período de uma hora). Ao final do trabalho, a autora pode concluir que a emissão de poluentes não é fator direto do fluxo de veículos em cada local, e sim do estado de manutenção de cada veículo.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado no município de Campo Mourão (Figura 1), situado na região Centro - ocidental do Estado do Paraná.

O Município de Campo Mourão possui as seguintes coordenadas geográficas: latitudes $24^{\circ} 17' 54.41''$ S e $23^{\circ} 57' 2.89''$ S, e $52^{\circ} 32' 38.86''$ O e $52^{\circ} 11' 4.04''$ O, e está limitado ao norte pelo município de Peabiru, a nordeste por Barbosa Ferraz, ao sul por Luziânia, a leste por Corumbataí do Sul, a oeste por Farol e Mamborê e a noroeste pelo município Araruna.



Figura 1 - Localização do município de Campo Mourão – PR. **Fonte:** Carneiro e Ferreira (2010).

Foram escolhidos quatros pontos para amostrar a qualidade do ar. A escolha dos pontos foi feita em locais estratégicos da cidade, sendo dois deles no bairro do centro e os outros dois em locais de acesso à cidade, conforme ilustra a Figura 2.

A seleção dos pontos deu-se desta forma: o Ponto 1, localizado na rotatória que dá acesso ao bairro Lar Paraná; o Ponto 2, localizado no entroncamento da Rua São Paulo com a Avenida Irmãos Pereira; o Ponto 3, localizado no entroncamento da Rua São José com a Avenida Capitão Índio Bandeira; e o Ponto 4, localizado na



Figura 3 - Detector de gás portátil, modelo Gas Alert MAX XT II, fabricado por BW Technologies.
Fonte: <<http://www.gasmonitors.com/main.cfm?sub2=89&page=prodpage&pid=5>>, 2011.

As medições foram realizadas três vezes ao dia, sendo das 7h00min às 08h00min, das 12h00min às 13h00min, e das 17h30min às 18h30min.

Estas medições se estenderam por um período desde o mês de Outubro do ano de 2011 até o mês de Abril de 2012. Este prazo se deu para poder comparar os níveis de emissões em estações climáticas diferentes.

Foi contabilizada a quantidade de veículos que trafegavam no momento da coleta, classificados em quatro categorias, sendo: pesados que compreenderam ônibus e caminhões; médios que compreenderam camionetes e utilitários; leves que compreenderam veículos de passeio; motocicletas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, apresentam-se os dados obtidos nas pesquisas realizadas a campo, onde foram contabilizadas as quantidades de veículos que trafegavam durante a amostragem, e o monitoramento de alguns parâmetros da qualidade do ar nos pontos escolhidos.

5.1 FLUXO DE VEÍCULOS

Na Tabela 5 é ilustrado o total de veículos contabilizados durante as doze amostragens, sendo separados em veículos leves (automóveis de passeio), médios (camionetes e utilitários esportivos), pesados (ônibus, caminhões) e motocicletas.

Tabela 5 - Quantidade de veículos contabilizados nas amostragens realizadas.

Tipo de veículo	Veículos
Motocicletas	12.352
Veículos leves	32.521
Veículos médios	3.780
Veículos pesados	3.402

Conforme as estatísticas fornecidas pelo DETRAN/PR, no município de Campo Mourão, até o mês de abril do presente ano, foram registrados 47.352 veículos, dispostos conforme a Tabela 6.

Tabela 6 - Quantidade de veículos registrados pelo DETRAN/PR até o mês de Abril de 2012 no município de Campo Mourão – PR.

Tipo de veículo	Veículos
Motocicletas	12.471
Veículos leves	27.462
Veículos médios	5.411
Veículos pesados	5.352

Como se pôde observar, a quantidade de veículos leves encontrada foi maior que a registrada pelo município. Isto ocorreu, pois não foi levado em consideração o emplacamento de cada veículo, sendo que desta forma, vários veículos emplacados em outros municípios fizeram parte da pesquisa.

Como o município de Campo Mourão está localizado em uma região onde várias rodovias importantes se conectam no Estado do Paraná, é comum que vários veículos de outras cidades, e estados trafeguem por suas ruas.

Na Figura 4 é ilustrada a semelhança entre as porcentagens dos veículos contabilizados nas amostragens, com a quantidade de veículos registrados no município.

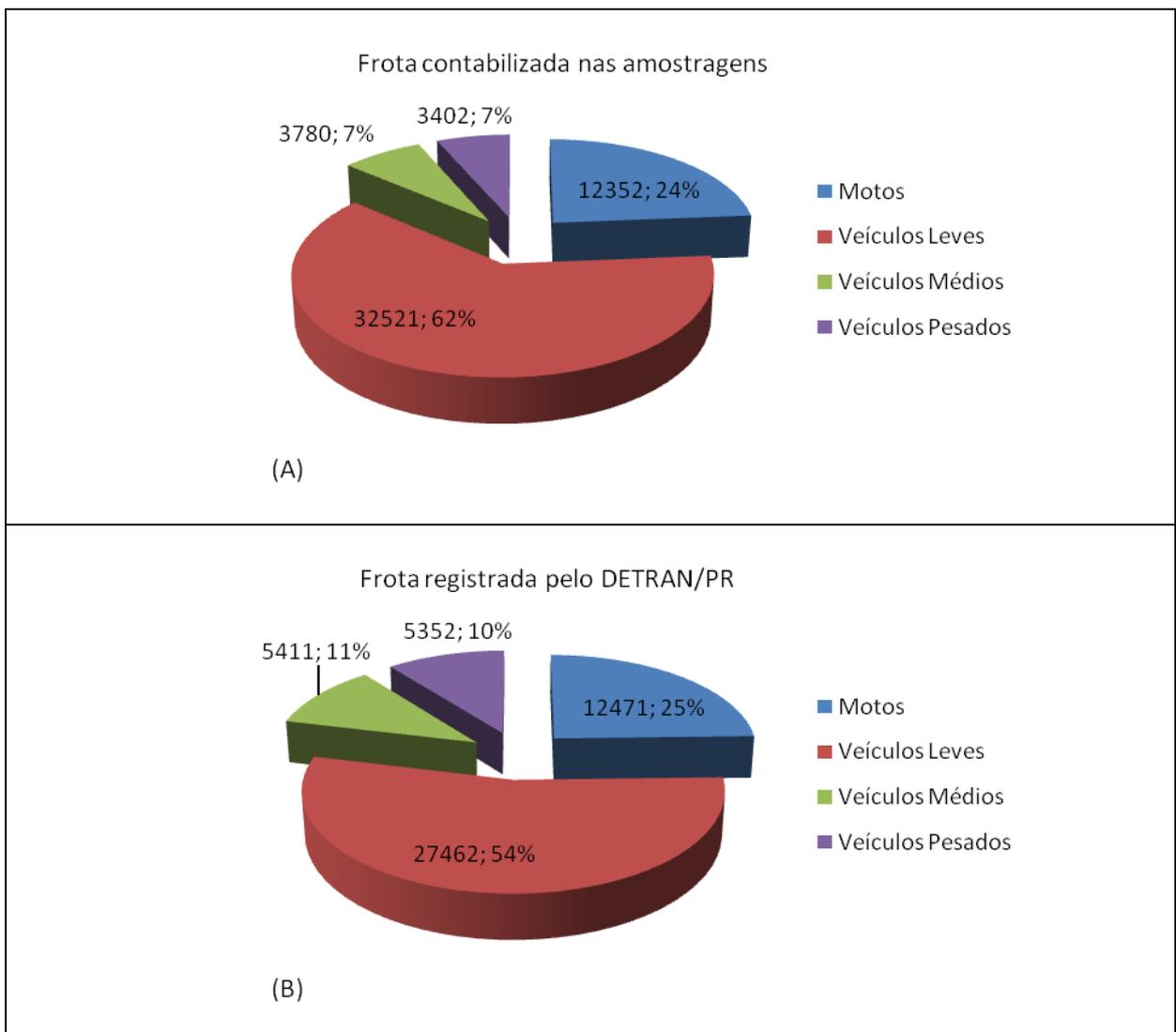


Figura 4 - Comparação entre a quantidade dos veículos contabilizada nas amostras (A), com a quantidade de veículos registrada pelo DETRAN/PR (B).

