



**UNIVERSIDADE DE RIBEIRÃO PRETO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS, NATURAIS E TECNOLOGIAS
MESTRADO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL**

RODOLFO KUREK

**DIAGNÓSTICO DO USO DE GRUPOS GERADORES
ESTACIONÁRIOS A ÓLEO DIESEL NA REGIÃO CENTRAL DE
RIBEIRÃO PRETO - SP**

Ribeirão Preto - SP
2018

RODOLFO KUREK

**DIAGNÓSTICO DO USO DE GRUPOS GERADORES
ESTACIONÁRIOS A ÓLEO DIESEL NA REGIÃO CENTRAL DE
RIBEIRÃO PRETO - SP**

Dissertação apresentada à Universidade de
Ribeirão Preto UNAERP, como requisito parcial
para a obtenção do título de Mestre em
Tecnologia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Murilo Daniel de Mello
Innocentini.

Ribeirão Preto - SP
2018

Ficha catalográfica preparada pelo Centro de Processamento
Técnico da Biblioteca Central da UNAERP

- Universidade de Ribeirão Preto -

K968d Kurek, Rodolfo, 1982-
Diagnóstico do uso de grupos geradores estacionários a óleo Diesel na região central de Ribeirão Preto - SP / Rodolfo Kurek. – Ribeirão Preto, 2018.
107 f.: il. Color.

Orientador: Prof. Dr. Murilo Daniel de Mello Innocentini.

Dissertação (mestrado) - Universidade de Ribeirão Preto, UNAERP, Tecnologia Ambiental. Ribeirão Preto, 2018.

1. Catalisadores. 2. Emissão de Poluentes Atmosféricos.
3. Qualidade do Ar. I. Título.

CDD 628

Rodolfo Kurek

“DIAGNÓSTICO DO USO DE GRUPOS GERADORES ESTACIONÁRIOS A
ÓLEO DIESEL NA REGIÃO CENTRAL DE RIBEIRÃO PRETO-SP”.

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre pelo programa de Mestrado Profissionalizante em Tecnologia Ambiental do Centro de Ciências Exatas, Naturais e Tecnologias da Universidade de Ribeirão Preto.

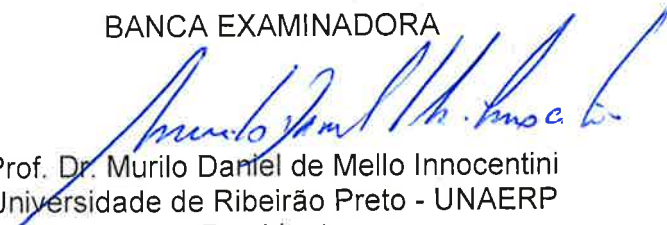
Orientador: Prof. Murilo Daniel de Mello Innocentini

Área de concentração: Tecnologia Ambiental

Data de defesa: 17 de Abril de 2018

Resultado: Aprovado

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Murilo Daniel de Mello Innocentini
Universidade de Ribeirão Preto - UNAERP
Presidente


Profa. Dra. Carmen Sílvia Gonçalves Lopes
Universidade de Ribeirão Preto – UNAERP


Prof. Dr. Márcio Turra de Ávila
Universidade Federal de São Carlos – UFSCAR

Ribeirão Preto
2018

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a minha família, por ter me ajudado na realização desta importante etapa da minha carreira como docente.

Aos meus colegas de mestrado, pelo apoio e companheirismo durante os trabalhos práticos e em grupo.

Ao meu orientador, pelo apoio técnico durante a elaboração desta dissertação.

Aos funcionários da UNAERP, pela dedicação e pronto atendimento às minhas solicitações durante o curso.

RESUMO

Neste estudo, foi diagnosticado o uso de Grupos Geradores Estacionários a Óleo Diesel (GGED) localizados na região central de Ribeirão Preto/SP. O diagnóstico baseou-se em visitas às edificações com mais de 1.500 m² de área construída e no preenchimento de um questionário sobre o uso de GGED, resultando no mapeamento dos controles de problemas ambientais. No total, foram realizadas 411 visitas a edificações e investigados 40 GGED, permitindo um diagnóstico com margem de erro de 5,22%. Estimou-se também o total de gás de combustão emitido pelos GGED existentes e para um cenário de aumento da demanda por este equipamento. Concluiu-se que controles contra a geração de ruídos e vazamento de combustível são utilizados na maioria dos GGED investigados, embora alguns destes controles tenham sido adotados após denúncias ou reclamações dos usuários das edificações visitadas. Com relação ao uso de catalisadores nas saídas dos escapes, o resultado foi alarmante, já que apenas 13% dos GGED apresentavam este dispositivo. No cenário atual, considerando 40 GGED, estimou-se o consumo de 1.919 litros de óleo diesel e a geração de 31,8 toneladas de gás de combustão por hora de funcionamento, ou seja, são geradas quantidades significativas de poluentes atmosféricos, contribuindo para a deterioração da qualidade do ar na região do estudo.

Palavras-chave: Catalisadores, Grupo Gerador a Óleo Diesel, Emissão de Poluentes Atmosféricos, Motores a Óleo Diesel, Qualidade do Ar.

ABSTRACT

The aim of this study was to assess the use of stationary diesel engines for power generation (GGED) which are located in the central area of Ribeirão Preto. The assessment was based on visits to buildings with more than 1,500 square meters and the application of a questionnaire form about the use of environmental control systems in GGED. In total, 411 buildings were visited and 40 GGED investigated, which helped to reach an error margin of 5.22% for this study. The total consumption of diesel was estimated for two different scenarios, one with the current numbers of GGED and another with an increased demand. The study concluded that controls of noise emissions and leaking fuels were widely applied; however, controls that are more expensive were only applied after building users complaints. In relation to the use of catalysts in the exhaust exits the results were disappointing, as only 13% of the GGED had catalysts installed. Considering the current scenario, the 40 GGED investigated are responsible for the consumption of 1.919 liters of diesel and emission of 31.8 tons of combustion gas per working hour, which contributes for the deterioration of the air quality in an already critical area of Ribeirão Preto.

Key words: Air Quality, Catalyst, Diesel Engines, Emission of Air Pollutants, Stationary Power Engines.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ART	Anotação de Responsabilidade Técnica
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental e de Defesa do Meio Ambiente
CPFL	Companhia Paulista de Força e Luz
CO	Monóxido de carbono
CO ₂	Dióxido de carbono
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DEC	Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora
FEC	Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora
GC	Gás de Combustão
GGED	Grupos Geradores Estacionários a Óleo Diesel
HC	Hidrocarbonetos
MP	Material Particulado
NO ₂	Dióxido de nitrogênio
NO _x	Óxidos de nitrogênio
SCR	Catalisadores Seletivos de Redução
SGT	Superintendência de Gestão Tarifária
SIGIBGE	Sistema de Informação Geográfica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
SO ₂	Dióxido de enxofre
SO _x	Óxidos de enxofre
WHO	World Health Organization

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS	12
2.1	OBJETIVO GERAL	12
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
3	REVISÃO DA LITERATURA	13
3.1	MATRIZ ENERGÉTICA NO BRASIL	13
3.2	INDICADORES DE INTERRUPÇÃO DE ENERGIA	16
3.3	GRUPOS GERADORES ESTACIONÁRIOS A ÓLEO DIESEL	19
3.3.1	Motor a Óleo Diesel	20
3.4	LEGISLAÇÃO	23
3.5	PROBLEMAS AMBIENTAIS RELACIONADOS AO USO DE GGED	26
3.5.1	Emissão de Ruídos	26
3.5.2	Vazamento de Combustível	29
3.5.3	Emissão de Poluentes Atmosféricos	32
4	METODOLOGIA	41
4.1	LEVANTAMENTO DOS GGED	41
4.1.1	Identificação dos GGED	42
4.1.2	Características das Edificações	44
4.1.3	Características dos GGED	45
4.2	DIAGNÓSTICO DO USO DE GGED	45
4.2.1	Margem de Erro	46
4.2.2	Emissão de Ruídos	47
4.2.3	Armazenamento de Combustível	48
4.2.4	Poluição Atmosférica	49
4.3	ESTIMATIVA DA EMISSÃO DE GÁS DE COMBUSTÃO	50
4.3.1	Cálculo da Proporção Estequiométrica de Ar/combustível	51
4.3.2	Cálculo da Emissão de Gás de Combustão	51
4.3.3	Simulação de Cenário	53
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	54
5.1	LEVANTAMENTO DOS GGED	54
5.1.1	Identificação dos GGED	54
5.1.2	Características das Edificações	57
5.1.3	Características dos GGED	57
5.2	DIAGNÓSTICO DO USO DE GGED	61
5.2.1	Margem de Erro	61
5.2.2	Emissão de Ruídos	62
5.2.3	Armazenamento de Combustível	66
5.2.4	Poluição Atmosférica	68
5.3	ESTIMATIVA DA EMISSÃO DE GÁS DE COMBUSTÃO	74
5.3.1	Cálculo da Proporção Estequiométrica de Ar/combustível	74
5.3.2	Cálculo da Emissão de Gás de Combustão	75
5.3.3	Simulação de Cenário	78

5.3.4	Qualidade do Ar em Ribeirão Preto.....	81
6	CONCLUSÃO.....	84
	REFERÊNCIAS.....	86
	APÊNDICE.....	92
	ANEXOS.....	96

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, os consumidores brasileiros de energia elétrica têm sofrido com inúmeras falhas no fornecimento de energia e sucessivos aumentos de tarifas de energia, principalmente durante os horários de maior consumo. As concessionárias de energia, empresas responsáveis pelo fornecimento e distribuição da energia elétrica, apontam a crise hídrica como a principal causa destes acontecimentos. Em parte, a diminuição da capacidade de geração de energia a partir de usinas hidrelétricas é compensada pelo acionamento das usinas termelétricas que, apesar de suprirem a demanda exigida, possuem um custo operacional mais elevado.

Somada à dependência da matriz energética brasileira por hidrelétricas, que corresponde a grande parte do total da energia gerada no país, está a falta de investimentos no setor que contribui para a diminuição da confiabilidade da rede de distribuição e aumento das falhas no fornecimento de energia. Neste cenário adverso, os consumidores de energia têm buscado fontes alternativas para a geração de energia, visando manter as suas operações durante estas interrupções. Dentre as opções mais viáveis para estes consumidores estão os grupos geradores estacionários a óleo diesel (GGED) e as baterias elétricas, porém, o primeiro destaca-se pela sua maior autonomia. Os GGED são encontrados geralmente em edificações com muitos usuários ou dependentes de equipamentos elétricos para as suas operações básicas, destacando-se os hospitais, hotéis, instituições financeiras, supermercados e prédios comerciais.

Os GGED também são fontes significativas de poluição e necessitam de controles para atenuar a geração de ruídos, conter possíveis vazamentos de combustível e reduzir a emissão de poluentes atmosféricos. Apesar da existência de normas técnicas e legislações específicas tanto para a instalação quanto para o uso destes equipamentos, observa-se que muitas exigências legais são negligenciadas, principalmente em edificações antigas ou que não previam a instalação destes equipamentos em seu projeto original.

A poluição atmosférica gerada a partir da queima do óleo diesel pode ser considerada o principal problema ambiental oriundo do uso de GGED, pois resulta na emissão de gases poluentes, destacando-se o gás carbônico, o monóxido de carbono, os hidrocarbonetos totais e material particulado (fumaça e fuligem). O uso de tecnologias, como os catalisadores, contribui significativamente para a redução na

emissão dos gases tóxicos, resultando na melhora da qualidade do ar e na diminuição dos riscos à saúde das pessoas que respiram estes gases.

O município de Ribeirão Preto, grande polo agroindustrial do Brasil, destaca-se pela produção de açúcar, etanol e produtos agroquímicos. Este município que possui 675 mil habitantes e têm uma região central composta por aglomerações de prédios, além da intensa circulação de veículos e pessoas, apresenta a sua região central como área crítica para a manutenção da qualidade do ar em níveis satisfatórios.

Diferentemente da cidade de São Paulo, que estabeleceu os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos e ruídos oriundos dos GGED através do Decreto Municipal nº 54.797, de janeiro de 2014, Ribeirão Preto ainda não possui tais limites em sua legislação vigente. A falta de uma legislação específica para a utilização dos GGED e o aumento da demanda por este tipo de equipamento são as principais motivações para a elaboração do diagnóstico do uso de GGED na região central de Ribeirão Preto. Além do diagnóstico, também foram estimadas as emissões de gás de combustão provenientes do uso de GGED, bem como feita a simulação de um cenário de aumento do uso de GGED na região central do município em estudo.

2 OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho foram divididos em geral e específicos, onde os objetivos específicos estabeleceram os passos para que o objetivo geral fosse atingido.

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho foi diagnosticar o uso de GGED localizados nas edificações da região central do município de Ribeirão Preto, bem como estimar a emissão de gás de combustão devido ao uso destes equipamentos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Visando atingir o objetivo geral, foram realizados os seguintes objetivos específicos:

- Levantamento dos GGED existentes na região central de Ribeirão Preto, bem como as características das edificações e perfil dos GGED;
- Mapeamento do uso de controles de emissão de ruídos, vazamento de combustível e emissão de poluentes atmosféricos;
- Cálculo da proporção estequiométrica de ar/combustível para o óleo diesel adotado;
- Cálculo da emissão de gás de combustão para cada GGED investigado;
- Simulação de um cenário de aumento de uso de GGED, ou seja, assumindo que 100% das edificações visitadas neste estudo utilizem GGED como fonte alternativa para a geração de energia elétrica.

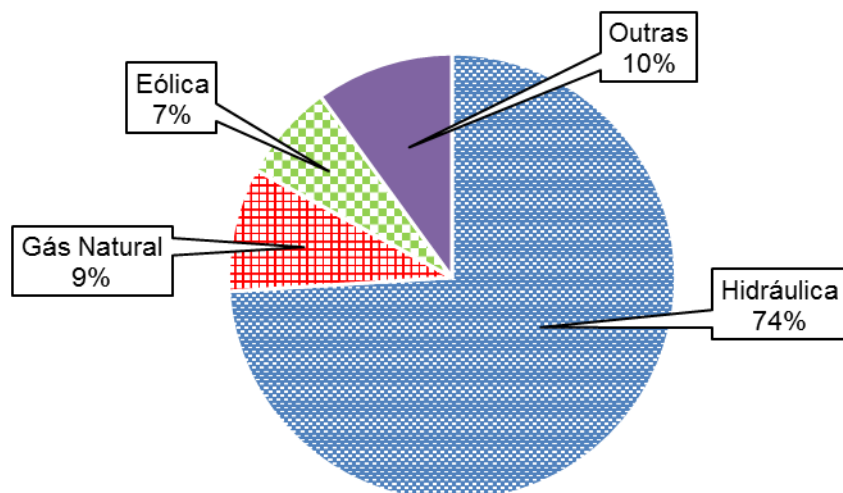
3 REVISÃO DA LITERATURA

A composição da matriz energética brasileira e os indicadores de monitoramento de interrupções do fornecimento de energia adotados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) são abordados neste tópico. Também são explicados o conceito de funcionamento do motor a óleo diesel bem como os problemas ambientais e legislações vigentes relacionados ao uso de GGED.

3.1 MATRIZ ENERGÉTICA NO BRASIL

A matriz energética no Brasil é composta por dois tipos de fontes geradoras de energia, renováveis e não renováveis. Dentre as principais fontes renováveis destacam-se a hidráulica, eólica e biomassa. Já as principais fontes não renováveis são provenientes do gás natural, óleo diesel, carvão mineral e nuclear (ANEEL, 2017b). De acordo com os dados divulgados pela ANEEL (2017b), em 2017 a geração de energia por fontes renováveis representou 82% da energia total gerada no Brasil. Na Figura 1 são apresentadas as participações por tipo de fonte geradora em relação ao total da energia gerada no Brasil no ano de 2017.