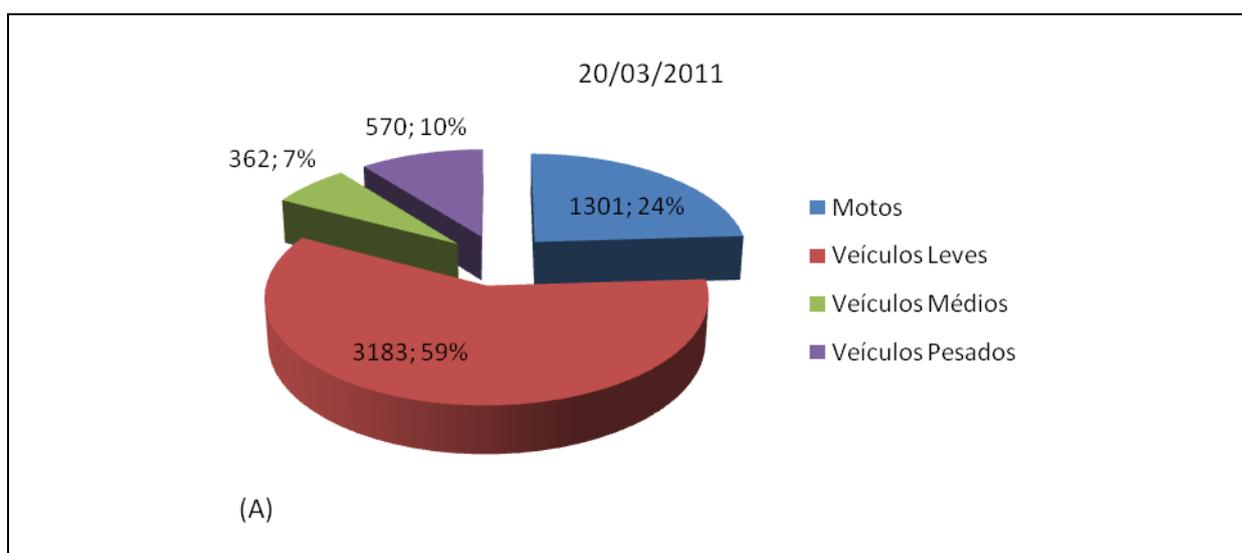
Conforme a ilustração da Figura 4 é notada a grande semelhança entre as quantidades de veículos contabilizados nas amostragens com a quantidade de veículos registrados pelo órgão responsável no município.

As amostragens ocorreram em quatro pontos distintos no município, com o intuito de caracterizar o tráfego em áreas mais centrais, bem como nos acessos que levam aos outros municípios.

5.1.1 Amostragem do fluxo de veículos no Ponto 1

A localização do Ponto 1, na Rotatória que dá acesso ao Bairro Lar Paraná, apresentou as seguintes quantidades de veículos que trafegaram durante as amostras realizadas, conforme ilustra a Figura 5, e compara as quantidades destes veículos através das porcentagens obtidas através dos dados coletados neste Ponto.

O período de monitoramento teve duração de 1 hora a partir de cada horário descrito na figura acima. Isto fez com que durante este período, pode-se observar o fluxo de veículos, e também, analisar a qualidade do ar com o auxílio do medidor portátil de gases.



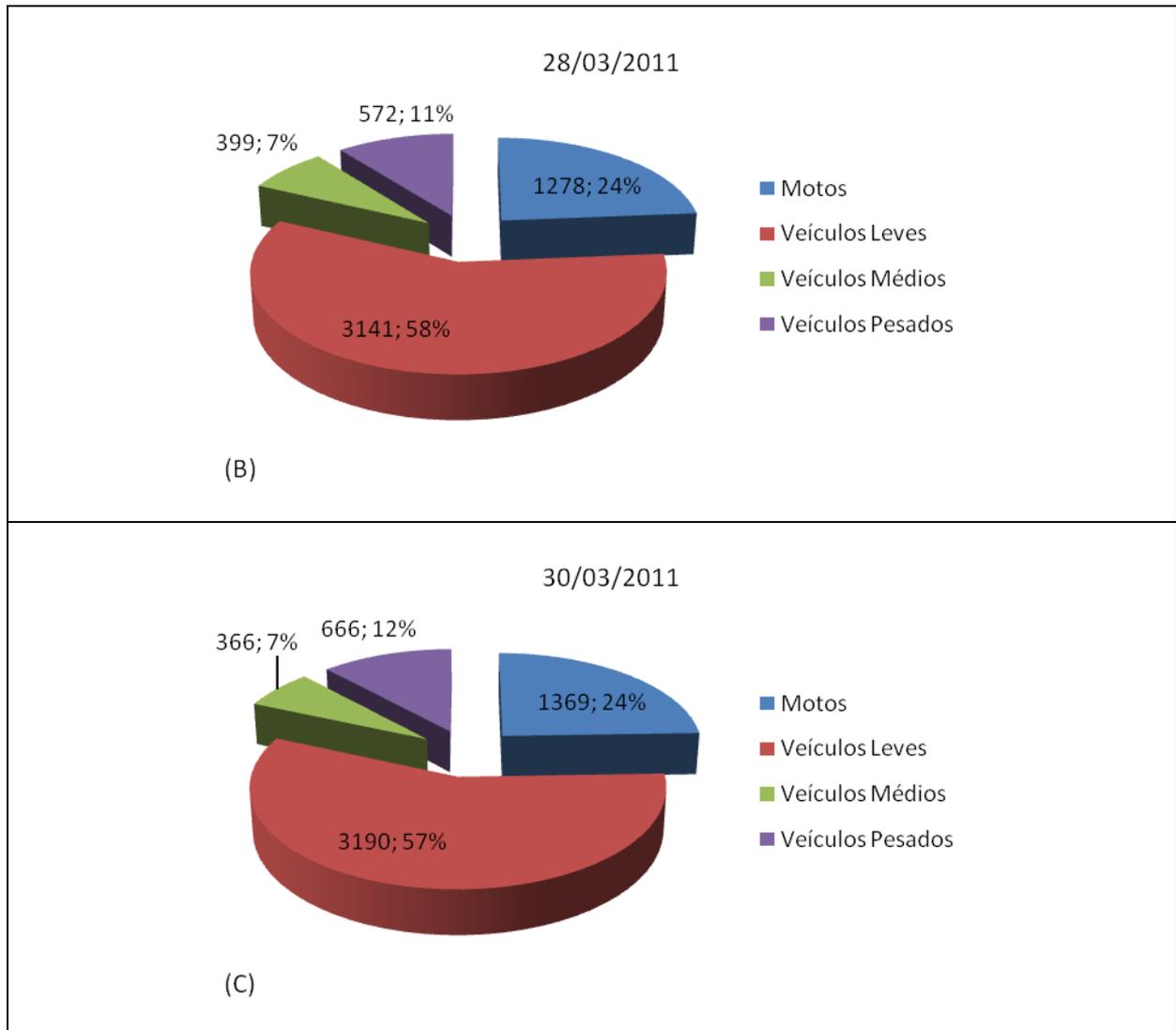


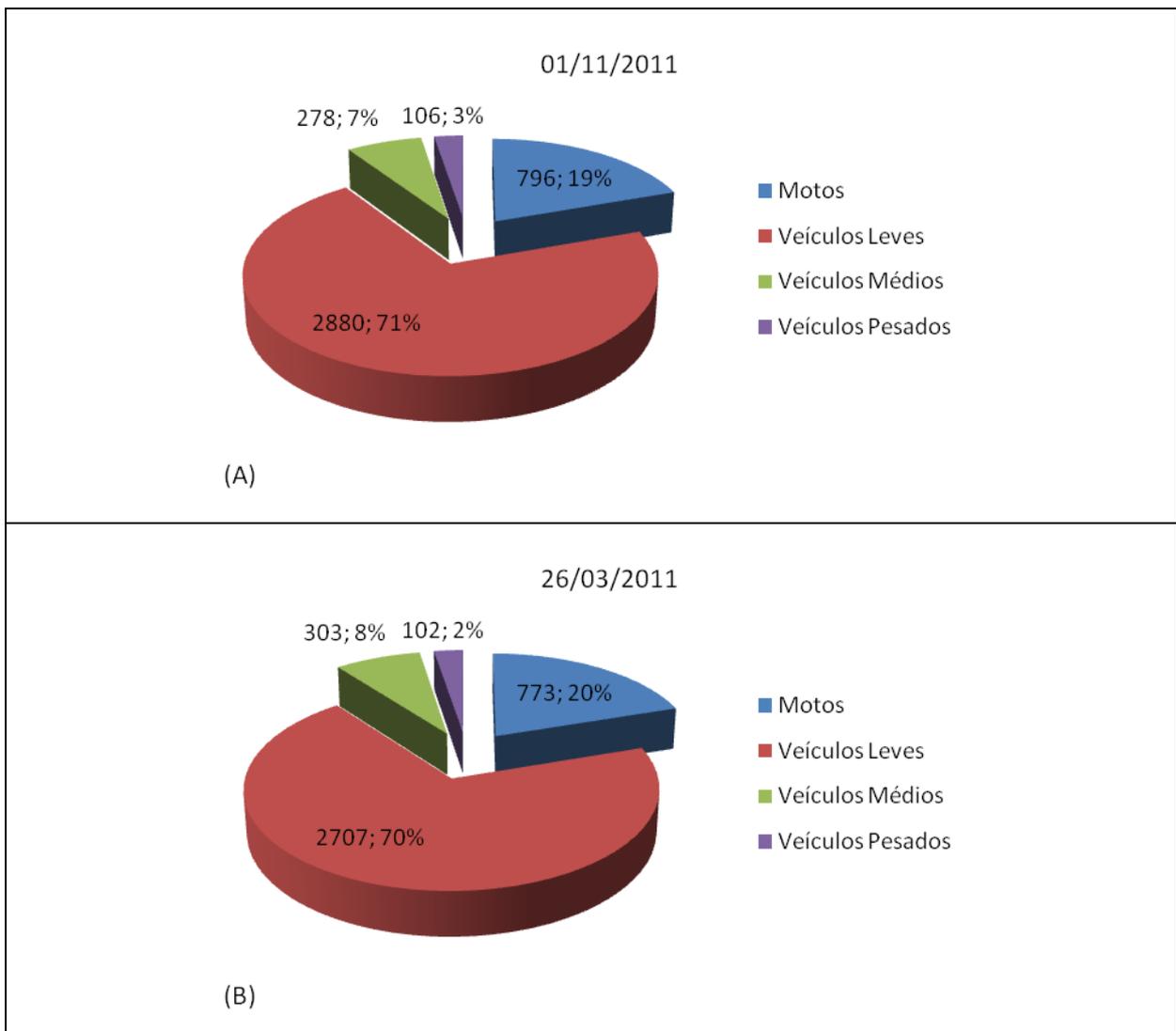
Figura 5 - Comparação percentual entre as amostragens do Ponto 1, no primeiro dia de medição (A), segundo (B) e terceiro (C) dia.