Figura 1 – Gráfico com as participações por tipo de fonte geradora em relação ao total da energia gerada no Brasil no ano de 2017.



Fonte: Adaptado de Agência Nacional de Energia Elétrica, 2017b.

Observa-se pelo gráfico apresentado na Figura 1 que a participação da geração hidráulica é de 74%, demonstrando a importância desta fonte de geração de energia

para o Brasil. Apesar de ser uma fonte renovável, a geração hidráulica é vulnerável às variações climáticas e incidências de chuvas nas áreas de captação de água das usinas hidrelétricas. Portanto, durante longas estiagens de chuvas, a capacidade de geração de energia é reduzida significativamente, resultando nas conhecidas “crises energéticas” que vêm ocorrendo nos últimos anos (BARROS, 2007).

Outras fontes de geração de energia, como as usinas eólicas e termelétricas, são alternativas para suprir a demanda exigida pelos consumidores brasileiros. Entretanto, a geração eólica ainda é pouco representativa, com participação de apenas 7% do total da energia gerada no Brasil (ANEEL, 2017b). Já as usinas termelétricas são acionadas durante as “crises energéticas”, porém, o seu alto custo operacional resulta na elevação das tarifas de energia, principalmente nos horários de maior consumo (BARROS, 2007). Na Tabela 1 são mostradas as participações por fonte geradora de energia no Brasil entre os anos de 2015 e 2017.

Tabela 1 – Participações por fonte geradora de energia no Brasil entre os anos de 2015 e 2017.

Participação por fonte	2015	2016	2017
Hidráulica	71,1%	75,7%	73,6%
Biomassa	1,2%	1,4%	1,6%
Eólica	3,7%	5,7%	6,8%
Renováveis	75,9%	82,8%	82,0%
Gás natural	13,0%	8,3%	9,2%
Óleo diesel/ Combustível	3,8%	1,5%	1,5%
Carvão	3,3%	2,9%	2,5%
Nuclear	2,8%	2,9%	2,9%
Outras	1,2%	1,6%	1,9%
Não renováveis	24,1%	17,2%	18,0%

Fonte: Adaptado de Agência Nacional de Energia Elétrica, 2017b.

Nota-se pela Tabela 1 que a participação da geração eólica cresceu de 3,7% para 6,8%, entre os anos de 2015 e 2017. Segundo o relatório gerencial da ANEEL (2017b), o crescimento da geração eólica é fruto de investimentos do setor privado, já que o governo federal disponibiliza as linhas de transmissão de energia e o setor privado é responsável pela implantação das usinas. Vale ressaltar que o aumento da participação da geração eólica faz parte da estratégia do governo federal de reduzir a dependência da geração hidráulica e aumentar a diversificação da matriz energética brasileira (BARROS, 2007).

Também é possível observar que o aumento da participação da geração hidráulica reduziu a participação das usinas termelétricas. Ou seja, entre os anos de 2015 e 2016, enquanto a participação da geração hidráulica aumentou de 71,1% para 75,7%, o desligamento das usinas termelétricas a gás natural reduziu a sua participação de 13,0% para 8,3%, entre os anos de 2015 e 2016, respectivamente.

Os agentes distribuidores de energia elétrica, também conhecidos como concessionárias de energia, são as empresas responsáveis pela distribuição de energia e cobrança das tarifas junto às unidades consumidoras (ANEEL, 2017b). Na Tabela 2 são apresentadas as participações das 10 maiores concessionárias de energia, em relação ao consumo total de energia elétrica no Brasil.

Tabela 2 – Participações das 10 maiores concessionárias de energia, em relação ao consumo total de energia elétrica no Brasil.

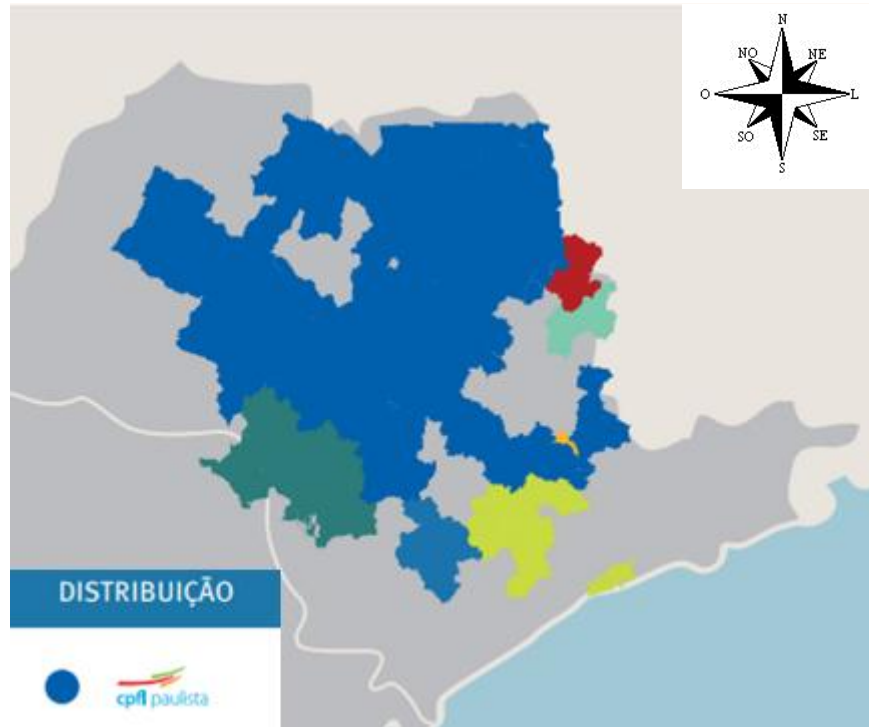
Concessionária de Energia	% em relação ao total nacional
Cemig Distribuição	10,2%
Eletropaulo Metropolitana Eletricidade de São Paulo	8,6%
Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia	7,2%
Copel Distribuição	5,6%
Companhia Paulista de Força e Luz	5,3%
Light Serviços de Eletricidade	4,8%
Companhia Energética de Pernambuco	4,5%
Companhia Energética do Ceará	4,2%
Companhia Energética de Goiás	3,5%
Celesc Distribuição	3,5%
Demais concessionárias	42,6%
Total	100,0%

Fonte: Adaptado de Superintendência de Gestão Tarifária, 2017.

A Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL) é a quinta maior concessionária de energia e possui participação de 5,3% do total nacional, conforme apresentado na Tabela 2. A CPFL é responsável pela distribuição de energia em mais de 230 municípios do Estado de São Paulo, atendendo mais de 4 milhões de consumidores. A CPFL-Paulista, empresa subsidiária da CPFL, é responsável pelo fornecimento de energia e manutenção da rede de distribuição no município de Ribeirão Preto (CPFL, 2017a).

Na Figura 2 é exibido o mapa de atuação da CPFL, bem como a área sob responsabilidade da CPFL-Paulista, identificada pela cor azul escuro.

Figura 2 – Mapa de atuação da Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL) com a área sob a responsabilidade da CPFL-Paulista, identificada pela cor azul escuro.



Fonte: Adaptado de Companhia Paulista de Força e Luz, 2017b.

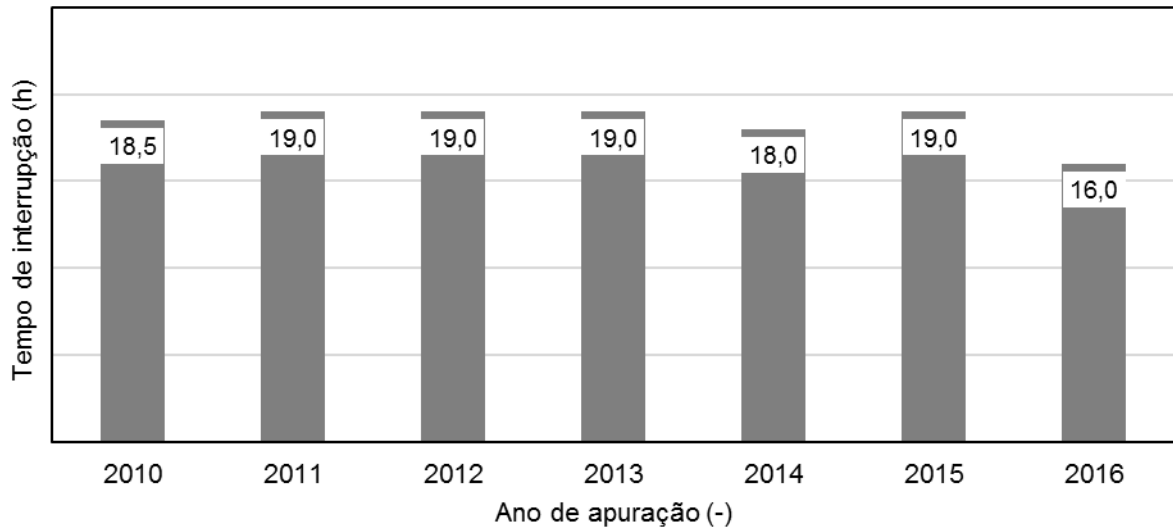
3.2 INDICADORES DE INTERRUPTÃO DE ENERGIA

A falta de investimentos nas redes de distribuição resulta no sucateamento e na falta de manutenção adequada, causando o aumento do número de interrupções no fornecimento de energia. Com o objetivo de monitorar a qualidade do fornecimento de energia junto às concessionárias de energia, a ANEEL estabelece limites de continuidade para estes serviços, o que é acompanhado através do uso de indicadores coletivos de continuidade (ANEEL, 2017a).

De acordo com o relatório gerencial da ANEEL (2017a), dois tipos de indicadores são coletados e enviados periodicamente pelas distribuidoras de energia, permitindo o monitoramento tanto do tempo quanto do número de vezes em que as unidades consumidoras de energia elétrica tiveram o seu fornecimento interrompido. O primeiro indicador corresponde à duração equivalente de interrupção por unidade consumidora, denominado DEC; já o segundo indicador refere-se à frequência equivalente de interrupção por unidade consumidora, também conhecido como FEC.

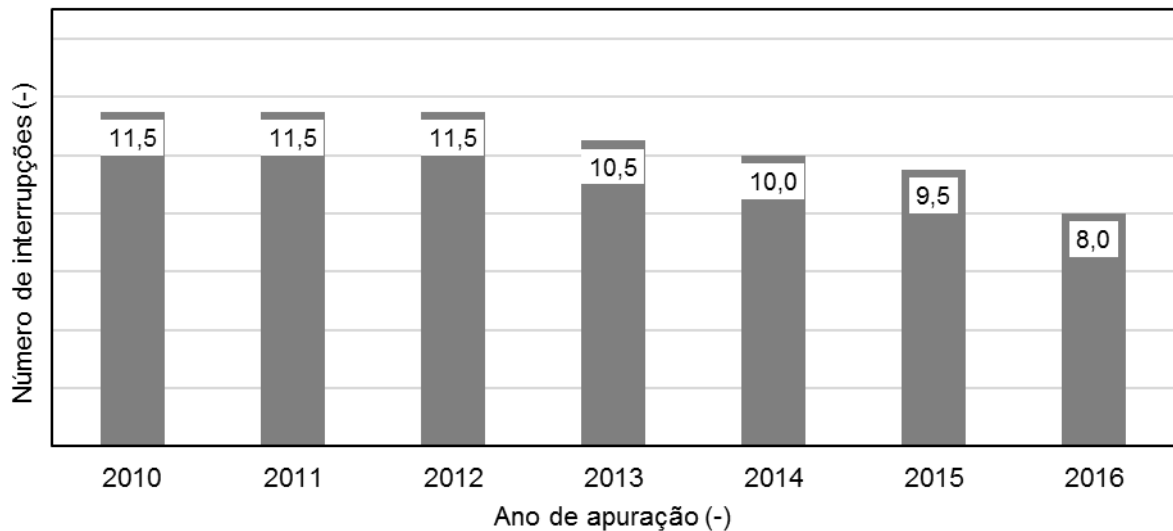
Nas Figuras 3 e 4 são mostrados os gráficos anuais do DEC e FEC relativos aos dados coletados no Brasil entre os anos de 2010 e 2016.

Figura 3 – Gráfico da duração equivalente de interrupção por unidade consumidora, DEC anual, no Brasil entre os anos de 2010 e 2016.



Fonte: Adaptado de Agência Nacional de Energia Elétrica, 2017a.

Figura 4 – Gráfico da frequência equivalente de interrupção por unidade consumidora, FEC anual, no Brasil entre os anos de 2010 e 2016.



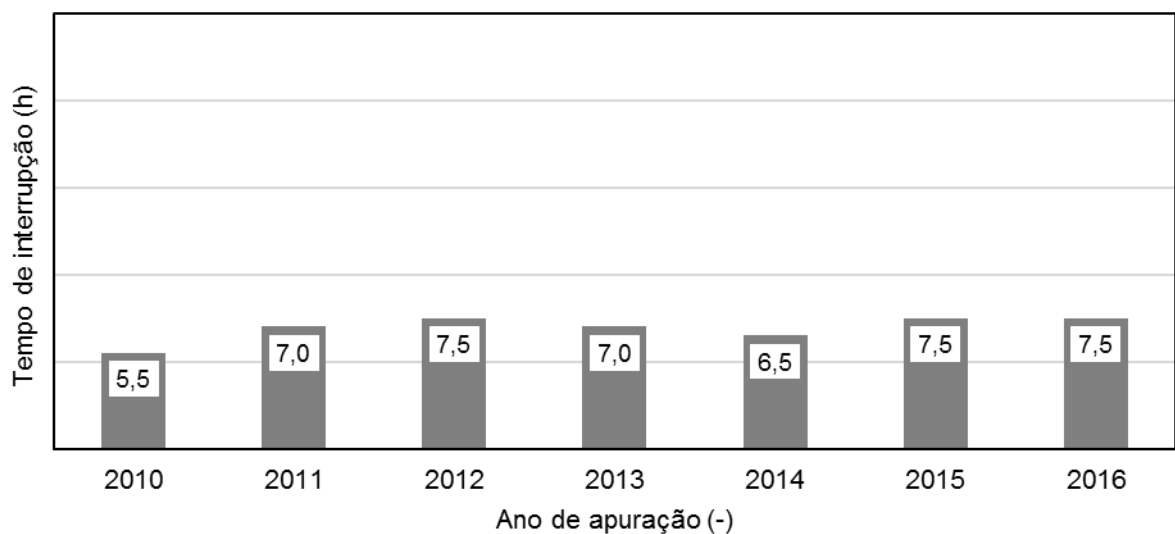
Fonte: Adaptado de Agência Nacional de Energia Elétrica, 2017a.

Com o auxílio do gráfico apresentado na Figura 3, observa-se que no ano de 2016 o tempo médio de interrupção do fornecimento de energia por unidade consumidora foi de 16 horas. Já no gráfico da Figura 4, nota-se que o número médio de interrupções por unidade consumidora no mesmo ano atingiu o valor 8. Vale lembrar que estes dados são fornecidos pelas concessionárias de energia à ANEEL e consideram a média nacional que contém diferentes tipos de unidades consumidoras como, por exemplo, residências, estabelecimentos comerciais e

indústrias. Logo, estes indicadores podem variar dependendo da região e do tipo de unidade consumidora analisada (ANEEL, 2017a).

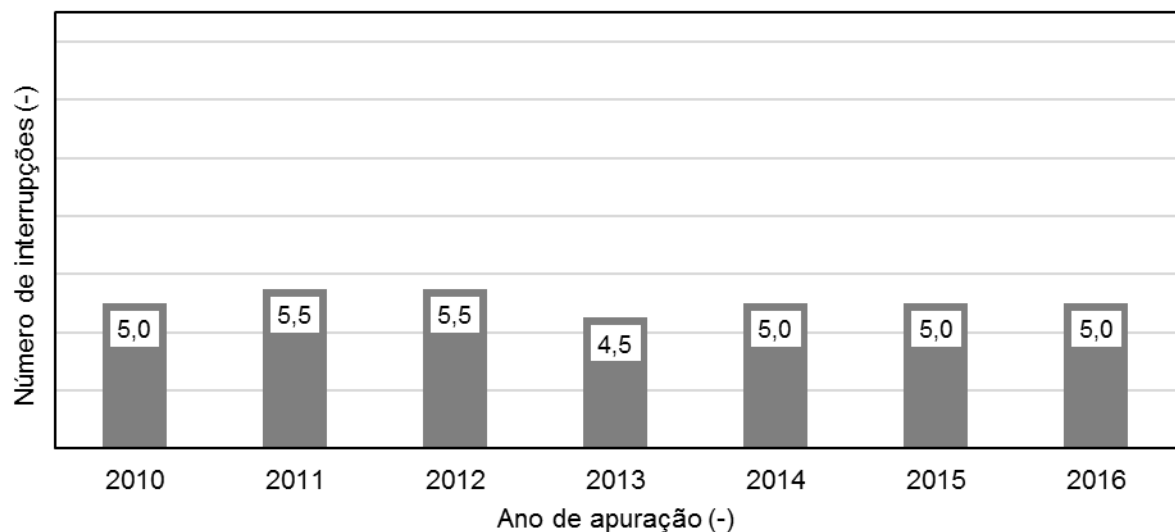
Apesar dos indicadores anuais DEC e FEC também serem divulgados para cada concessionária de energia, não foi possível obter dados da cidade de Ribeirão Preto. Entretanto, nas Figuras 5 e 6, são exibidos os gráficos dos indicadores DEC e FEC da CPFL–Paulista, que é a concessionária de energia responsável pela distribuição de energia para a cidade Ribeirão Preto, além de outros municípios.

Figura 5 – Gráfico da duração equivalente de interrupção por unidade consumidora, DEC anual da CPFL-Paulista, entre os anos de 2010 e 2016.



Fonte: Adaptado de Agência Nacional de Energia Elétrica, 2017a.

Figura 6 – Gráfico da frequência equivalente de interrupção por unidade consumidora, FEC anual da CPFL-Paulista, entre os anos de 2010 e 2016.



Fonte: Adaptado de Agência Nacional de Energia Elétrica, 2017a.

Com o auxílio do gráfico da Figura 5 é possível observar que o valor do DEC anual da CPFL-Paulista no ano de 2016 foi de 7,5 horas, ou seja, número significativamente menor que a média nacional de 16 horas. Já o FEC anual exibido na Figura 6 também apontou um desempenho superior da CPFL–Paulista em relação à média nacional para o ano de 2016, atingindo a média de 5 interrupções por unidade consumidora, contra o valor de 8 da média nacional.

3.3 GRUPOS GERADORES ESTACIONÁRIOS A ÓLEO DIESEL

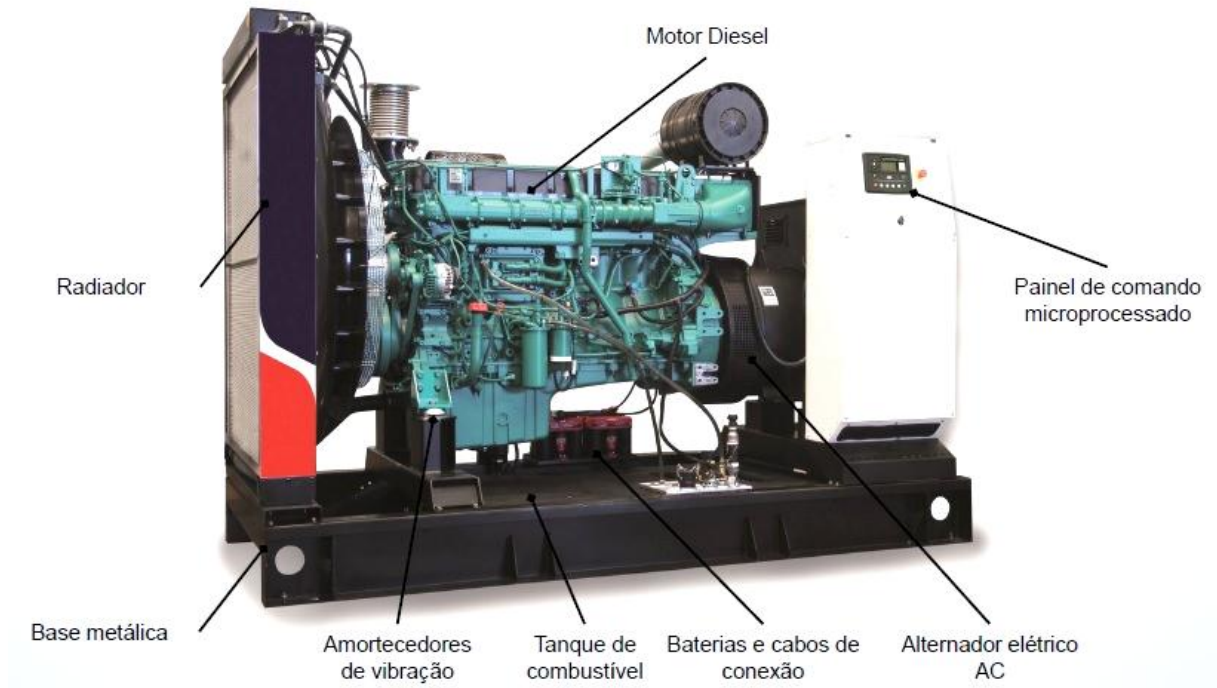
O avanço da crise energética no Brasil e a diminuição da confiabilidade dos sistemas de distribuição de energia motivaram os consumidores de energia elétrica a buscar fontes alternativas de geração de energia. Outro fator relevante para a adoção destas fontes de energia foram as constantes elevações dos preços das tarifas de energia, principalmente durante os horários de maior consumo, que viabilizam a adoção de um sistema mais econômico, como no caso dos GGED, os quais garantem o funcionamento de equipamentos elétricos durante os “apagões” de energia (BARROS, 2007).

Neste cenário, houve um aumento significativo nas aquisições e instalações de GGED, principalmente em edificações que dependem de equipamentos elétricos e possuem um grande fluxo diário de pessoas, como nos casos dos hospitais, supermercados, hotéis, bancos e “shopping centers” (BARROS, 2007). A Portaria nº 400 do Ministério da Saúde, de 6 de dezembro de 1977, determina o uso de fonte alternativa de geração de energia em hospitais com centros cirúrgicos (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 1997). Contudo, nas edificações com intensa circulação de pessoas, o uso de GGED é recomendado com o objetivo de garantir o funcionamento dos equipamentos de emergência e proteger as instalações prediais em caso de incêndio, conforme estabelecido na Lei Complementar nº 1.257, de 6 de janeiro de 2015 (GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2015).

Os GGED surgiram como principal opção de fonte alternativa para a geração de energia, pois além do fácil acesso ao óleo diesel, que pode ser comprado com facilidade em postos de combustíveis, também possuem autonomia geralmente superior a 8 horas. Dentre os principais equipamentos que compõem um conjunto responsável pela geração da energia elétrica a partir da queima do óleo diesel estão: motor a óleo diesel, base estrutural metálica, sistema elétrico e de controle, sistema

de resfriamento, alternador, tanque de combustível e sistema de exaustão de gases do motor (CUMMINS, 2011). Na Figura 7 é exibida a foto de um GGED da fabricante de grupos geradores chamada Stamac.

Figura 7 – Foto de um GGED da fabricante de grupos geradores Stamac.



Fonte: Adaptado de Stamac, 2017.

Apesar do GGED conter diversos equipamentos e sistemas auxiliares, o motor a óleo diesel é considerado o maior gerador de problemas ambientais neste tipo de equipamento (CUMMINS, 2011).

3.3.1 Motor a Óleo Diesel

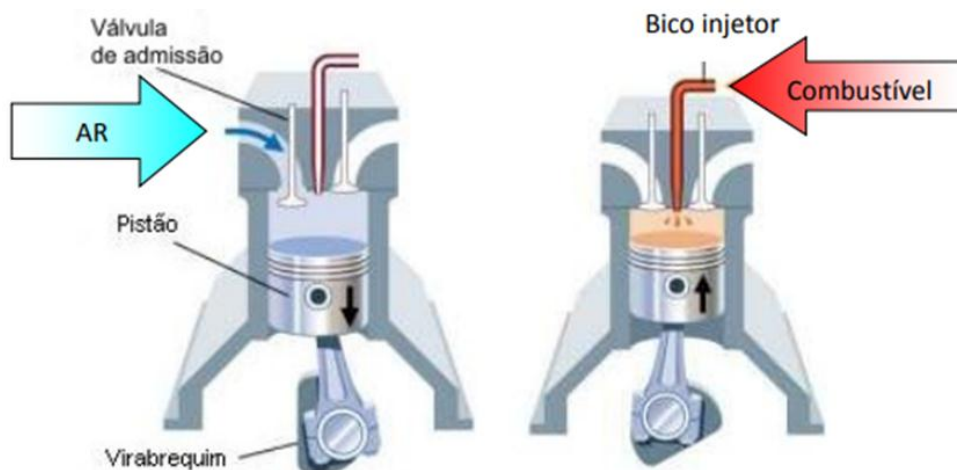
Os primeiros trabalhos com injeção de combustível em ar aquecido nos motores estacionários foram realizados pelo Dr. Rudolf Diesel, sendo seguido por outros pesquisadores, como o Dr. Hubert Akroyd Stuart, que contribuíram para o desenvolvimento dos motores de quatro tempos dos tipos estacionários e de propulsão para embarcações. Durante a Primeira Guerra Mundial, o desenvolvimento de motores a óleo diesel acelerou-se, sendo expandido para o uso em veículos automotores, e posteriormente, para caminhões e ônibus. A partir da Segunda Guerra Mundial, a maioria dos países industrializados já haviam desenvolvido a sua própria

gama de motores a óleo diesel, sendo estes destinados principalmente para o transporte de cargas (CHALLEN; BARANESCU, 1999).

O conceito de funcionamento do motor a óleo diesel baseia-se na conversão da energia química ou térmica, em energia mecânica, que é gerada a partir da combustão iniciada nas reações químicas entre o óleo diesel e o oxigênio do ar, resultando na movimentação dos pistões localizados nos cilindros dos motores. Estes pistões, que são conectados a um virabrequim, geram ações rotacionais que podem movimentar rodas de automóveis ou gerar energia elétrica, como no caso dos GGED (US DEPARTMENT OF ENERGY, 2003).

Apesar da grande evolução dos motores a óleo diesel nos últimos 100 anos, o conceito básico de quatro tempos continua o mesmo. O ciclo de trabalho destes motores pode ser dividido em quatro etapas: admissão, compressão, expansão e descarga (VARELLA; SANTOS, 2010). Na primeira etapa (admissão), o pistão desloca-se para baixo, permitindo a entrada de ar nos cilindros, o que preenche os espaços vazios deixados pela sua movimentação. Na segunda etapa (compressão), o pistão movimenta-se para cima, comprimindo e aquecendo o ar de forma simultânea (US DEPARTMENT OF ENERGY, 2003). Na Figura 8 são exibidas ilustrações das duas primeiras etapas, admissão e compressão, respectivamente.

Figura 8 – Desenhos esquemáticos das etapas de admissão (à esquerda) e compressão (à direita) nos motores a óleo diesel de quatro tempos.

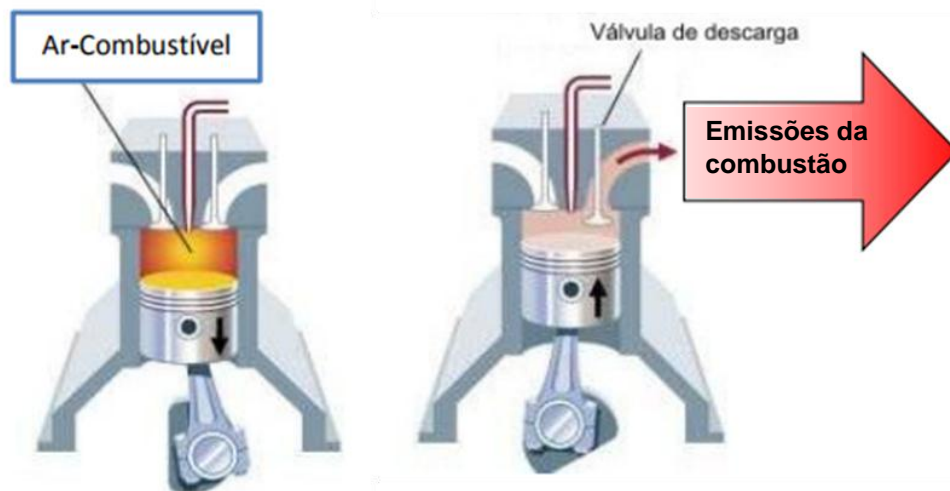


Fonte: Adaptado de Varella e Santos, 2010.

Já na terceira etapa (expansão), após a injeção do óleo diesel sob alta pressão, é iniciada a ignição espontânea que ocorre a partir do contato do combustível com o ar aquecido. A expansão dos gases devido à combustão movimenta os pistões para

baixo, completando assim o ciclo de força. Na última etapa (descarga), ao retornar à posição original, os pistões empurram os gases remanescentes para fora dos cilindros, facilitando a entrada de ar atmosférico e recomeçando a primeira etapa (admissão) (US DEPARTMENT OF ENERGY, 2003). Na Figura 9 são exibidas ilustrações das etapas de expansão e descarga, respectivamente.

Figura 9 – Desenhos esquemáticos das etapas de expansão (à esquerda) e descarga (à direita) nos motores a óleo diesel de quatro tempos.



Fonte: Adaptado de Varella e Santos, 2010.

O óleo diesel é um composto derivado da destilação do petróleo bruto, sendo basicamente formado por tipos variados de hidrocarbonetos, baixas concentrações de enxofre, nitrogênio e oxigênio. Dentre as principais propriedades exigidas nas especificações do óleo diesel estão densidade, índices de ignição, fluidez em baixas temperaturas, volatilidade e viscosidade. A qualidade do óleo diesel também é alterada pela presença de contaminantes e por sua estabilidade (CHALLEN; BARANESCU, 1999).

A preocupação com a extinção das reservas globais de combustíveis fósseis, iniciada na década de 70, motivou a busca por combustíveis alternativos com potencial para substituir os combustíveis derivados do petróleo. Destes combustíveis alternativos, destacam-se o óleo diesel reformulado, o gás natural comprimido, o etanol e o biodiesel. Apesar da extinção das reservas de petróleo não ter acontecido, os ganhos relacionados aos aspectos ambientais têm sustentado o interesse pelos combustíveis alternativos (CHALLEN; BARANESCU, 1999).

Segundo Challen e Baranescu (1999), dois fatores vêm guiando o desenvolvimento dos novos motores a óleo diesel, sendo o primeiro fator a busca pela

redução na emissão de poluentes atmosféricos, e o segundo a melhoria na eficiência do motor em relação ao consumo de combustível. Embora estes objetivos sejam conflitantes em algumas situações, o uso de turbo compressores, controles eletrônicos, melhorias nas câmaras de combustão e otimização da injeção de combustível, têm auxiliado na resolução de tais conflitos.