Por se tratar de um local onde há acessos para outros municípios, o que chamou a atenção neste ponto foi a quantidade do fluxo de veículos pesados, apresentando a maior quantidade destes veículos ao longo das três medições, com uma predominância no fluxo de automóveis leves, seguido das motocicletas.

No primeiro dia de medição, a quantidade de veículos contabilizados foram semelhantes nos períodos das 12h00min e das 17h30min, sendo maior que o encontrado na medição da manhã. No segundo dia, o horário em que foi registrado o maior fluxo de veículos ocorreu na medição das 17h30min. No último dia, este fato ocorreu por volta das 12h00min. Com relação ao clima, nas três medições, não houve presença de muitas nuvens, com tempo aberto e sol. As temperaturas ficaram em média, na casa dos 24°C, característica de final do verão e início do outono na região.

5.1.2 Amostragem do fluxo de veículos no Ponto 2

O Ponto 2, localizado no entroncamento da Rua São Paulo com a Avenida Irmãos Pereira, apresentou as seguintes quantidades de veículos que trafegaram durante as amostras realizadas, conforme ilustra a Figura 6, e compara as quantidades destes veículos por meio das porcentagens obtidas através dos dados coletados no Ponto 2.



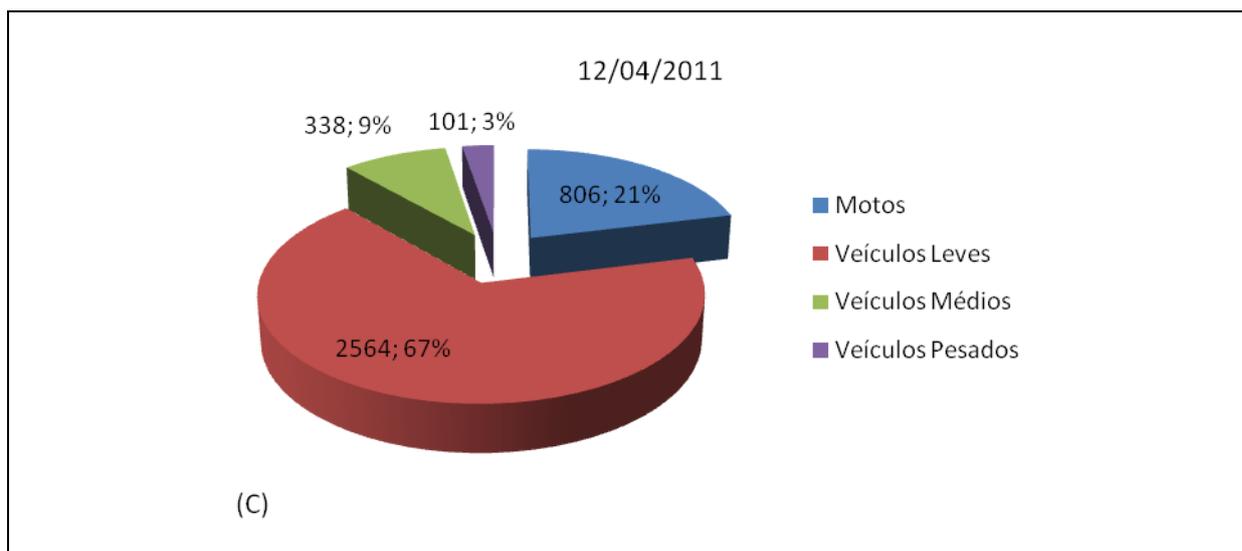


Figura 6 - Comparação percentual entre as amostragens do Ponto 2, no primeiro dia de medição (A), segundo (B) e terceiro (C) dia.

O Ponto 2 é caracterizado por ser uma área urbana comercial, localizada em uma das principais avenidas que trafegam os veículos no município. Este local é predominantemente comercial.

Nas duas primeiras medições, o horário em que ocorreu um maior fluxo de veículos foi das 12h00min às 13h00min, com predominância dos veículos leves seguidos das motocicletas.

Com relação ao Ponto 1, houve diminuição no número de veículos leves (automóveis de passeio em geral), médios (caracterizados por camionetes, e utilitários), pesados (caminhões, ônibus, micro-ônibus, etc) e também das motocicletas. Por se tratar de um local mais centralizado no município, muitos destes veículos preferem adotar os contornos viários a adentrar na cidade para seguir viagem. Além disso, há restrição na circulação desses tipos de veículos no centro da cidade.

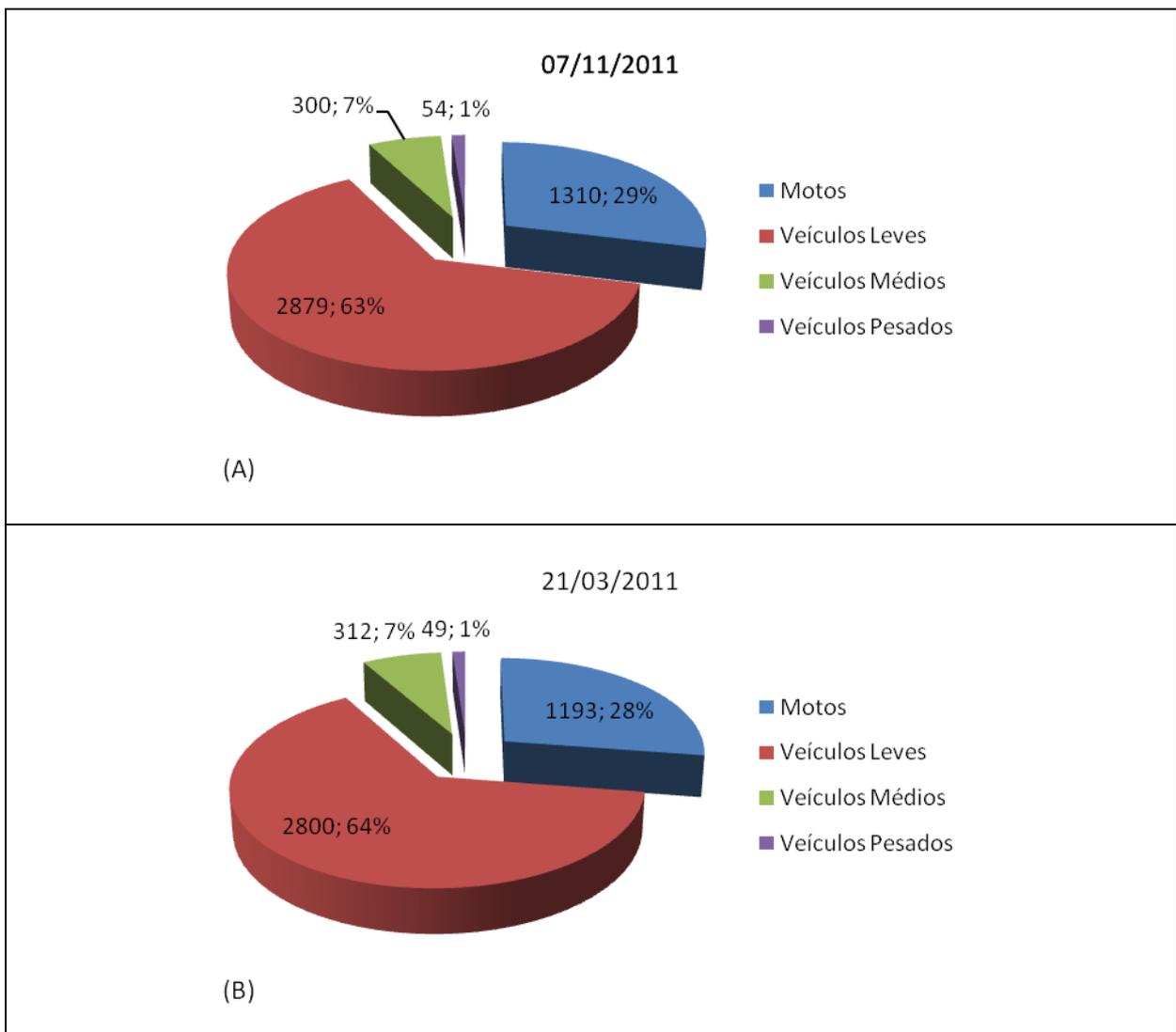
A temperatura média nos dias em que ocorreram as medições ficou na casa dos 25°C, com dias ensolarados e sem muitas nuvens, característico das estações primavera e outono na região.