O desenvolvimento da injeção direta de óleo diesel nos cilindros dos motores, somado ao uso de sensores eletrônicos que monitoram e controlam a injeção, também permitiu que os fabricantes de motores conseguissem significantes aumentos de potência, melhorias no consumo de combustível e reduções na emissão de poluentes atmosféricos, como o monóxido de carbono (CO), gás carbônico (CO₂) e hidrocarbonetos não queimados. Embora as emissões de óxidos de nitrogênio (NO_x) e material particulado (MP) ainda não tenham atingido os padrões desejados, houve reduções de 90% se comparado com os índices de emissão da década de 80 (US DEPARTMENT OF ENERGY, 2003).

Os motores a óleo diesel também são mais eficientes que os motores movidos a gasolina, pois chegam a atingir eficiência de 45% contra apenas 30% do segundo. Estudos recentes indicam que o uso de novas tecnologias poderá aumentar a eficiência dos motores a óleo diesel para 50%, pois atualmente os limitantes estão relacionados às emissões de NO_x e MP (US DEPARTMENT OF ENERGY, 2003).

3.4 LEGISLAÇÃO

Com abrangência nacional, a resolução CONAMA nº 279, de 27 de junho de 2001, estabelece os procedimentos para o licenciamento ambiental de empreendimentos com pequeno potencial poluidor, como os que possuem GGED. O relatório ambiental simplificado, necessário para estes empreendimentos, exige tópicos como descrição do projeto, diagnóstico e prognóstico ambiental, além da apresentação de medidas mitigadoras e compensatórias, caso sejam necessárias. Esta resolução também estabelece que as alternativas tecnológicas devem ser avaliadas e implementadas, em caso de viabilidade econômica, afim de mitigar os impactos ambientais identificados (CONAMA, 2001).

No Estado de São Paulo, a Lei Estadual nº 997, de 31 de maio de 1976, instituiu o sistema de prevenção e controle do meio ambiente, estabelecendo os tipos de poluições relacionadas ao meio ambiente e suas respectivas penalidades, além de

apresentar os prejuízos à saúde humana devido a estas ações. Nesta lei também são descritos os equipamentos e dispositivos considerados fontes poluidoras, podendo estes serem do tipo móveis ou fixos, e que geram poluição através da emissão de gases poluentes, como os GGED. Em caso de desconformidade com os “Padrões de Qualidade do Meio Ambiente” ou “Padrões de Emissão”, a lei prevê a aplicação de penas que podem variar desde advertência até a suspensão das atividades realizadas no empreendimento (GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1976a).

Já o Decreto Estadual nº 8.468, de 08 de setembro de 1976, que foi atualizado pela redação do Decreto nº 54.487, de 26 de junho de 2009, aprovou o regulamento da Lei Estadual nº 997, de 31 de maio de 1976. Este decreto estabeleceu a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental e de Defesa do Meio Ambiente, CETESB, como órgão delegado pelo Governo do Estado de São Paulo para a aplicação tanto da Lei Estadual nº 997 quanto do Decreto nº 8.468. Entre as principais atribuições da CETESB estão o levantamento e cadastro das fontes poluidoras, que devem ser incluídos no inventário das fontes prioritárias de poluição (GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1976b).

No Decreto Estadual nº 59.113, de 23 de abril de 2013, foram estabelecidos os padrões estaduais de qualidade do ar, bem como os critérios para episódios agudos de poluição do ar, que podem ser de atenção, alerta ou emergência, dependendo dos parâmetros medidos, conforme mostrado na Tabela 3 (CETESB, 2018).

Tabela 3 – Parâmetros utilizados para a determinação do estado de poluição do ar para episódios agudos no Estado de São Paulo.

Parâmetros - Tempo de amostragem	Atenção	Alerta	Emergência
Partículas inaláveis finas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24h	125	210	250
Partículas respiráveis ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24h	250	420	500
Dióxido de enxofre ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24h	800	1.600	2.100
Dióxido de nitrogênio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 1h	1.130	2.260	3.000
Monóxido de carbono (ppm) - 8h	15	30	40
Ozônio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 8h	200	400	600

Fonte: Adaptado de Decreto Estadual de São Paulo nº 59.113, 2013.

Com relação à proteção contra incêndios, a Lei Complementar nº 1.257, de 6 de janeiro de 2015, instituiu o Código Estadual de Proteção Contra Incêndios e Emergências. Esta lei atribuiu ao Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo as atividades de análise dos projetos e fiscalização das instalações que

possuem áreas com risco de incêndio, além da fiscalização do cumprimento das normas de segurança (GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2015).

Já o município de Ribeirão Preto, através da Lei Municipal nº 5.329, de 15 de setembro de 1988, criou e designou à Secretaria Municipal de Meio Ambiente, a aplicação desta lei e normas nela estabelecidas. Esta lei também define o termo “poluição do ar”, bem como estabelece as normas para a utilização e preservação do meio ambiente, padrões de qualidade, controle e fiscalização das fontes poluidoras, como os GGED (PREFEITURA MUNICIPAL DE RIBEIRÃO PRETO, 1988).

A Lei Complementar nº 1.616, de 19 de janeiro de 2004, instituiu o código do meio ambiente e estabeleceu as normas gerais para o controle da qualidade ambiental, atribuindo ao município de Ribeirão Preto a responsabilidade de fiscalizar as ações de prevenção e combate à poluição do ar, considerando os parâmetros de poluentes atmosféricos previstos nas legislações do Estado e da União. No caso da metodologia de coleta e análise em fontes estacionárias, ficou estabelecido que deverão ser seguidas as normas técnicas da ABNT e da CETESB (PREFEITURA MUNICIPAL DE RIBEIRÃO PRETO, 2004).

No Brasil, o uso de catalisadores nos GGED ainda não é obrigatório na maioria das cidades, porém, a prefeitura do município de São Paulo aumentou as restrições relacionadas aos problemas ambientais gerados por este equipamento. Através do Decreto Municipal nº 54.797, de 28 de janeiro e 2014, a prefeitura de São Paulo estabeleceu os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos gerados por GGED, estejam estes equipamentos instalados em edificações públicas ou privadas (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO, 2014). Na Tabela 4 são exibidos os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para a cidade de São Paulo.

Tabela 4 – Limites máximos permitidos para a emissão de poluentes atmosféricos, oriundo de GGED, na cidade de São Paulo, em mg/Nm³.

Ano kVA*	2015-2017**			2018-2020**			a partir de 2021**		
	NO _x +HC	CO	MP	NO _x +HC	CO	MP	NO _x +HC	CO	MP
0-45	4526	4828	483	4526	3983	241	4526	3983	241
46-161	4647	3017	241	2836	3017	241	356	3017	12
162-700	3983	2112	121	2414	2112	121	356	2112	12
>700	3862	2112	121	3862	2112	121	2227	2112	24

*Potência nominal do motor. **Valores em mg/Nm³.

Fonte: Adaptado de Decreto Municipal de São Paulo nº 54.797, 2014.

3.5 PROBLEMAS AMBIENTAIS RELACIONADOS AO USO DE GGED

Ao entrarem em funcionamento, os GGED geram problemas ambientais como excesso de ruídos, vazamentos de combustível e emissão de gases poluentes. Porém, a atenuação ou eliminação destes problemas ambientais pode ser atingida através do uso de tecnologias de controles de poluição instaladas durante a fabricação ou após a instalação dos GGED (CUMMINS, 2011).

Os itens a seguir abordam os principais problemas ambientais relacionados ao uso de GGED, bem como as soluções tecnológicas usadas para o controle destes problemas e que estão disponíveis no mercado brasileiro de acessórios para GGED.

3.5.1 Emissão de Ruídos

Com relação a emissão de ruídos, a Lei Complementar nº 1.616, de 19 de janeiro de 2004, estabeleceu que o município de Ribeirão Preto siga os padrões e critérios na Norma NBR 10.151 – Avaliação de Ruído em Áreas Habitadas. Segundo a NBR 10.151 (2000), os limites máximos de ruídos para ambientes externos são divididos por horários, diurnos ou noturnos, e podem variar dependendo dos hábitos da população local. Na Tabela 5 são mostrados os limites máximos de ruídos permitidos, segundo a NBR 10.151, para os períodos diurno e noturno.

Tabela 5 – Limites máximos de ruídos permitidos, segundo a Norma NBR 10.151, para os períodos diurno e noturno.

Tipo de área	Diurno*	Noturno*
Área de sítios ou fazendas	40 dB	35 dB
Área estritamente residencial urbana, hospitais ou escolas	50 dB	45 dB
Área mista, predominantemente residencial	55 dB	50 dB
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60 dB	55 dB
Área mista, com vocação recreacional	65 dB	55 dB
Área predominantemente industrial	70 dB	60 dB

**No caso de ambientes internos, deve-se considerar a utilização normal do ambiente e aplicar uma correção de -10 dB, no caso de janela aberta, e -15 dB, no caso de janela fechada.*

Fonte: Adaptado de NBR 10.151, 2000.

Segundo a Cummins, uma das maiores fabricantes de grupos geradores no Brasil, os ruídos emitidos por GGED podem superar 100 dB, quando desprovidos da proteção acústica adequada (CUMMINS, 2011). De acordo com Vesilind et al. (2010), além do desconforto, a exposição aos ruídos excessivos por longos períodos, pode

causar a surdez parcial ou total nos seres humanos. Por este motivo, o uso dos controles contra ruídos nas instalações de GGED se torna indispensável.

Segundo Challen e Baranescu (1999), os ruídos gerados pelos motores a óleo diesel podem ser classificados quanto a sua origem, movimentação do ar ou vibração. Os ruídos gerados pela movimentação do ar ocorrem principalmente durante a sua sucção e exaustão. Porém, os acessórios que acompanham estes sistemas, como os ventiladores, também são fontes geradoras de ruídos excessivos. Já no caso dos ruídos gerados pelas vibrações, a principal fonte geradora de ruído é a própria vibração que ocorre durante o funcionamento do motor.

Os ruídos emitidos através do sistema de exaustão de gases de escape são gerados dentro dos cilindros do motor a partir da pressão exercida pelos gases após a ignição. O principal e mais comum controle de ruído utilizado é o silenciador, equipamento instalado nas saídas dos gases de escape, conforme exibido na foto da Figura 10 (CHALLEN; BARANESCU, 1999).

Figura 10 – Foto de silenciadores instalados nas saídas dos gases de escape de GGED da fabricante de grupos geradores Stemac.



Fonte: Adaptado de Stemac, 2017.

Entretanto, novas tecnologias vêm sendo desenvolvidas e aplicadas com sucesso, principalmente para os veículos automotivos, como por exemplo, o uso de sensores que identificam as frequências dos ruídos gerados e emitem uma frequência “destrutiva”, que é responsável por anular o ruído originalmente gerado (CHALLEN; BARANESCU, 1999).

Com relação aos ruídos gerados a partir da sucção do ar, o controle de ruído mais eficiente baseia-se na aplicação de materiais que são atenuadores de ruídos, geralmente polímeros, que substituem os metais revestidos com alumínio (CUMMINS, 2011). Conforme mencionado anteriormente, os ventiladores dos GGED também são fontes geradoras de ruídos excessivos, originados a partir da perturbação causada pelo contato do ar com as hélices. Apesar de não existirem controles específicos para este tipo de ruído, a principal recomendação é o dimensionamento adequado do conjunto motor-ventilador, pois a velocidade de rotação do motor influencia diretamente no desempenho do ventilador (SDMO-MAQUIGERAL, 2012).

Já os ruídos gerados pelo funcionamento motor, devido ao processo de combustão, podem ser atenuados através do uso de peças revestidas com materiais que reduzam a geração de ruídos, peças geralmente instaladas pelo fabricante durante a montagem do motor. Entretanto, em casos extremos de excesso de ruídos, também é possível fazer uso de uma manta de isolamento acústico sobre todo o motor (CHALLENGE; BARANESCU, 1999).

As vibrações causadas pelo contato entre a estrutura metálica do GGED e a base de concreto, também são fontes de geração de ruídos excessivos. Neste caso, um controle comumente utilizado são os isoladores de vibração feitos com molas de aço. Estes isoladores podem ser instalados em dois locais, entre a estrutura metálica do GGED e a base de concreto, ou entre a estrutura metálica do GGED e o motor (CUMMINS, 2011). Na Figura 11 são exibidos isoladores de vibração instalados entre a estrutura metálica do GGED e a base de concreto.

Figura 11 – Foto de isoladores de vibração instalados entre a estrutura metálica do GGED e a base de concreto.



Fonte: Adaptado de Cummins, 2011.

Além dos controles isolados de redução de ruídos, também é possível fazer uso de controles coletivos, que visam atenuar os ruídos gerados pelos GGED e seus sistemas auxiliares. Dentre estes controles, destacam-se as salas em alvenaria, os painéis acústicos e os atenuadores de ruídos, que são instalados nas entradas e saídas de ar do recinto do GGED. Outras ações também contribuem positivamente para a redução dos ruídos como, por exemplo, execução de manutenções preventivas e corretivas nos GGED e sistemas complementares, além da escolha do local adequado para a instalação do GGED, levando em consideração áreas de vento predominante favorável e distantes de edificações (CUMMINS, 2011).

3.5.2 Vazamento de Combustível

Existem dois problemas ambientais relacionados ao armazenamento do óleo diesel em GGED: um deles é o risco de explosão e o outro, a possibilidade de vazamento de óleo diesel. No caso de explosão, a queima do óleo diesel armazenado gerará grande quantidade de gases poluentes em um curto tempo, podendo ferir e intoxicar pessoas próximas ao local da explosão, além de causar danos à edificação. Já no caso de vazamento de óleo diesel, o combustível poderá encontrar a rede de águas pluviais e ser direcionado para os rios, causando a sua contaminação (CUMMINS, 2011).

Conforme abordado no item 3.4, a Lei Complementar nº 1.257, de 6 de janeiro de 2015, instituiu o código estadual de proteção contra incêndios e emergências, sistematizando as normas e controles de proteção do meio ambiente e contra incêndios. Esta lei, estabeleceu as competências e atribuições dos órgãos encarregados pelo seu cumprimento e fiscalização, atribuindo-as ao Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo (GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2015).

Os GGED instalados em edificações devem estar de acordo com a Norma NBR 5.410/2008, referente às instalações elétricas de baixa tensão. Nesta Norma, estão estabelecidas as condições mínimas para garantir a segurança dos usuários da edificação, bem como para a preservação das instalações prediais. A NBR 5.410/2008 também estabelece os critérios para as proteções contra descargas elétricas, curtos-circuitos, incêndios e queimaduras (SEITO et al., 2008).

Dentre os principais controles de proteção contra incêndios, destacam-se o uso de materiais resistentes ao fogo e instalação de extintores e sistema de ventilação no recinto do GGED. O sistema de ventilação, que pode ser do tipo natural ou forçada, tem como função principal a manutenção da temperatura ambiente no recinto do GGED, colaborando para o bom funcionamento do motor e dispersão dos gases poluentes gerados (CUMMINS, 2011). Na Figura 12 são exibidos extintores de incêndio posicionados próximos aos GGED.

Figura 12 – Foto de extintores posicionados próximos aos GGED.



Fonte: Adaptado de Cummins, 2011.

O vazamento de combustível, outro problema ambiental associado aos GGED, principalmente em edificações que possuem tanques com grande capacidade de armazenagem de combustível, é regulamentado por restrições legais e operacionais (CUMMINS, 2011). No caso de tanques com capacidades superiores a 250 litros de combustível e localizados em áreas externas das edificações, a Norma NBR 7.505 estabelece as condições específicas para os projetos de instalações. Em adição a esta Norma, a Instrução Técnica nº 25/2010 do Corpo de Bombeiros, referente à segurança contra incêndio para líquidos combustíveis e inflamáveis, estabelece os requisitos básicos para o armazenamento de combustíveis em tanques estacionários, situados tanto nas áreas abertas quanto nas áreas fechadas (CORPO DE BOMBEIROS, 2010).

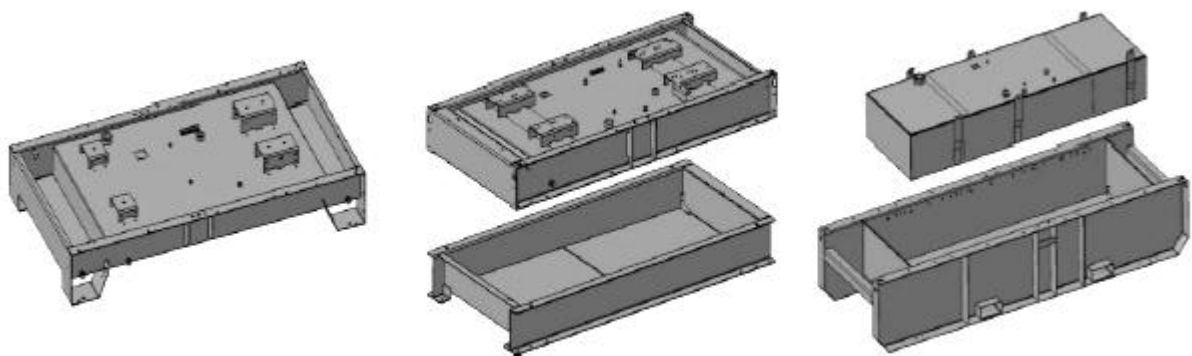
O óleo diesel S-10, combustível mais comercializado atualmente nos postos de combustíveis, acumula sujeira no fundo dos tanques, exigindo uma limpeza criteriosa

antes da troca do combustível nele armazenado (PETROBRAS, 2014). A Norma Regulamentadora nº 20 (NR 20), alterada pela Portaria nº 308, de 29 de fevereiro de 2012, referente a segurança e saúde no trabalho com líquidos combustíveis e líquidos inflamáveis, regulamenta tanto o armazenamento quanto o manuseio do óleo diesel nas edificações (SECRETARIA DE INSPEÇÃO DO TRABALHO, 2012).

No caso das instalações de classe I, que possuem capacidade de armazenar entre 10 m³ e 5.000 m³ de combustível, o projeto deve ser elaborado por profissionais devidamente habilitados e visar a segurança dos trabalhadores e usuários da edificação. Dentre as principais exigências da NR 20 para a armazenagem de combustível em área interna da edificação estão: a existência de sistema de contenção de vazamento, o limite máximo de armazenamento de 3.000 litros por tanque e a instalação de um sistema automático de detecção e combate a incêndio (MINISTÉRIO DO TRABALHO, 1978).

Em tanques externos, o principal controle contra vazamentos de combustível é a bacia de contenção, geralmente construída em concreto. No caso dos GGED com carenagens, faz-se o uso de recipientes de retenção de fluidos integrados às bases dos equipamentos, conforme pode ser visto nas ilustrações da Figura 13 (CUMMINS, 2011).

Figura 13 – Ilustração dos 3 tipos de recipientes de retenção de fluidos normalmente utilizados em GGED com carenagens.

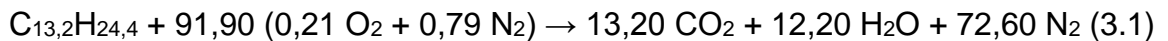


Fonte: Adaptado de Genset, 2010.

Contudo, é importante ressaltar que a capacidade dos recipientes de retenção deve ser igual ou superior à 110% da capacidade total de fluido armazenado no GGED (GENSET, 2010).

3.5.3 Emissão de Poluentes Atmosféricos

O óleo diesel é um composto químico com átomos de hidrogênio (H) e carbono (C). Na combustão completa, a reação do combustível com o ar, que é composto por 79% de gás nitrogênio (N₂) e 21% de gás oxigênio (O₂), resulta na formação de água (H₂O) e gás carbônico (CO₂), conforme demonstrado na Equação (3.1) para o óleo diesel de molécula equivalente C_{13,2}H_{24,4} (CHALLEN; BARANESCU, 1999).



Porém, na realidade ocorre a combustão incompleta, ou seja, o processo de oxidação não é completo, originando hidrocarbonetos não queimados, produtos parcialmente oxidados (aldeídos e monóxidos de carbono), óxidos de nitrogênio, compostos de enxofre e material particulado. Atualmente, óxidos de nitrogênio (NO_x), monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos totais (HC) e material particulado (MP) são os principais tipos de emissões regulamentadas para os motores movidos a óleo diesel, sendo mais restritivo para os veículos automotivos (US DEPARTMENT OF ENERGY, 2003).

Atenção especial é dada para a fumaça de coloração acinzentada, principalmente por estar associada a problemas de saúde da população, resultando em restrições para a sua emissão, assim como para material particulado. Outros compostos como os formaldeídos também são regulamentados em alguns países, mas atraem o interesse público pelos impactos ambientais gerados como as chuvas ácidas, o efeito estufa, a formação de ozônio nas camadas mais baixas da atmosfera, além dos efeitos nocivos à saúde humana (CHALLEN; BARANESCU, 1999).

Embora outros compostos também sejam produtos do processo de combustão, como hidrocarbonetos, ácidos orgânicos, óxidos de enxofre e óxidos de nitrogênio, apenas as partículas sólidas resultantes da combustão incompleta de materiais carbonáceos são denominadas “fumaça”, pois as suas dimensões estão entre os limites de 0,05 µm e 1 µm. Há consenso entre fabricantes e usuários de motores a óleo diesel que a emissão de fumaça de coloração acinzentada é uma indicação de que o motor está poluindo o ar, principalmente devido ao seu mal funcionamento (VESILIND et al., 2010).

O Decreto Estadual de São Paulo nº 8.468, de 8 de setembro de 1976, estabeleceu os padrões de emissão de poluentes atmosféricos para as fontes estacionárias. Neste Decreto, ficou proibida a emissão de fumaça com densidade superior ao padrão nº 1 da escala Ringelmann, que corresponde à 20% de coloração preta (GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1976b). Na Figura 14 é exibida a escala Ringelmann, que é usada como referência para a medição da densidade da fumaça.

Figura 14 – Ilustração da escala Ringelmann usada como referência para a medição da densidade da fumaça.



Fonte: Adaptado de Vesilind et al., 2010.

A escala Ringelmann, criada pelo professor francês Maxmilian Ringelmann, relaciona a transparência e a opacidade à uma escala numérica que varia de 0 a 5, onde a sua medição é feita através do uso de um cartão contendo 6 tipos de colorações que são comparadas com a fumaça emitida pela saída dos gases de escape do motor. Apesar de muitas regulamentações e legislações serem baseadas na coloração da fumaça como fator de medição, sendo a fumaça mais escura um indicador de maior poluição, atualmente sabe-se que isto não é sempre verdade (VESILIND et al., 2010).

Segundo Challen e Baranescu (1999), a composição do material particulado pode variar com as condições de operação e as características do combustível, variações que podem ser de 5% a 95% para os hidrocarbonetos e de 20% a 95% para os carbonos, influenciando diretamente a coloração da fumaça. Logo, os motores a óleo diesel podem emitir fumaças com diferentes colorações, podendo variar entre as cores azul e cinza. A fumaça de aparência azulada ou esbranquiçada é composta

principalmente de partículas não queimadas ou parcialmente queimadas, provenientes da mistura do óleo diesel com o óleo lubrificante. Já a fumaça acinzentada ou escura é composta principalmente por partículas sólidas originadas da queima incompleta do combustível (CHALLEN; BARANESCU, 1999).

O monóxido de carbono (CO), que é tóxico para os seres humanos, é um produto intermediário da combustão incompleta de combustíveis compostos por hidrocarbonetos, e a sua formação depende de proporções entre as taxas de ar e os combustíveis (CHALLEN; BARANESCU, 1999). De acordo com Demers e Walters (1999), devido à alta taxa de excesso de ar aplicada nos motores a óleo diesel, as emissões de CO são mínimas e estão geralmente abaixo dos limites estabelecidos pelas legislações.

Apesar do CO ser um gás incolor e sem cheiro, após respirado por seres humanos poderá causar asfixia e confusão mental, dependendo da sua concentração no ar e do tempo de exposição (VESILIND et al., 2010). Entretanto, o uso de catalisadores de oxidação nas saídas dos gases de escape pode reduzir significativamente a quantidade de CO liberado (CHALLEN; BARANESCU, 1999).

Os hidrocarbonetos (HC) provenientes dos combustíveis não queimados ou parcialmente queimados são compostos orgânicos no estado gasoso que diferem dos hidrocarbonetos no estado sólido, os quais são considerados material particulado. Nos motores a óleo diesel, a emissão de HC é resultante de problemas na mistura do combustível com o ar (CHALLEN; BARANESCU, 1999).

Entre os principais problemas ambientais relacionados a emissão de HC estão a formação de ozônio nas camadas mais baixas da atmosfera e a sua toxicidade para os seres humanos, pois podem causar desde problemas respiratórios até câncer. (RESITOGU et al., 2015). O uso de catalisadores de oxidação também reduz a emissão de HC, pois o excesso de oxigênio na exaustão dos motores colabora para este fim, embora a baixa temperatura de exaustão deixe a sua conversão um pouco lenta. Alterações nos motores, que visam a redução na emissão de material particulado e consumo de combustível, também contribuem positivamente para a redução na geração de HC (CHALLEN; BARANESCU, 1999).

Já os óxidos de nitrogênio (NO_x), que são compostos por nitrato de oxigênio (NO) e dióxido de nitrogênio (NO_2), contêm aproximadamente 85% de NO_2 . Diferentemente de outros poluentes, o NO_x é um efeito colateral da combustão e da

queima de combustíveis a base de hidrocarbonetos com o ar, pois o nitrogênio da atmosfera é incorporado ao processo de reação química (VESILIND et al., 2010). Segundo Resitoglu et al. (2015), tanto o NO quanto o NO₂ são tóxicos para o corpo humano, sendo o último até cinco vezes mais tóxico que o primeiro. Entre as principais doenças relacionadas ao NO₂ estão a irritação pulmonar e a diminuição da resistência imunológica contra infecções respiratórias.

3.5.3.1 Controles de emissão de gases poluentes

A falta de manutenção dos filtros de ar e bicos injetores de combustíveis, além da combinação inadequada de bombas de injeção de combustível, são os principais fatores contribuintes para a formação da fumaça que é potencializada quando o combustível é injetado a uma taxa maior do que o valor projetado ou devido às restrições de entrada de ar (CUMMINS, 2011). Entretanto, o atendimento aos planos de manutenção periódica dos motores é a forma mais eficaz para a redução na emissão dos poluentes atmosféricos (MWM, 2015).

Na Tabela 6 são mostrados os itens típicos dos planos de manutenção de motores utilizados em GGED, como os encontrados no manual do usuário da fabricante de motores MWM do Brasil.

Tabela 6 – Itens típicos dos planos de manutenção dos motores utilizados em GGED.

Item do plano de manutenção	Periodicidade
Drenar o filtro de combustível	diária
Verificar o nível de óleo lubrificante	diária
Verificar o nível do líquido de arrefecimento	diária
Verificar possíveis vazamentos no motor	diária
Verificar conexões	diária
Trocar o óleo lubrificante	250 horas ou 6 meses*
Trocar o filtro de óleo lubrificante	250 horas
Trocar o filtro de combustível	250 horas
Trocar o filtro de ar	500 horas
Regular folga de válvulas	1.000 horas
Verificar estado do amortecedor de vibrações (damper)	1.000 horas
Testar e limpar os bicos injetores	1.000 horas
Trocar correia	1.000 horas
Trocar o líquido de arrefecimento	1.000 horas ou 12 meses*
Testar a bomba injetora	1.000 horas

*A substituição do item deverá ser realizada a partir do que ocorrer primeiro.

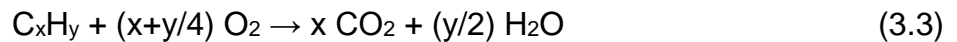
Fonte: Adaptado de MWM, 2015.

Três linhas de pesquisa têm buscado a redução na emissão de poluentes atmosféricos originados a partir do funcionamento dos motores a óleo diesel. A primeira linha de pesquisa concentra-se na formação de NO_x e material particulado durante a combustão. Na segunda linha de pesquisa, os esforços estão direcionados para o desenvolvimento de tecnologias de remoção de NO_x e material particulado, eliminando as emissões residuais. Já a terceira linha de pesquisa concentra-se na melhoria das misturas do combustível óleo diesel, visando o desenvolvimento de novas fórmulas que melhorem o consumo de combustível e reduzam a emissão de poluentes atmosféricos (US DEPARTMENT OF ENERGY, 2003).

Estudos recentes da primeira linha de pesquisa indicam que a recirculação de gases de exaustão dos GGED contribui significativamente para a redução da emissão de NO_x . Ensaios realizados por Saravanan et al. (2010) mostraram que a pressão de injeção do combustível também contribui para a redução de NO_x , além de apresentar pouca variação na densidade da fumaça, embora a combinação ideal para redução da emissão de NO_x está relacionada ao atraso no tempo de injeção do combustível, e não apenas na recirculação dos gases de exaustão. Entretanto, sabe-se que a aplicação deste atraso resulta na diminuição do torque disponível e no aumento no consumo de combustível (CHALLEN; BARANESCU, 1999).

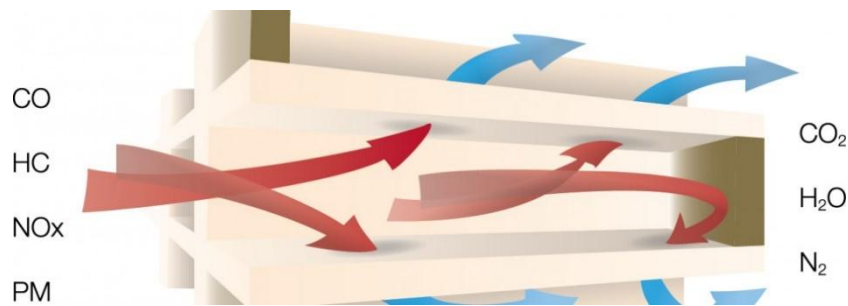
Considerando a segunda linha de pesquisa, os catalisadores surgiram como principal equipamento para o uso em larga escala, sendo originalmente desenvolvidos para a oxidação dos hidrocarbonetos não queimados, monóxidos de carbono e redução na emissão de óxidos de nitrogênio. Posteriormente, novas tecnologias foram desenvolvidas, como os catalisadores de redução e estocagem de NO_x , os catalisadores seletivos de redução (SCR) e os catalisadores de diesel oxidado, este último desenvolvido para a remoção de CO e HC. Os filtros para a remoção de material particulado do óleo diesel, originados na combustão incompleta, também são comercializados, porém, visam atender o mercado automotivo (MARIN et al., 2007).

No Brasil, o oxicalisador é um controle de emissão de poluentes atmosféricos disponível no mercado de acessórios para GGED, destacando-se pela sua facilidade de instalação nas saídas dos gases de escape do motor. A principal função deste tipo de catalisador é a redução da emissão de CO e HC, através da oxidação para CO_2 e H_2O , respectivamente, conforme detalhado nas Equações (3.2) e (3.3) (UMICORE, 2018).



Além da redução de CO e HC, os oxicalisadores também contribuem para a diminuição das emissões de material particulado e de óxidos de nitrogênio (NO_x), porém este último em menor proporção (BASF, 2018). Na Figura 15 é apresentado um desenho esquemático das conversões que ocorrem dentro dos oxicalisadores.

Figura 15 – Desenho esquemático das conversões nos oxicalisadores.



Fonte: Adaptado de Basf, 2018.