Conforme o trabalho desenvolvido por Amaral (2011), com o fechamento da agência bancária, que se encontrava próximo ao Ponto 2, não houve alterações significativas no fluxo de veículos, levando-se em conta o horário de funcionamento da mesma (no caso, no monitoramento das 12:00 às 13:00 horas).

5.1.3 Amostragem do fluxo de veículos no Ponto 3

O Ponto 3, localizado no entroncamento da Rua São José com a Avenida Capitão Índio Bandeira, apresentou as seguintes quantidades de veículos que trafegaram durante as amostras realizadas, conforme ilustra a Figura 7, e compara as quantidades destes veículos através das porcentagens obtidas através dos dados coletados neste local.

A semelhança existente entre os Pontos 2 e 3 se dá pois, ambos estão localizados no centro da cidade, próximos às agências bancárias, e também ao comércio.



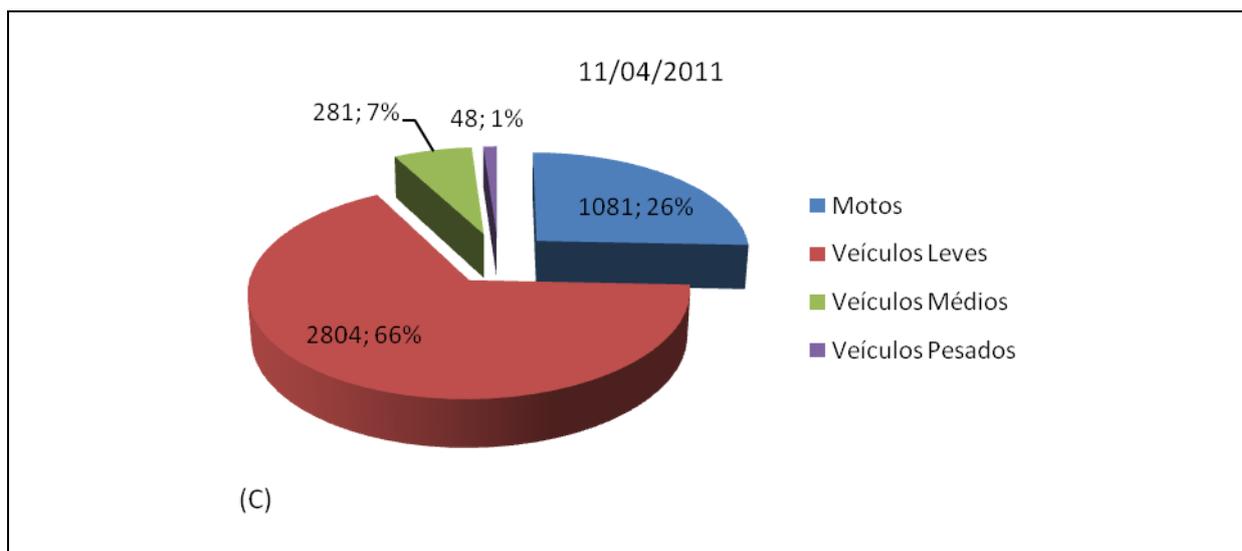


Figura 7 - Comparação percentual entre as amostragens do Ponto 3, no primeiro dia de medição (A), segundo (B) e terceiro (C) dia.

Pode ser notada a dominância do fluxo de automóveis leves.

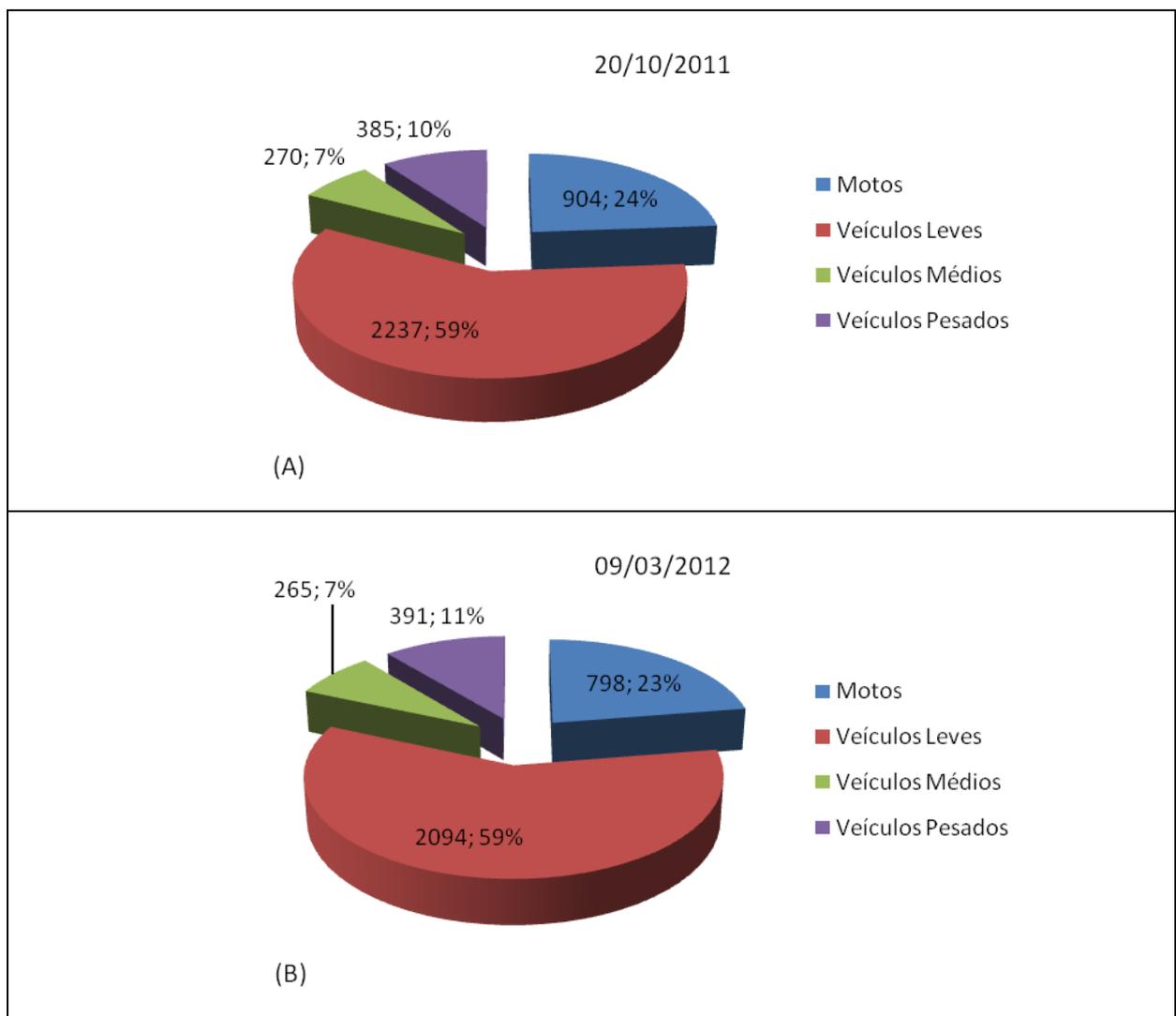
Isto se dá, pois este local é uma das principais avenidas que ligam duas extremidades do município, passando pelo seu centro comercial. As motocicletas, novamente aparecem em segundo lugar. Com relação ao fluxo de veículos médios, são semelhantes ao encontrado no ponto anterior, cujo qual se localiza na avenida em paralelo a Avenida Irmãos Pereira. Já os motoristas de veículos pesados preferem trafegar pela Avenida Irmãos Pereira, pois o tráfego foi praticamente metade do encontrado ao ponto anterior.

O horário em que apareceram os maiores fluxos de veículos foram no final da tarde, entre as 17:30 e 18:30 horas, que pode ser explicado onde os trabalhadores encerram seus expedientes e voltam para casa.

No primeiro dia de medição neste ponto, observou-se que o clima estava diferente do clima encontrado nas outras medições, ocorrendo várias nuvens, e com uma umidade maior. As temperaturas oscilaram entre 17°C até 32°C. Essas medições ocorreram durante a primavera de 2011 e o final do verão e início do outono de 2012.

5.1.4 Amostragem do fluxo de veículos no Ponto 4

O Ponto 4, localizado no entroncamento das Avenida Tancredo Neves com a Avenida Capitão Índio Bandeira (rotatória que dá acesso a saída do município em direção a Maringá – PR), apresentou as seguintes quantidades de veículos que trafegaram durante as amostras realizadas, conforme ilustra a Figura 8, e compara as quantidades destes veículos através das porcentagens obtidas através dos dados coletados neste mesmo Ponto.



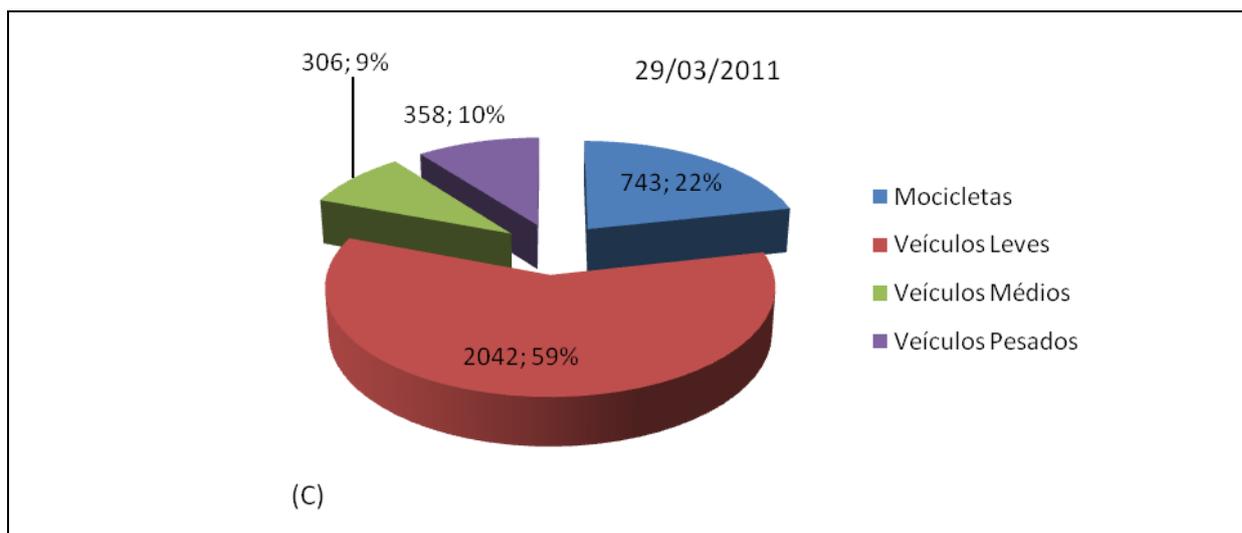


Figura 8 - Comparação percentual entre as amostragens do Ponto 4, no primeiro dia de medição (A), segundo (B) e terceiro (C) dia.

A localização do Ponto 4 é caracterizada por ser um local de acesso à cidade de Campo Mourão, por veículos que trafegam pela rodovia BR 369 e adentram ao município, e vice-versa.

O horário em que houve maior fluxo de veículos foi o que corresponde das 07:00 horas até as 08:00 horas, em todos os dias de medições.

Dentre as amostras realizadas neste ponto, ocorre a predominância da quantidade dos veículos leves (automóveis de passeio, de pequeno porte em geral) seguido das motocicletas, nas três medições feitas.

Em geral, a temperatura média nos três dias ficou próxima dos 24°C, com tempo seco, e ensolarado. Essas medições ocorreram durante a primavera de 2011 e o final do verão e início do outono de 2012.

5.2 EMISSÕES ATMOSFÉRICAS

Conforme Andrade (2009) traz em seu trabalho, não foram detectados alguns dos poluentes atmosféricos com este aparelho. As concentrações do gás sulfídrico permaneceram nulas durante todas as amostragens. A principal causa, segundo o mesmo autor, é que a reação deste gás com o oxigênio da atmosfera acaba formando o composto dióxido de enxofre (SO₂), e o amostrador não consegue detectar esse tipo de gás.

Das detecções realizadas a campo, foram realizadas 1.656 ocorrências, sendo que destas, 463 ocorreram no Ponto 1; 327 no Ponto 2; 375 no Ponto 3 e; 491 ocorreram no Ponto 4.

Segundo a Resolução CONAMA 03/1990, as detecções que apontaram concentração maior ou igual a 35 partes por milhão (ppm), estariam inadequadas agredindo a saúde humana. No Ponto 4, ocorreram um maior número de amostragem que apresentaram valores acima do permitido, sendo 29 detecções no total.

5.2.1 Amostragem da qualidade do ar no Ponto 1

Durante as medições realizadas na rotatória que dá acesso ao Bairro Lar Paraná, o aparelho portátil medidor de gases, em alguns momentos, indicou que a concentração do composto monóxido de carbono (CO) estava acima do aceitável definida pela Resolução CONAMA 03/1990. Como causa para essas elevadas concentrações, geralmente os veículos em piores condições de manutenção, somado com o tempo em que o mesmo ficou imóvel no mesmo local devido ao congestionamento do trânsito, fizeram com que emitissem mais poluentes à atmosfera.

Outro fator que contribuiu para este local ficar em segundo lugar na quantidade de detecções do aparelho, foi o alto número de veículos pesados que trafegaram neste local. Na maioria das vezes, após a passagem destes veículos, principalmente os que estavam visivelmente em piores condições de manutenção, logo o aparelho apontava uma concentração elevada.

A Figura 9 apresenta as concentrações obtidas durante as amostragens no Ponto 1, separando-as pela linha amarela as concentrações que estão abaixo ou acima do permitido (35 ppm).