De acordo com Cummins (2018), este sistema de controle é do tipo pós-tratamento, ou seja, o tratamento dos gases é realizado após a sua saída pelo coletor de escapamento do motor. O oxicalisador é composto por uma carcaça metálica, geralmente adaptável e de tamanhos variados, e de um suporte cerâmico, que contém uma manta expansiva e metais preciosos responsáveis por provocarem as reações químicas durante a passagem dos gases tóxicos (HART, 2012). Na Figura 16 é exibida a foto de um oxicalisador comercializado e montado pela empresa Dalgas.

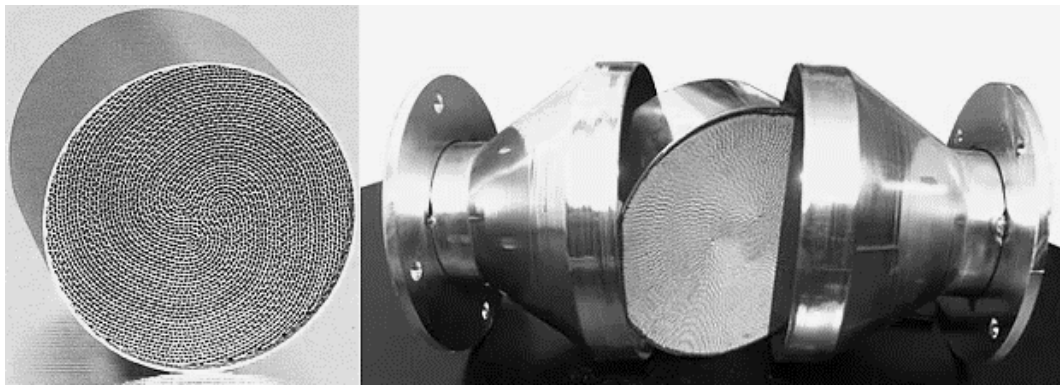
Figura 16 – Foto de um oxicalisador comercializado e montado pela empresa Dalgas.



Fonte: Adaptado de Dalgas, 2017.

Embora os oxivecatalisadores sejam comercializados por diversas empresas no mercado brasileiro, a tecnologia embutida no suporte cerâmico, do tipo colmeia que promove as reações químicas e determina a eficiência do equipamento, é dominada por grandes empresas do setor químico e fabricantes de motores como Basf, Bosch, Perkins, Cummins e Umicore (HART, 2012). Na Figura 17 são exibidas as fotos do suporte cerâmico e um oxivecatalisador desmontado, respectivamente.

Figura 17 – Foto do suporte cerâmico (à esquerda) e um oxivecatalisador desmontado (à direita).



Fonte: Adaptado de Dalgas, 2017.

Segundo Resitoglu (2015), os principais parâmetros utilizados para o dimensionamento de um oxivecatalisador são: densidade do canal, espessura das paredes dos canais individuais e as dimensões do conversor externo. Outras propriedades também devem ser consideradas durante a escolha do oxivecatalisador como eficiência de conversão, temperatura de estabilidade e restrições com relação a emissão de gases tóxicos.

Na Tabela 7 são apresentadas as eficiências de conversão de gases poluentes, segundo os dados divulgados pelos fabricantes de suportes cerâmicos para oxivecatalisadores, Basf e Umicore, respectivamente.

Tabela 7 – Eficiências dos suportes cerâmicos, segundo os dados dos fabricantes, em relação à redução de gases poluentes originados por GGED.

Poluente atmosférico / Eficiência	BASF	UMICORE
CO (monóxido de carbono)	50% ou mais*	até 95%*
HC (hidrocarbonetos)	50% ou mais*	até 40%*
MP (material particulado)	-	até 40%*
NO _x (óxidos nitrosos)	-	até 10%*

**As eficiências máximas e mínimas variam com as condições ambiente e propriedades do óleo diesel.*

Fonte: Adaptado de Basf e Umicore, 2018.

De acordo com a empresa Dalgas (2017), a durabilidade mínima dos seus oxicalisadores é de 7.000 horas de uso, desde que o mesmo seja descarbonizado a cada 1.000 horas, conforme instrução apresentada na ficha técnica que pode ser encontrada no Anexo A. Entretanto, a fabricante Cummins desenvolveu uma tecnologia livre de manutenções, ou seja, sem a necessidade de regeneração do oxicalisador, que possui a mesma vida útil dos motores de até 162,5 kVA (CUMMINS, 2018).

Na terceira linha de pesquisa, relacionada aos combustíveis alternativos, os fabricantes de motores para GGED disponibilizam diferentes opções de combustíveis como óleo diesel, biodiesel, gás natural, gás liquefeito de petróleo e gasolina. Também existem GGED que utilizam motores bicombustíveis, ou seja, que funcionam tanto com gasolina quanto com etanol (CUMMINS, 2011). Conforme mencionado anteriormente, os motores dos GGED são similares aos dos caminhões nos quais o uso do biodiesel já é amplamente estudado, bem como os seus benefícios em relação à redução de poluentes atmosféricos. Logo, os GGED também podem usufruir desta tecnologia, desde que o uso deste tipo de combustível esteja previsto pelo fabricante do motor (US DEPARTMENT OF ENERGY, 2003).

Entretanto, ensaios recentes realizados por Amaral (2016) apontaram que GGED abastecidos com etanol aditivado mostraram melhores resultados em relação às taxas de emissão de material particulado, se comparado ao diesel comercial ou biodiesel. Concluiu que mesmo com o uso do biodiesel, os efeitos específicos para cada tipo de poluente também são impactados por outros fatores como motor, carga, velocidade, condições do ambiente, além da qualidade e origem do biodiesel.

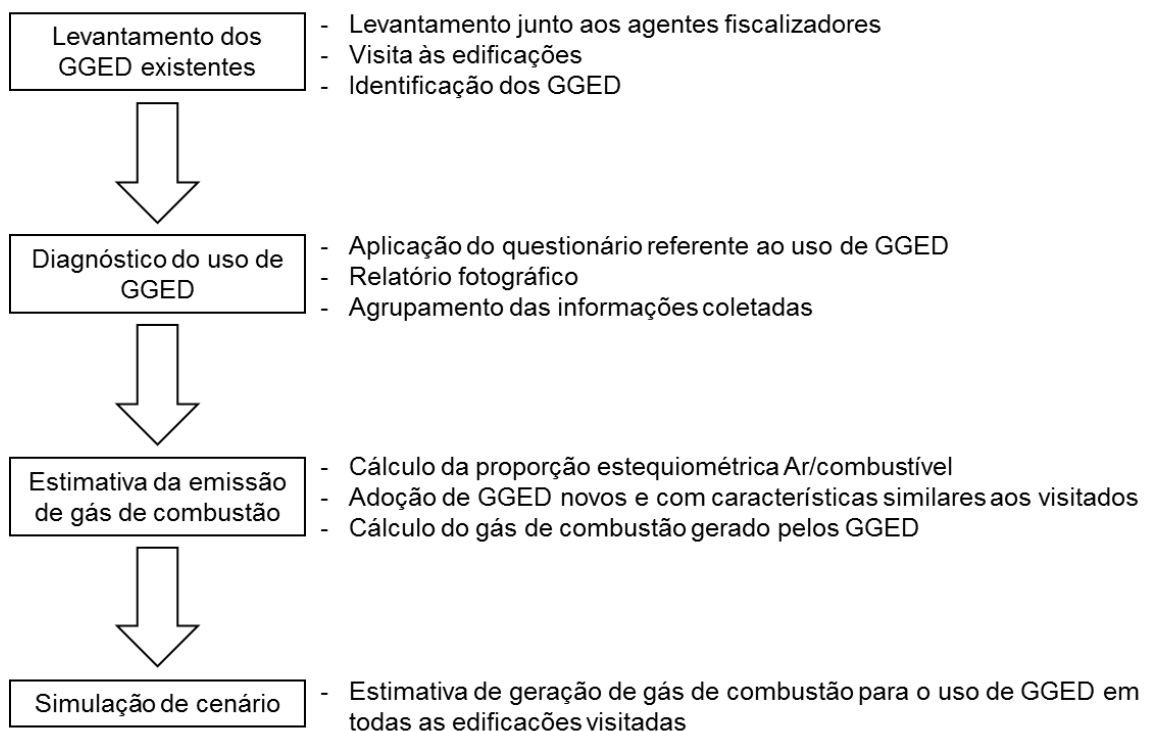
Através da realização de estudos com diferentes proporções de misturas entre biodiesel e um novo tipo de óleo, produzido a partir da pirólise do lodo de esgoto, Yang (2013) observou que uma mistura com 30% do novo óleo apresentou melhores taxas de consumo de combustível e de emissão de NO_x do que uma mistura com 50% do mesmo. Apesar disso, as taxas de emissão de CO e fumaça apresentaram melhores resultados na mistura com proporção de 50% do novo tipo de óleo. Entretanto, Yang (2013) ressalta que os processos de pirólise e centrifugação, necessários para a obtenção deste novo óleo, ainda são barreiras econômicas para a produção deste combustível.

É importante ressaltar que, apesar dos avanços nas pesquisas relacionadas aos combustíveis alternativos, o uso em GGED ainda é restrito devido às condições de projeto das edificações e da disponibilidade destes combustíveis nas redes de postos de combustíveis (CUMMINS, 2011). No caso do gás natural, o seu uso está limitado às restrições de projeto que exigem a existência de rede de gás encanado nas edificações, pois o mesmo não pode ser armazenado, segundo a instrução técnica nº 25/2010 do Corpo de Bombeiros. Já com relação à distribuição de combustíveis, o biodiesel ainda não é encontrado nos postos de combustível, como ocorre com outros tipos de combustíveis como a gasolina, o etanol e o óleo diesel (MARIN et al., 2007).

4 METODOLOGIA

Este trabalho baseou-se na coleta de informações através de visitas de campo e do preenchimento de um questionário relacionado ao uso de GGED, que foi aplicado junto às pessoas responsáveis pelos equipamentos, e está detalhado no Apêndice deste trabalho. A partir do levantamento e agrupamento destas informações, elaborou-se o diagnóstico do uso de GGED na região central de Ribeirão Preto. Através da identificação dos GGED e dos dados relacionados ao consumo de combustível, divulgados pelos fabricantes, e com características equivalentes aos GGED investigados, foi estimada a emissão de gás de combustão destes equipamentos, sendo também simulado um cenário de aumento do uso de GGED. Na Figura 18 é mostrado o fluxograma da metodologia adotada neste trabalho.

Figura 14 – Fluxograma da metodologia adotada neste trabalho.



Fonte: Autor.

4.1 LEVANTAMENTO DOS GGED

A elaboração do levantamento dos GGED localizados na região central de Ribeirão Preto foi realizada a partir das seguintes atividades:

- Identificação dos GGED;

- Levantamento das características das edificações;
- Levantamento das características dos GGED identificados.

4.1.1 Identificação dos GGED

Com o objetivo de identificar registros confiáveis de GGED localizados na região central de Ribeirão Preto, foram realizadas entrevistas junto aos agentes fiscalizadores responsáveis pela aprovação de projetos e vistorias das edificações. Além das informações referentes à existência desses registros, também foram verificadas as atividades realizadas por cada agente, bem como as respectivas fases em que elas ocorrem, permitindo a elaboração de uma tabela resumo com estas informações.

Após a constatação da falta de um registro atualizado dos GGED, por parte dos agentes fiscalizadores, determinou-se o número total de amostras existentes na região em estudo, o que foi realizado com o auxílio de mapas interativos como SIGIBGE, Google Maps e Google Street View. Através destas ferramentas, foram identificadas as edificações com mais de 1.500 m² de área construída, parâmetro escolhido devido à maior probabilidade da existência de GGED em prédios com estas dimensões, fato justificado pelo alto custo de aquisição destes equipamentos.

O levantamento das áreas e alturas das edificações foi realizado com os recursos de medição e visualização disponíveis nos mapas SIGIBGE e Google Street View, respectivamente. Na Figura 19 são exibidas imagens usadas durante os levantamentos das áreas e alturas das edificações.

Figura 19 – Exemplos de imagens usadas durante o levantamento das áreas construídas das edificações com mais de 1.500 m².

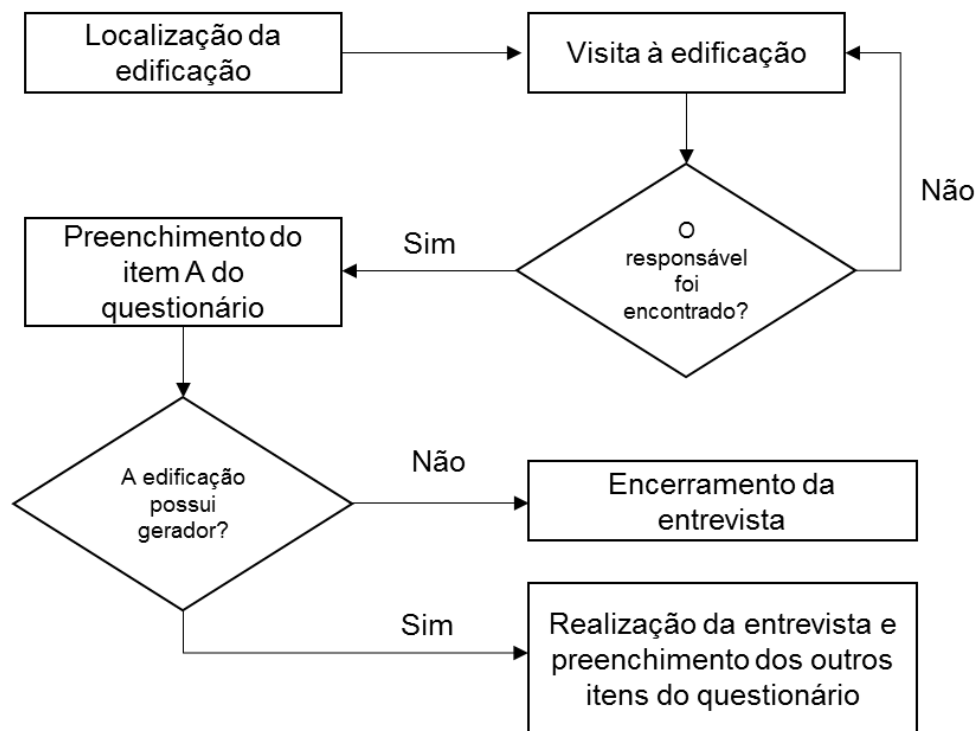


Fonte: SIGIBGE (à esquerda) e Google Street View (à direita), 2017.

Após o levantamento de aproximadamente metade da área total do estudo, foi realizada a contagem do número total de edificações relevantes, e conforme sugerido por De Vaus (2014), foram realizadas 30 visitas aleatórias a estas edificações, sendo utilizada a mesma metodologia aplicada no estudo. A partir deste resultado, determinou-se o tamanho amostral de GGED localizados na região central de Ribeirão Preto, o que resultou em aproximadamente 50 unidades. Como o tamanho da amostra foi considerado pequeno, optou-se por visitar todas as edificações relevantes para o estudo, de modo a reduzir a margem de erro e seguir as orientações de Henry (1990) para amostras menores ou iguais 50 unidades.

A partir da elaboração do calendário de visitas contendo as localizações das edificações e seus respectivos horários de funcionamento, foram realizadas visitas às edificações com mais de 1.500 m² de área construída e localizadas na região central de Ribeirão Preto. Na Figura 20 é apresentado o fluxograma das etapas realizadas durante o processo de visitas a estas edificações.

Figura 20 – Fluxograma das etapas do processo de visitas às edificações.



Fonte: Autor.

Os dados coletados durante as visitas aos GGED foram cadastrados em um registro geral. Para a elaboração deste registro geral foram coletadas informações como potências em kVA, modelos e marcas dos motores, nome dos fabricantes dos

GGED, tipos de acionamento e formas de utilização do equipamento, além de outras informações contidas nas placas de identificação dos GGED, conforme exemplo mostrado na Figura 21.