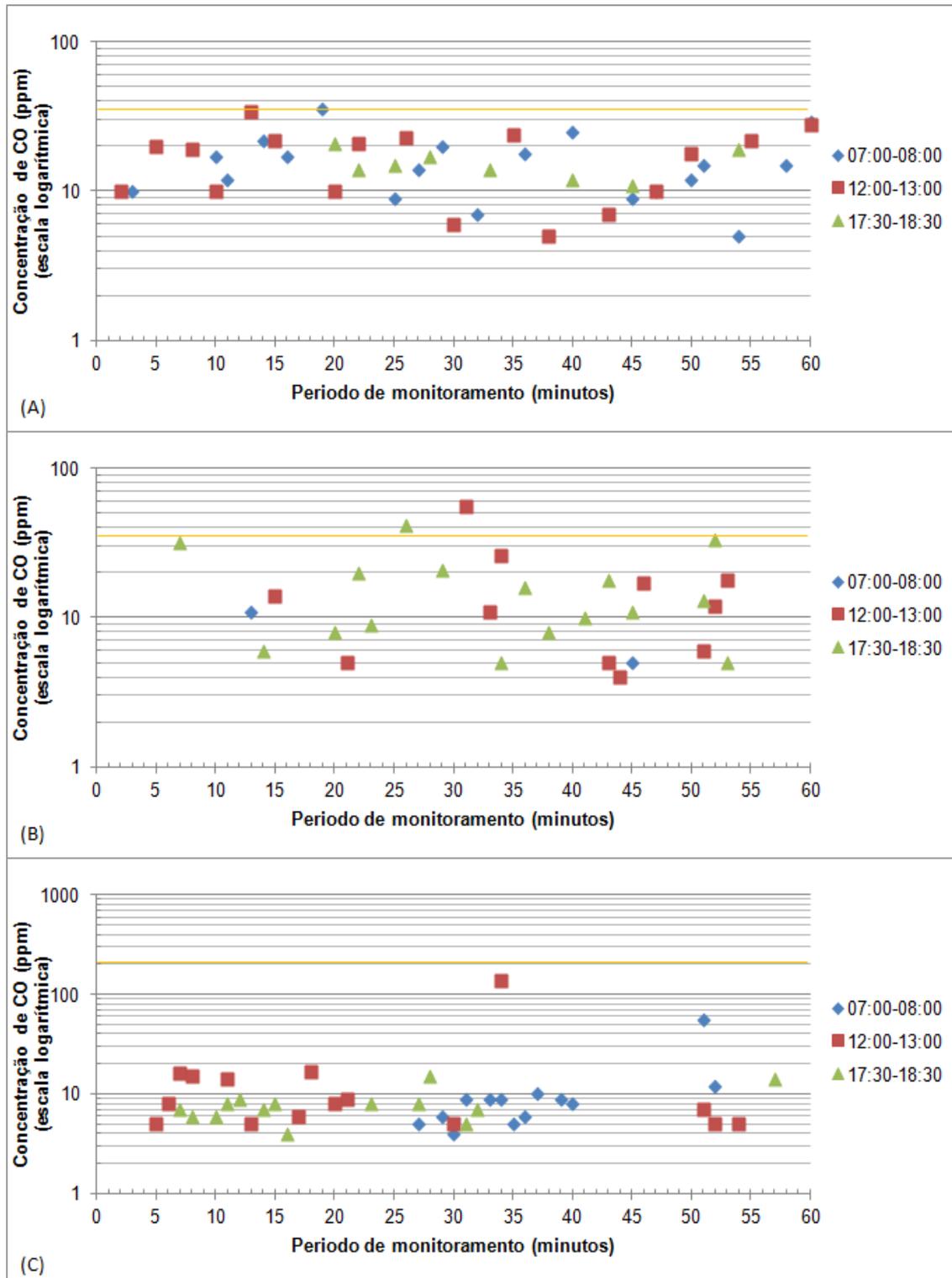
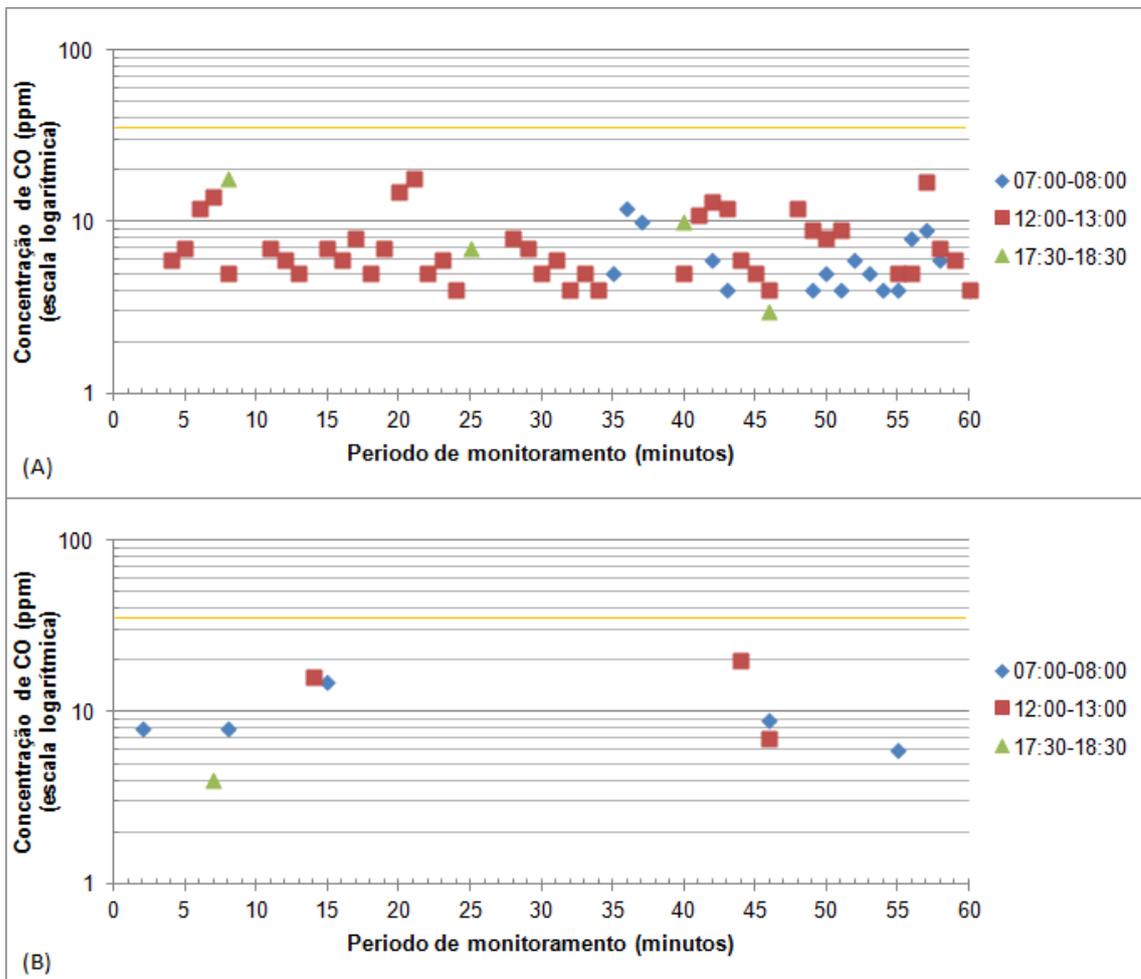


Figura 9 - Gráficos com as concentrações do gás monóxido de carbono (CO), detectados nas três medições, em 20/03/2012 (A), 28/03/2012 (B) e 30/03/2012 (C).

Há de se notar que foram poucas as detecções que ultrapassaram o limite estabelecido pelo CONAMA 03/1990, ainda que este local trafegaram vários veículos pesados.

5.2.2 Amostragem da qualidade do ar no Ponto 2

O Ponto 2, por ser localizado na região central da cidade, apresentou o menor número de detecções das concentrações de CO entre todos os pontos analisados. A Figura 10 ilustra os valores dessas amostragens.



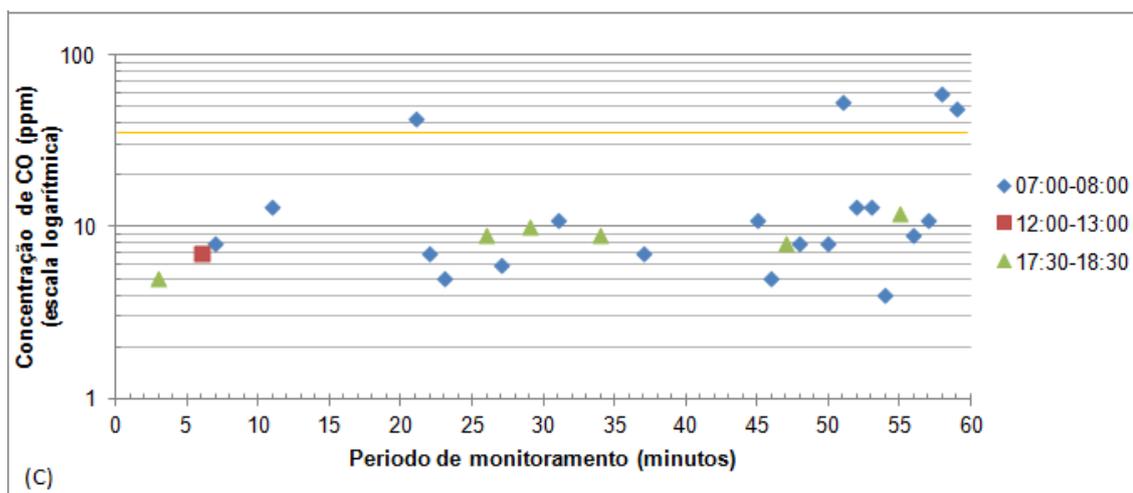


Figura 10 - Gráficos com as concentrações do gás monóxido de carbono (CO), detectados nas três medições, em 01/11/2011 (A), 26/03/2012 (B) e 12/04/2012 (C).

Pelo fato do Ponto 2 ter um fluxo de veículos com características diferentes, comparado ao Ponto 1, principalmente pelo fato de haver um menor número de veículos pesados, pode-se observar que o número de detecções da concentração do CO foi menor. Vale ressaltar também que como esta área (Ponto 2) é considerada um dos corredores que interligam os extremos da cidade, ocorre menos congestionamentos, os veículos em pior grau de conservação permanecem pouco tempo no mesmo local, o que pode justificar um grau de poluição menor.

5.2.3 Amostragem da qualidade do ar no Ponto 3

Como a localização do Ponto 3 é semelhante ao Ponto 2, as características do tráfego de veículos também são semelhantes. Um tráfego caracterizado por uma concentração maior de veículos leves e motocicletas, com menor número de veículos pesados, comparando-se com os Ponto 1 e Ponto 4.

As quantidades de emissões de CO, detectadas pelo aparelho portátil foram maiores que no Ponto 2 (Figura 11), porém menores que nos Ponto 1 e Ponto 4.

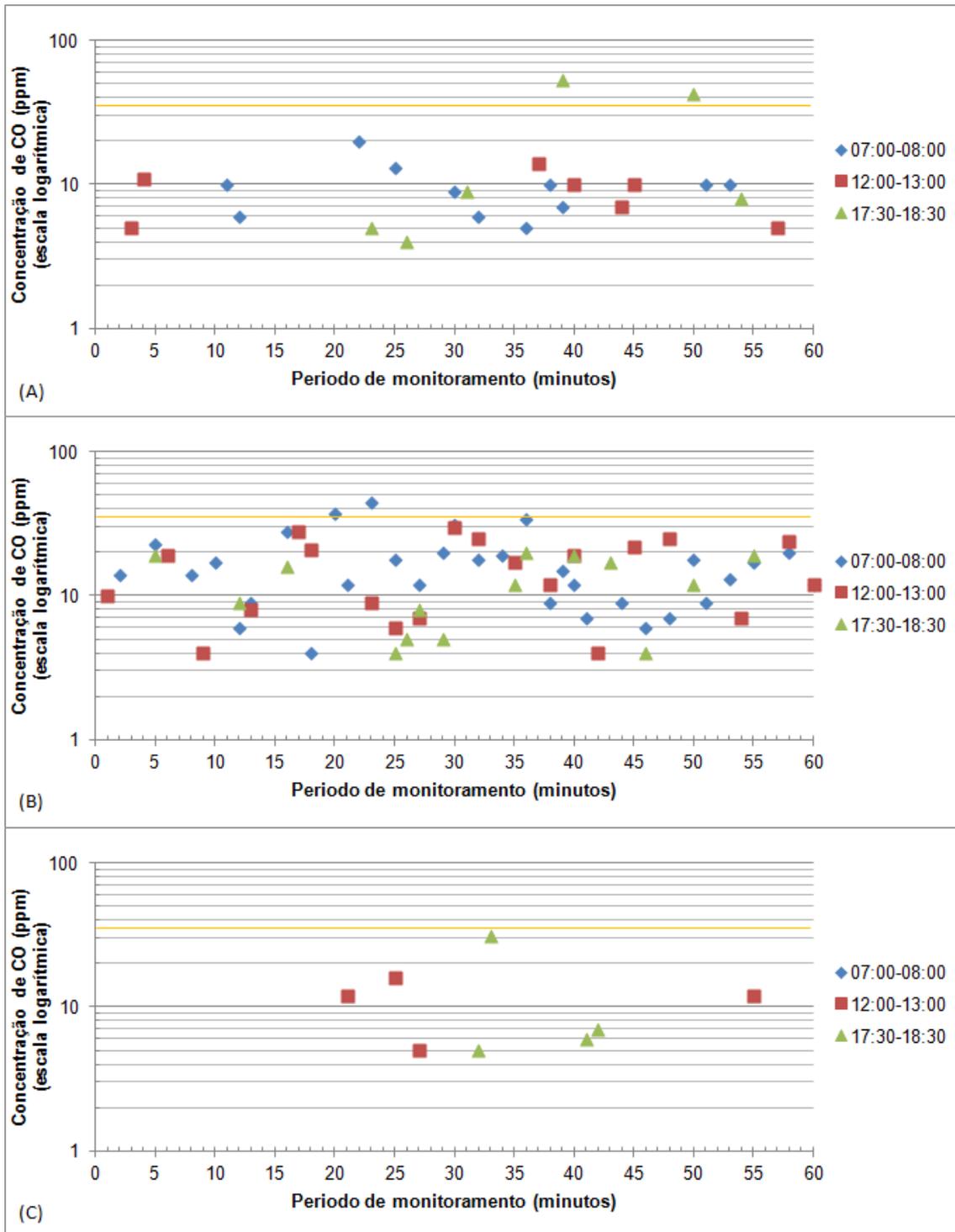
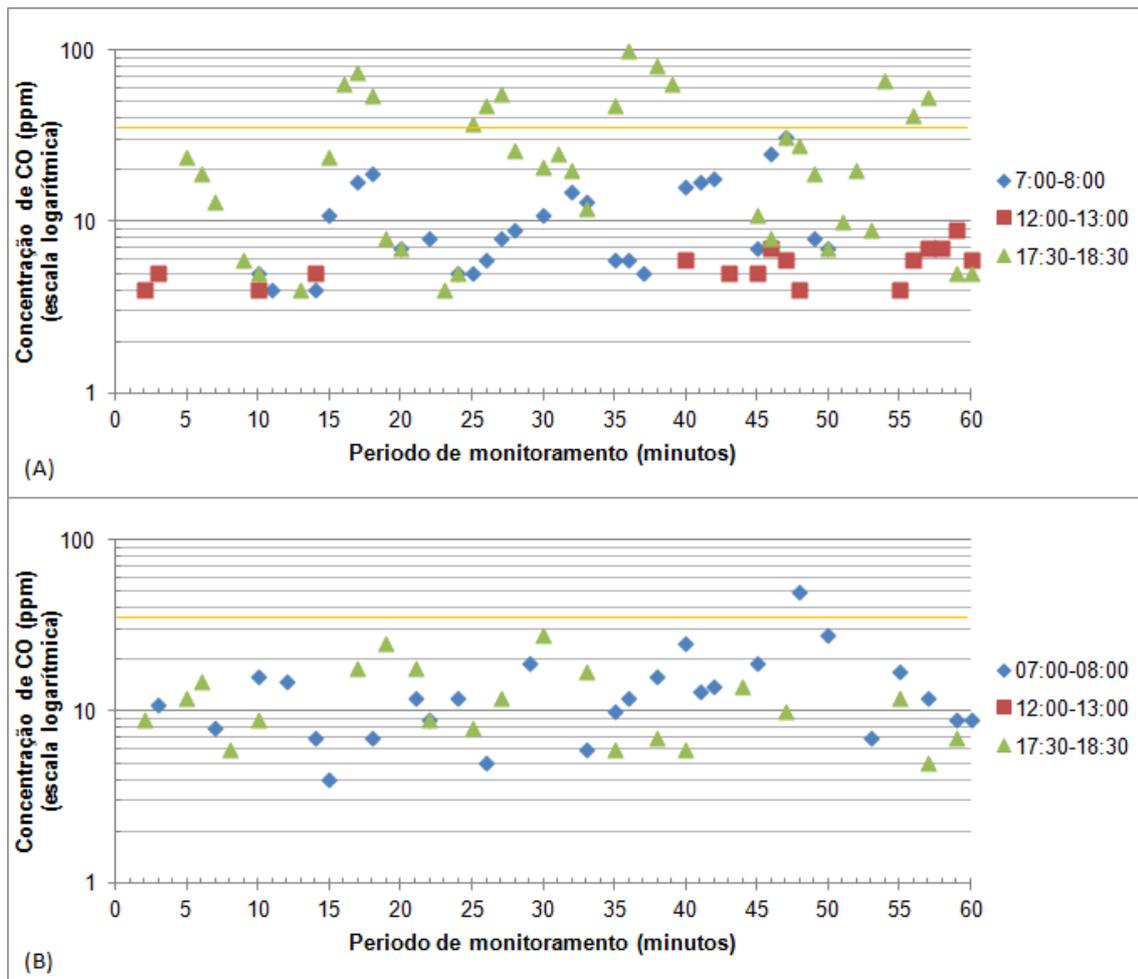


Figura 11 - Gráficos com as concentrações do gás monóxido de carbono (CO), detectados nas três medições, em 07/11/2011 (A), 21/03/2012 (B) e 11/04/2012 (C).

Conforme se pode observar na Figura 11, o segundo dia de medição foi o que apresentou mais detecções pelo aparelho. O horário da manhã (07h00min às 08h00min) mostrou que os poluentes não conseguiam se dispersar, devido a temperatura do tempo estar mais amena (cerca de 17°C) e condições climáticas, com poucos ventos no horário das medições.

5.2.4 Amostragem da qualidade do ar no Ponto 4

A qualidade do ar no Ponto 4, segundo o medidor portátil de gases, foi o que apresentou os piores índices de concentrações de monóxido de carbono. A Figura 12 ilustra os valores dessas detecções.



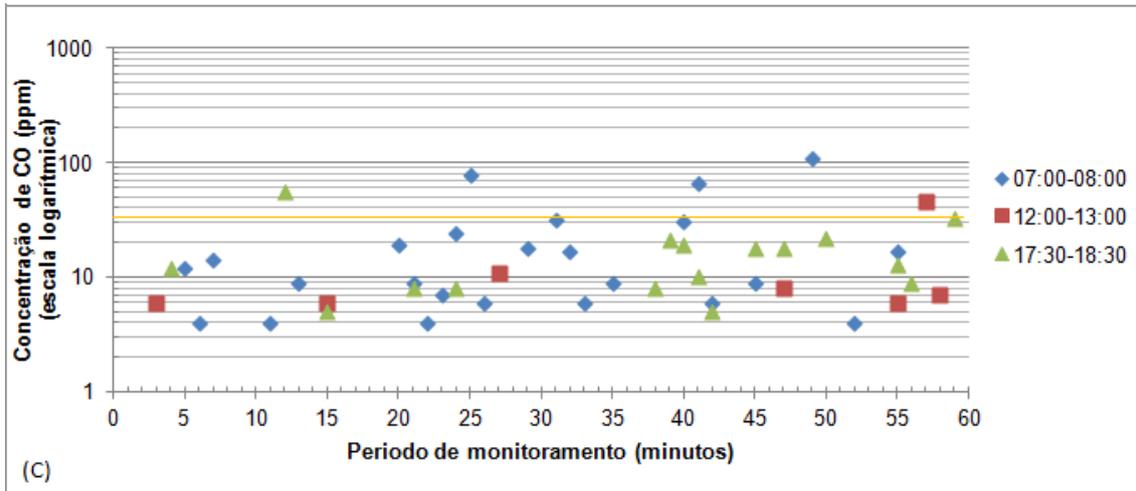


Figura 12 - Gráficos com as concentrações do gás monóxido de carbono (CO), detectados nas três medições, em 20/10/2011 (A), 09/03/2012 (B) e 29/03/2012 (C).