Figura 21 – Foto de uma placa de identificação de GGED encontrado durante o levantamento dos GGED existentes na região central de Ribeirão Preto.



Fonte: Autor.

4.1.2 Características das Edificações

No item A do questionário referente ao uso de GGED, foram coletadas as informações de identificação e caracterização das edificações visitadas, o que permitiu a classificação e o agrupamento destes dados. Na Figura 22 são mostradas as informações coletadas no item A do questionário mencionado.

Figura 22 – Item A do questionário referente ao uso de GGED, aplicado junto às pessoas responsáveis pelas edificações visitadas.

Questionário do uso de GGED

Questionário nº:

Item A – Identificação e características da edificação

1. Data da visita:
2. Nome da edificação:
3. Tipo de edificação:
4. Endereço:

Fonte: Autor.

Com os dados devidamente registrados e organizados, foi possível elaborar um gráfico com a participação de cada tipo de edificação em relação ao total de edificações relevantes para o estudo. Os dados coletados no item A também permitiram a identificação das localizações das edificações, o que foi utilizado posteriormente no mapeamento e na simulação de cenário de aumento de GGED.

4.1.3 Características dos GGED

A partir da coleta e do agrupamento das informações contidas nos itens B e C do questionário do uso de GGED, somadas às informações coletadas no item A, foi possível gerar mapa e gráficos com as características dos GGED localizados na região central de Ribeirão Preto. Outras informações como vistorias e inspeções das instalações dos GGED por agentes fiscalizadores também foram coletadas e apresentadas na forma de tabela. Na Figura 23 são mostrados os itens B e C do questionário referente ao uso dos GGED.

Figura 23 – Itens B e C do questionário referente ao uso de GGED, aplicado junto às pessoas responsáveis pelas edificações visitadas.

Item B – Informações sobre agentes fiscalizadores

5. O grupo gerador já foi fiscalizado? Qual foi o agente fiscalizador?

Sim. Cetesb. Sim. Bombeiros. Sim. Prefeitura. Não

Item C – Informações gerais e de localização do grupo gerador

6. Qual é a potência (kVA) e o modelo do grupo gerador?

7. Qual é o modelo do motor utilizado no grupo gerador?

8. Qual é o tipo de acionamento do grupo gerador?

Manual Automático

Fonte: Autor.

4.2 DIAGNÓSTICO DO USO DE GGED

O diagnóstico do uso de GGED foi elaborado a partir de duas fontes de dados, o questionário do uso de GGED com 30 perguntas e os registros fotográficos, realizados durante as visitas aos equipamentos. Dentre os objetivos do diagnóstico

estão a identificação do uso de controles relacionados a emissão de ruídos, armazenamento de combustível e emissão de poluentes atmosféricos. Neste questionário, que pode ser encontrado por completo no Apêndice, as questões foram agrupadas na forma de itens, conforme detalhado a seguir.

- Item A – Identificação e características da edificação;
- Item B – Informações sobre agentes fiscalizadores;
- Item C – Informações gerais e de localização do grupo gerador;
- Item D – Informações sobre serviços de manutenção no grupo gerador;
- Item E – Informações sobre medidas de controle de emissão de ruídos;
- Item F – Informações sobre armazenamento de combustível e sistema de combate a incêndio;
- Item G – Informações sobre o sistema de ventilação no recinto do grupo gerador;
- Item H - Informações sobre medidas de controle de poluentes atmosféricos.

Através do agrupamento das informações coletadas, foi possível calcular a margem de erro do estudo, bem como diagnosticar o uso de controles de poluição nos GGED localizados na região central de Ribeirão Preto. O uso de gráficos e registros fotográficos, realizados durante as visitas aos GGED, também auxiliou a elaboração dos comentários e critérios adotados para a execução deste trabalho.

4.2.1 Margem de Erro

Para o cálculo do tamanho da amostra foi utilizada a Equação (4.1), conforme sugerido por De Vaus (2014).

$$\text{Tamanho da amostra} = \frac{z^2 \times p \times (1-p) / e^2}{1 + [z^2 \times p \times (1-p) / e^2 \times N]} \quad (4.1)$$

sendo que,

z = o valor z correspondente ao grau de confiança (%), conforme mostrado na Tabela 8.

p = proporção da população que possui as mesmas características (%).

N = tamanho da população.

e = margem de erro exigida (%).

Tabela 8 – Grau de confiança e valor z correspondente.

Grau de confiança	Valor de z
90% de certeza	1,65
95% de certeza	1,96
99% de certeza	2,57

Fonte: Adaptado de Saunders, 2007.

O valor de p adotado para o cálculo da margem de erro foi de 50%, devido à falta de mapeamentos e pesquisas anteriores relacionadas a este tópico que indicassem uma proporção da população esperada para o estudo, resultando no cenário mais desfavorável para a determinação do tamanho da amostra.

4.2.2 Emissão de Ruídos

Através dos dados coletados nos itens C e E do questionário do uso de GGED, foi possível diagnosticar o uso de controles de proteção contra ruídos nos GGED da região central de Ribeirão Preto. Na Figura 24 são mostradas as opções de controles contra ruídos investigadas no item E do questionário mencionado.

Figura 24 – Item E do questionário do uso de GGED, aplicado junto as pessoas responsáveis pelas edificações visitadas.

Item E – Informações sobre medidas de controle de emissão de ruídos

15. Quais são as medidas de controle de emissão de ruídos usadas?

<input type="checkbox"/> Sala em alvenaria	<input type="checkbox"/> Carenagem	<input type="checkbox"/> Isolamento acústico
<input type="checkbox"/> Isoladores de vibração	<input type="checkbox"/> Silenciador	<input type="checkbox"/> Atenuador de ruído

Fonte: Autor.

Após a inserção dos dados coletados no registro dos GGED, foi realizado o tratamento dos dados através do uso de filtros, ferramenta disponível no programa Microsoft Excel. A partir do agrupamento dos dados e de sua somatória, por tipo de controle de proteção contra ruídos, foram determinadas as suas respectivas participações em relação ao total de GGED investigados, sendo apresentadas na forma de gráfico de barras.

Algumas fotos do registro fotográfico, realizado durante as visitas aos GGED, também foram incorporadas aos resultados para melhor ilustrar as situações encontradas em campo. Com a atualização do registro dos GGED e o cruzamento dos

dados de localização, coletados no item C do questionário aplicado, investigou-se a existência de correlações com o objetivo de buscar similaridades entre as ocorrências, as quais foram apresentadas na forma de discussões e comentários.

4.2.3 Armazenamento de Combustível

No item F do questionário do uso de GGED, foram coletadas informações referentes ao armazenamento de combustível e sistema de combate a incêndio que, através de agrupamentos, permitiu o tratamento dos dados coletados e, conseqüentemente, a apresentação dos resultados obtidos. Na Figura 25 são mostradas as questões que compõem o item F do questionário do uso de GGED.

Figura 25 – Item F do questionário do uso de GGED, aplicado junto as pessoas responsáveis pelas edificações visitadas.

Item F – Informações sobre armazenamento de combustível e sistema de combate a incêndio

16. Qual é o tipo de combustível utilizado?

Diesel S-10 Biodiesel Diesel comum

17. Qual é o tipo de armazenamento?

Tanque interno Galões Tanque externo

18. Quando litros de diesel são armazenados?

19. Existe barreira de contenção contra vazamento do combustível?

Sim Não

20. Qual é o tipo de barreira de contenção usada?

Bandeamento Bacia de contenção em concreto

21. Qual é a capacidade em litros da barreira de contenção?

22. Existe sistema de combate a incêndio para as instalações do grupo gerador?

Sim Não

Fonte: Autor.

Como no item 4.2.2, também foi realizado o agrupamento dos dados coletados, sendo elaborado um gráfico de barras para a apresentação dos resultados obtidos.

Os registros fotográficos realizados durante as visitas aos GGED foram incorporados às discussões e comentários objetivando melhor ilustrar os tipos de controles contra vazamentos de combustíveis encontrados.

4.2.4 Poluição Atmosférica

Os dados coletados no item G do questionário do uso de GGED, relacionados ao sistema de ventilação no recinto do grupo gerador, foram agrupados através do uso de filtros disponíveis no programa Microsoft Excel e apresentados na forma de gráficos de barras. Na Figura 26 são exibidas as questões do item G do questionário mencionado.

Figura 26 – Item G do questionário do uso de GGED, aplicado junto as pessoas responsáveis pelas edificações visitadas.

Item G – Informações sobre o sistema de ventilação no recinto do grupo gerador

23. Existe algum sistema de ventilação no recinto do grupo gerador? Qual?

Não Sim, ventilação natural. Sim, ventilação forçada.

24. Existem dutos de condução do ar quente gerado no grupo gerador?

Sim Não

Fonte: Autor.

A partir das informações coletadas no item H, referentes aos controles de poluição atmosférica, foram elaborados gráficos com os resultados obtidos em relação às alturas das saídas dos gases de escape e ao uso de catalisadores. Assim como exemplificado nos itens anteriores, também foram utilizados os registros fotográficos realizados durante as visitas aos GGED para melhor ilustrar os dados encontrados durante as investigações.

Na Figura 27 são mostradas as questões que compõem o item H do questionário do uso de GGED, utilizadas para a coleta de dados referentes ao uso de catalisadores, posicionamento das saídas dos gases de escape, realizações de

medições de densidade de fumaça, bem como o tipo de medição e a sua periodicidade.

Figura 27 – Item H do questionário do uso de GGED, aplicado junto as pessoas responsáveis pelas edificações visitadas.

Item H – Informações sobre medidas de controle de poluentes atmosféricos

25. Existe catalisador acoplado ao sistema de saída de gases do escape? Qual é o tipo?

Sim. Oxidocatalisador. Sim. Não informado. Não

26. Qual é a altura da saída dos gases de escape em relação ao nível do solo?

Até 3 metros Entre 3 e 10 metros. Acima de 10 metros.

27. Existem locais confinados ou de trânsito de pessoas próximo à saída dos gases de escape?

Sim Não

28. São realizadas medições periódicas relacionadas à densidade de fumaça ou emissão de gases poluentes?

Sim Não

29. Quais tipos de medições são realizados?

Escala Ringelmann. Medição de gases poluentes.

30. Qual é a periodicidade da realização destas medições?

Mensal Semestral Anual

Fonte: Autor.

4.3 ESTIMATIVA DA EMISSÃO DE GÁS DE COMBUSTÃO

A emissão de gás de combustão oriunda do uso de GGED está diretamente relacionada ao consumo de combustível durante o seu funcionamento. Apesar da medição real do consumo de combustível não ter sido realizada, devido à falta de autorização para esta atividade, foram identificados GGED com características similares aos equipamentos investigados, permitindo a coleta de dados a partir das

fichas técnicas divulgadas pelos fabricantes. Conforme sugerido por Bizzo (2003), após o levantamento dos dados de consumo de combustível, outros dois dados foram determinados: a proporção ar/combustível e a taxa de excesso de ar, permitindo a estimativa do gás de combustão gerado para o cenário atual de GGED identificados, além da simulação de um cenário com maior demanda deste equipamento.

4.3.1 Cálculo da Proporção Estequiométrica de Ar/combustível

De acordo com Bizzo (2003), a estequiometria das reações químicas de combustão possibilita a identificação dos dados necessários para o cálculo da proporção ar/combustível e do gás de combustão emitido, por litro de combustível consumido. Entre as tarefas e dados necessários para o cálculo da proporção ar/combustível estão:

- Obtenção da molécula equivalente de um combustível de massa molar e composição química conhecidas;
- Balanceamento de átomos da reação estequiométrica de combustão do combustível adotado com o ar ambiente;
- Determinação da proporção teórica de ar/combustível;
- Adoção de uma taxa de excesso de ar;
- Cálculo da proporção estequiométrica de ar/combustível ajustada, ou seja, com a aplicação do fator de correção devido à aplicação da taxa de excesso de ar.

Com a determinação da proporção estequiométrica de ar/combustível e da taxa de excesso de ar, foi calculada a quantidade de ar necessária para que a reação de combustão seja completa, a partir de uma quantidade de combustível conhecida (BIZZO, 2003).

4.3.2 Cálculo da Emissão de Gás de Combustão

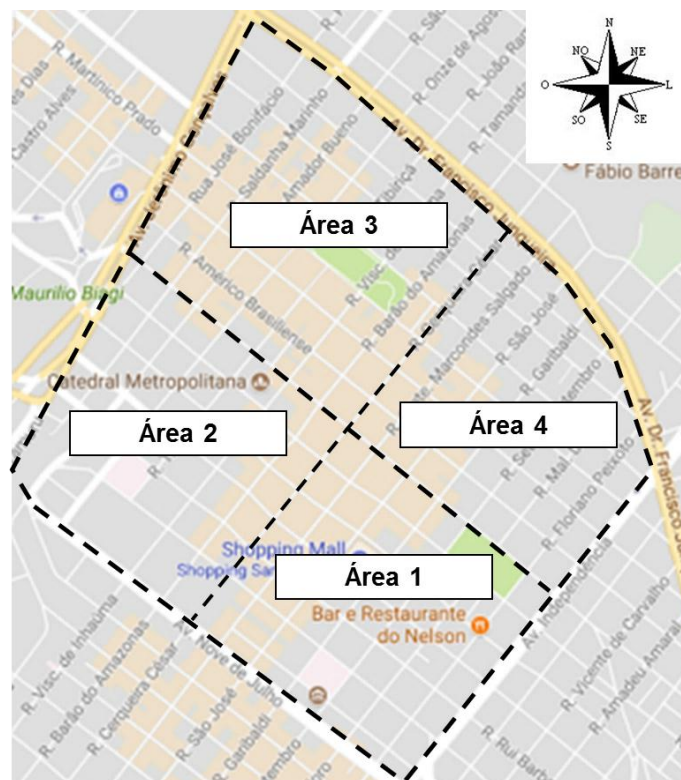
O cálculo da emissão de gás de combustão proveniente dos GGED da região central de Ribeirão Preto depende basicamente de três fatores: a determinação da proporção estequiométrica de ar/combustível, da densidade do combustível usado nos GGED e do seu consumo por hora de funcionamento (BIZZO, 2003).

Os critérios do cálculo da proporção estequiométrica de ar/combustível foram abordados no item 4.3.1. Já a densidade do combustível adotado pôde ser verificada na literatura ou a partir de dados divulgados pelos fabricantes de combustíveis. Por fim, o consumo de combustível dos GGED investigados foi calculado através da adoção de GGED novos ou similares, pois alguns GGED são antigos e não possuem referências de consumo disponíveis em “websites” ou catálogos dos seus fabricantes.

Para a identificação dos GGED similares aos investigados neste estudo, foram utilizados como base a potência máxima do GGED e o modelo do motor utilizado. Já as informações relacionadas ao consumo de combustível foram extraídas das especificações técnicas e catálogos dos fabricantes. No Anexo B são exibidas especificações técnicas de GGED que estão disponíveis nos “websites” dos fabricantes.

A apresentação dos resultados obtidos, na forma de tabela, contém os valores do cálculo da emissão de gás de combustão por GGED, em kg/h. Além do valor total de gás de combustão gerado na região central de Ribeirão Preto, também foram detalhados os valores por subáreas, conforme divisões do mapa da Figura 28.

Figura 28 – Mapa com as 4 subáreas da região central de Ribeirão Preto.



Fonte: Marcações do Autor no Mapa do Google Maps 2017.

4.3.3 Simulação de Cenário

O cálculo da geração de gás de combustão por GGED da região central de Ribeirão Preto, conforme detalhado no item 4.3.2, e as características das edificações identificadas no levantamento dos GGED existentes, possibilitaram a simulação de um cenário crítico de emissão de gás de combustão provenientes destes equipamentos.