A Figura 12 mostra ainda que, este local (entroncamento da Avenida Tancredo Neves com a Avenida Capitão Índio Bandeira), foi o único ponto que apresentou concentrações tão elevadas, que chegaram a ultrapassar a marca de 100 ppm de CO.

O trânsito deste local é muito semelhante ao Ponto 1, por ser uma rotatória que dá acesso a outros municípios, e também por haver grande tráfego de veículos pesados.

6 CONCLUSÃO

Conforme os resultados obtidos entre a correlação da concentração dos poluentes emitidos (CO em ppm) com a quantidade de veículos que trafegaram durante as amostragens, pode-se afirmar que não há uma proporção. Notou-se que o grau de conservação destes veículos influenciava na emissão destes poluentes, bem como o tempo de permanência destes veículos no local.

A variação dos preços dos combustíveis (gasolina, etanol e óleo diesel), durante os meses em que foram realizadas as amostragens, permaneceu quase que estáveis, apresentando poucas variações, em média na ordem de dois centavos (ANP, 2012). Desta forma, a diferença do preço da gasolina nunca foi maior que setenta centavos, em relação ao preço do etanol, e como atualmente a frota de veículos são em grande parte com a tecnologia bicombustível, é possível que esta frota possa, em sua maioria, ter utilizado como combustível a gasolina ao invés do etanol, contribuindo para uma maior emissão dos poluentes.

Nos Ponto 1 e Ponto 4, durante os horários das amostragens, percebeu-se que ocorria um certo congestionamento, travando o tráfego dos veículos, e sendo que com a permanência destes, acabavam por liberar mais poluentes para a atmosfera. Uma saída para este problema seria a instalação de semáforos para auxiliar no fluxo deste local. Nos demais Pontos, no centro do município, o trânsito tem um bom fluxo, porém não há redutores de velocidade. A falta de semáforos nestas duas avenidas faz com que os veículos que tentam trafegar por elas proveniente das ruas que a atravessam apresentam uma maior dificuldade de locomoção, novamente permanecendo um maior tempo e emitindo poluentes num mesmo ponto.

Uma forma para auxiliar o trânsito no centro do município, seria a realização do sistema binário nas ruas que atravessam as Av. Irmãos Pereira, Av. Capitão Índio Bandeira, Av. Manoel Mendes de Camargo e também Av. José Custódio de Oliveira.

A respeito da qualidade do ar aferida pelo medidor portátil de gases, no geral, pode-se dizer que nos locais de amostragens, em Campo Mourão, foram poucas as medições que ultrapassaram o limite exigido pela Resolução CONAMA 03/1990, cujo valor máximo é 35 ppm (para o gás CO). Porém alguns veículos chegaram a emitir o triplo dos valores de CO permitidos.

Portanto, é necessária melhor fiscalização dos veículos mais antigos, e também dos mais novos que apresentam condições precárias para circular nas ruas, realizando então programas de inspeção veiculares, e também a aplicação de multas aos que ultrapassarem os valores máximos previstos em lei.

REFERÊNCIAS

- ANP. Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Sistema de levantamento de preços**, Brasília, DF, 2012. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/preco/prc/Resumo_Mensal_Index.asp>. Acesso em 18 mai. 2012.
- ALVES, Karina M. da S.; ALVES, Adriano E. L.; SILVA, Fernando M. Poluição do ar e saúde nos principais centros comerciais da cidade de Natal/RN. **Revista Holos**, Natal, v.4, 2009. Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/viewFile/349/289>>. Acessado em 18 mai. 2012.
- AMARAL, KÁSSIA A. S. do. **Diagnóstico das emissões atmosféricas de origem veicular por meio de analisador portátil de gases no município de Campo Mourão – PR**. 2001. 57f. Monografia (Pós-graduação em Gerenciamento e Auditoria Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2011.
- ANDRADE, Helisson H. B.; MARTINS, Larisssa F. V.; PINTO, Franklin M.; ARAUJO, José H. B. Diagnóstico das Emissões Atmosféricas de Origem Veicular no Município de Campo Mourão-Pr. **Anais do Simpósio de Pós-Graduação em Engenharia Urbana (SIMPGEU)**, Maringá, PR: UEM, 2009. Disponível em: <<http://www.dec.uem.br/simpgeu/pdf/67.pdf>>. Acessado em 18 mai. 2012.
- AZUAGA, Denise. **Danos ambientais causados por veículos leves no Brasil**. 2000. 193f. Monografia (Pós-graduação em Engenharia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000. Disponível em: <<http://www.climaenergia.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/dazuaga.pdf>>. Acessado em 18 mai. 2012.
- BALASSIANO, Ronaldo. **Alternativas tecnológicas para o ônibus urbano: avaliação do ônibus a gás natural comprimido, do Troleibus e de seus impactos ambientais atmosféricos**. 1991. 204f. Monografia (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1991.
- BELLEI, Maria. Processos de urbanização. **DireitoNet**. Sorocaba, nov. 2001. Disponível em: <<http://www.direitonet.com.br/artigos/exibir/496/Processo-de-urbanizacao>>. Acessado em 18 mai. 2012.
- BRASIL. Resolução CONAMA Nº 003, de 28 de junho de 1990. Dispõe sobre os padrões de qualidade do ar. **Diário Oficial da União República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 22 ago. 1990.
- BRASIL. Resolução CONAMA Nº 018, de 06 de maio de 1986. Institui o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE. **Diário Oficial da União República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 17 jun. 1986.

BW TECHNOLOGIES. *GasAlertMax XT II*. Disponível em: <<http://www.gasmonitors.com/main.cfm?sub2=89&page=prodpage&pid=5>>. Acesso em 12 mai. 2012.

CETESB. Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. **Qualidade do ar no Estado de São Paulo**, São Paulo, SP, 1990.

CARNEIRO, Maísa G; FERREIRA, José H. D. **Caracterização arbórea do município de Campo Mourão – PR**. Campo Mourão, PR: UTFPR, 2010.

DERÍSIO, José C. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. São Paulo: Signus, 2007.

FELLENBERG, Günter. **Introdução aos problemas da poluição ambiental**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1980.

FERNÍCOLA, Nilda A. G. G. de; LIMA, Ernesto R. Avaliação do grau de exposição de amostras populacionais de São Paulo (Brasil) ao monóxido de carbono. **Saúde pública**. São Paulo, v.13, n.2, p. 151-158, jun. 1979.

FREITAS, Mônica K. Poluição veicular urbana. **Revista Ecotour On-Line**, São Paulo, jan. 2006. Disponível em: <<http://www.revistaecotour.com.br/novo/home/default.asp?tipo=noticia&id=1346>>. Acesso em 02 mai. 2012.

GUERRA, Antonio J. T; CUNHA, Sandra B. da. **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. 5. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

GUIMARÃES, Paulo R. B. **Estudo sobre as relações entre as doenças respiratórias e a poluição atmosférica, variáveis climáticas e áreas verdes, na cidade de Curitiba, Paraná, Brasil**. 2011. 117f. Monografia (Pós-graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

HELENE, Maria E. M; BUENO, Marco A. F; GUIMARÃES, Maria R. F; PACHECO, Maria R; NUNES, Edelci. **Poluentes atmosféricos**. São Paulo: Scipione, 1994.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo 2010**. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/primeiros_dados_divulgados/index.php?uf=00> Acesso em: 03 mai. 2012.

LOPES, Daniel P. **A municipalização do trânsito urbano de Campo Mourão**. 2003. 35f. Monografia (Graduação em Tecnologia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2003.

LORA, Electo E. S. **Prevenção e controle da poluição nos setores energético, industrial e de transporte**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2002.

OGA, Seizi; CAMARGO, Márcia M. de A; BATISTUZZO, José A. de O. **Fundamentos de toxicologia**. 3. ed. São Paulo: Atheneu Editora, 2008.

PARANÁ (Estado). Secretaria do Estado da Segurança Pública – Departamento de Transito do Paraná – DETRAN PR. **Anuário estatístico**. Paraná. 2009. 136p. Disponível em: <

<http://www.detrان.pr.gov.br/arquivos/File/estatisticasdetrانito/anuario/2009/anuario2009.pdf> >. Acessado em 19 mai. 2012.

PARANÁ (Estado). Secretaria do Estado da Segurança Pública – Departamento de Transito do Paraná – DETRAN PR. **Frota de veículos cadastrados no Estado do Paraná – Posição em abril 2012**. Paraná. 2012. 08p. Disponível em: <

<http://www.detrان.pr.gov.br/arquivos/File/estatisticasdetrانito/frotadeveiculoscastradospr/2012/FrotaAbril2012.pdf> >. Acessado em 19 mai. 2012.

PARANÁ (Estado). Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMA. **Plano de Controle de Poluição Veicular – PCPV**. Paraná. 2011. 95p.

SILVA, Ederwanda B. L. **Estudo sobre a qualidade do ar na cidade de Juiz de Fora: Contribuição dos veículos automotores**. 2008. 58f. Monografia

(Especialização em Análise Ambiental) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2008.