A primeira etapa da simulação baseou-se na adoção de pelo menos 1 GGED para cada uma das 411 edificações visitadas na região central. Entretanto, como existem vários tipos de edificações, foram adotados GGED que representam a média aritmética dos GGED encontrados na região do estudo e usados nos mesmos tipos de edificações. Através destes dados, apresentados na forma de tabela, calculou-se o total de gás de combustão gerado em kg/h para o cenário simulado.

Na segunda etapa da simulação, as edificações foram agrupadas por subáreas, conforme divisão mostrada no mapa da Figura 28. Este agrupamento permitiu a identificação da participação de cada uma destas subáreas na geração de gás de combustão na região central de Ribeirão Preto. Os resultados, apresentados na forma de tabela e mapa ilustrativo, também permitiram comparar as variações entre os cenários atual e simulado.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados e as discussões sobre o diagnóstico do uso de GGED, localizados na região central de Ribeirão Preto, estão descritos em detalhes nos itens a seguir. Também são apresentadas as estimativas da emissão de gás de combustão originadas do uso destes equipamentos, bem como a simulação de um cenário de adoção de GGED em todas as 411 edificações visitadas durante este estudo.

5.1 LEVANTAMENTO DOS GGED

O levantamento dos GGED foi dividido em três etapas, conforme detalhado a seguir:

- Identificação dos GGED localizados na região central de Ribeirão Preto;
- Levantamento e classificação das edificações com mais de 1.500 m² de área construída;
- Levantamento das características dos GGED identificados.

5.1.1 Identificação dos GGED

Na primeira etapa do levantamento foram identificados três agentes fiscalizadores responsáveis pelas atividades de vistoria, inspeção e aprovação das instalações com GGED no município de Ribeirão Preto. Tanto a Cetesb quanto a Secretaria do Meio Ambiente do Município foram apontadas como os órgãos responsáveis pelas aprovações dos projetos que contêm fontes poluidoras, como os GGED. Com relação às inspeções, necessárias para a obtenção da autorização de funcionamento do empreendimento e ao atendimento de denúncias relacionadas à poluição, ficam a cargo da Cetesb e do Corpo de Bombeiros.

É importante ressaltar que o Corpo de Bombeiros é responsável pela fiscalização dos sistemas de combate a incêndio, sinalizações de emergência, armazenamento de combustíveis e verificação de anotações de responsabilidade técnica (ART), que são exigidas para equipamentos instalados na edificação (GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2015). Logo, tanto a existência quanto o monitoramento da eficiência dos controles de emissão de ruídos e poluentes atmosféricos são de responsabilidade da Cetesb que vistoria estes equipamentos a

partir de eventuais denúncias realizadas por moradores do município (PREFEITURA MUNICIPAL DE RIBEIRÃO PRETO, 2004).

Apesar da efetiva participação dos agentes fiscalizadores durante as fases que antecedem a instalação dos GGED, segundo entrevistas realizadas com os seus representantes, não existe um registro atualizado e confiável com o número total de GGED instalados na região central de Ribeirão Preto. O resumo das atividades de cada agente fiscalizador, bem como as fases de implantação dos GGED onde estas atividades ocorrem, pode ser observado na Tabela 9.

Tabela 9 – Resumo das atividades, relacionadas a GGED, exercidas por cada agente fiscalizador na cidade de Ribeirão Preto/SP.

Fase da implantação / Ação	Cetesb	Secretaria do M.A.*	Bombeiros
Projeto básico	Comenta e aprova	Comenta e aprova	Sem ação
Projeto detalhado	Sem ação	Sem ação	Sem ação
Instalação	Sem ação	Sem ação	Vistoria e aprova
Operação	Sem ação	Sem ação	Inspecciona
Fiscalização	Inspecciona	Sem ação	Inspecciona

*M. A. é a abreviação de Meio Ambiente.

Fonte: Autor.

Na segunda etapa do levantamento, foi determinado o tamanho da amostra, ou seja, estimou-se o número total de GGED esperado para este estudo a partir de um número mínimo de visitas às edificações da região central de Ribeirão Preto. Com o auxílio de mapas interativos, como SIGIBGE e Google Street View, foram identificadas 187 edificações relevantes, com mais de 1.500 m² de área construída, em aproximadamente metade da área total do estudo.

Conforme sugerido por De Vaus (2014), para determinação do tamanho da amostra, foram realizadas 30 visitas às edificações identificadas na segunda etapa do levantamento. Nestas visitas, foram encontrados 4 GGED, ou seja, 13,3% das edificações visitadas possuíam GGED. Logo, ao considerarmos 100% da área do estudo, pôde-se determinar que o tamanho da amostra para este estudo seria de aproximadamente 50 unidades.

Na terceira e última etapa do levantamento, optou-se pela visita e coleta das informações em 100% das edificações consideradas relevantes para este trabalho, totalizando 411 edificações, conforme sugerido por Henry (1990) para tamanho de amostras menores ou iguais a 50. No total, foram identificados 45 GGED, porém, somente foram permitidas visitas a 40 GGED. Na Tabela 10 são mostradas

informações dos 40 GGED visitados, como potência máxima, tipo de uso, nome do fabricante do GGED e do motor.

Tabela 10 – Informações dos 40 GGED investigados neste estudo.

Potência Máxima	Tipo de Uso	Fabricante do GGED	Fabricante do motor
6 kVA	Emergência	Toyama	Toyama
6 kVA	Emergência	Toyama	Toyama
10 kVA	Emergência	Negrini	Heimer
20 kVA	Emergência	Hyundai	Hyundai
40 kVA	Emergência	STEMAC	MWM
40 kVA	Emergência	SDMO	Perkins
40 kVA	Emergência	SDMO	Perkins
55 kVA	Emergência	MWM	MWM
75 kVA	Emergência	Caterpillar	Caterpillar
80 kVA	Emergência	STEMAC	MWM
80 kVA	Emergência	Cummins	Cummins
81 kVA	Emergência	Cummins	Cummins
81 kVA	Emergência	MWM	MWM
100 kVA	Emergência	STEMAC	Perkins
100 kVA	Emergência	STEMAC	Perkins
110 kVA	Emergência	Maquigeral	MWM
112 kVA	Emergência	SDMO	Perkins
125 kVA	Emergência	Cummins	Cummins
125 kVA	Emergência	SDMO	Perkins
140 kVA	Emergência	Cummins	Cummins
140 kVA	Emergência	Cummins	Cummins
180 kVA	Emergência	Maquigeral	MWM
180 kVA	Horários de maior consumo*	MWM	MWM
220 kVA	Emergência	STEMAC	FIAT/IVECO
235 kVA	Emergência	STEMAC	Cummins
292 kVA	Emergência	STEMAC	MWM
306 kVA	Emergência	Cummins	Cummins
370 kVA	Horários de maior consumo*	Maquigeral	SCANIA
405 kVA	Horários de maior consumo*	Maquigeral	SCANIA
415 kVA	Emergência	STEMAC	SCANIA
450 kVA	Emergência	Cummins	Cummins
450 kVA	Horários de maior consumo*	STEMAC	SCANIA
460 kVA	Emergência	STEMAC	SCANIA
460 kVA	Horários de maior consumo*	STEMAC	SCANIA
500 kVA	Emergência	Maquigeral	SCANIA
500 kVA	Emergência	Maquigeral	SCANIA
500 kVA	Emergência	Maquigeral	SCANIA
500 kVA	Horários de maior consumo*	STEMAC	SCANIA
500 kVA	Horários de maior consumo*	STEMAC	SCANIA
500 kVA	Horários de maior consumo*	Cummins	Cummins

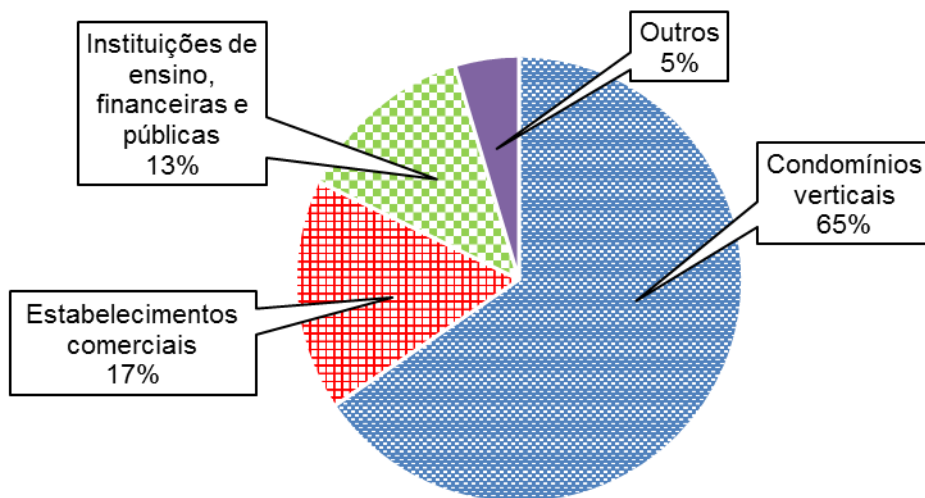
*GGED utilizados nos horários de maior consumo e emergências.

Fonte: Autor.

5.1.2 Características das Edificações

Com os dados coletados no item A do questionário do uso de GGED, preenchido durante as 411 visitas realizadas, foi possível classificar e agrupar as edificações pelo seu tipo de utilização, conforme os resultados mostrados no gráfico da Figura 29.

Figura 29 – Gráfico com as porcentagens dos tipos de edificações nas 411 visitadas realizadas na região central de Ribeirão Preto.



Fonte: Autor.

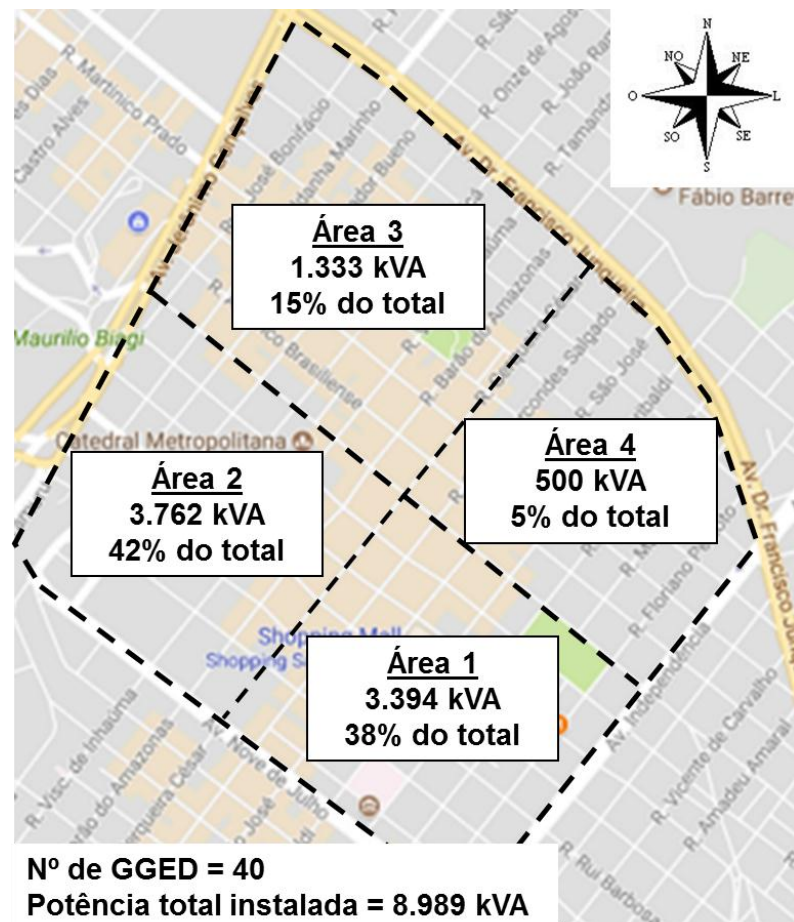
A partir do gráfico da Figura 29, nota-se que os condomínios verticais, que incluem os hotéis, representam 65% do total das edificações com mais de 1.500 m² de área construída. Apesar da baixa porcentagem de participação, outros tipos de edificações como instituições de ensino, clubes recreativos, hospitais e “shopping centers” também são relevantes para este estudo, pois consomem grande quantidade de energia elétrica e usam GGED como fonte alternativa para a geração de energia elétrica (CUMMINS, 2011).

5.1.3 Características dos GGED

O cruzamento das informações referentes ao levantamento dos GGED e suas respectivas localizações permitiu a identificação de áreas com maior potência instalada. A existência destas áreas pode ser explicada pela aglomeração de edificações em locais estratégicos da região central de Ribeirão Preto, como por

exemplo, hotéis no centro, condomínios residenciais em áreas mais tranquilas e clínicas médicas próximas aos grandes hospitais. No mapa da Figura 30 são mostradas as 4 subáreas da região central, as potências instaladas em cada subárea e suas respectivas participações em relação a potência total instalada baseada nos 40 GGED investigados.

Figura 30 – Mapa das 4 subáreas da região central de Ribeirão Preto, com a potência instalada por área e suas respectivas participações em relação a potência total instalada baseada nos 40 GGED investigados.

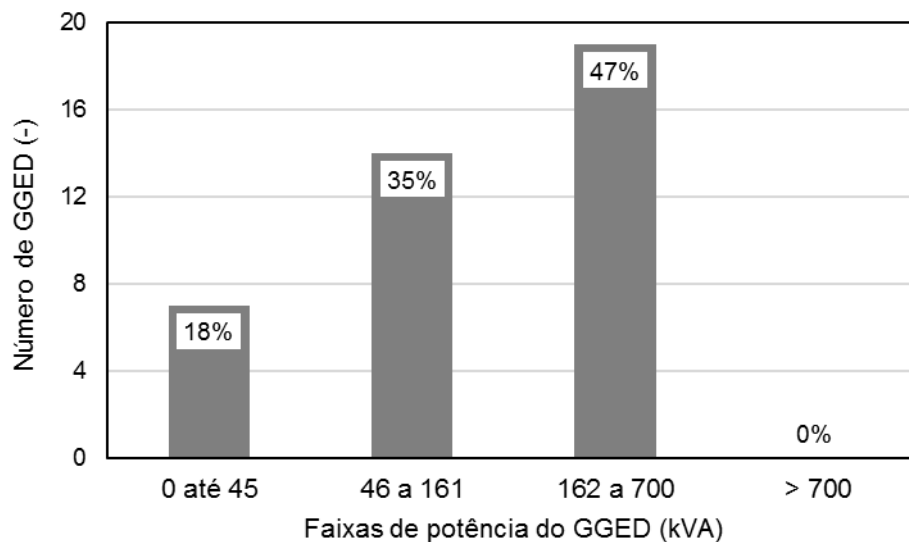


Fonte: Marcações do Autor no Mapa do Google Maps 2017.

Os resultados apresentados na Figura 30 mostra que 80% da potência total instalada está concentrada nas Áreas 1 e 2 da região central, ou seja, esta aglomeração contribue negativamente para o aumento do impacto da poluição atmosférica nestas áreas. Por outro lado, apenas 5% do total da potência instalada está na Área 4, indicando a sua pouca representatividade na poluição gerada por GGED.

Através do agrupamento por faixas de potência, foi possível traçar o perfil dos GGED localizados na região central de Ribeirão Preto. As faixas de potência foram divididas conforme estão estabelecidas no Decreto Municipal de São Paulo nº 54.797, que as divide em até 45 kVA, de 46 kVA a 161 kVA, de 162 kVA a 700 kVA e maiores que 700 kVA (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO, 2014). Na Figura 31 são apresentados os números de GGED e suas respectivas faixas de potência em kVA.

Figura 31 – Gráfico dos GGED investigados e suas faixas de potência em kVA.



Fonte: Autor.

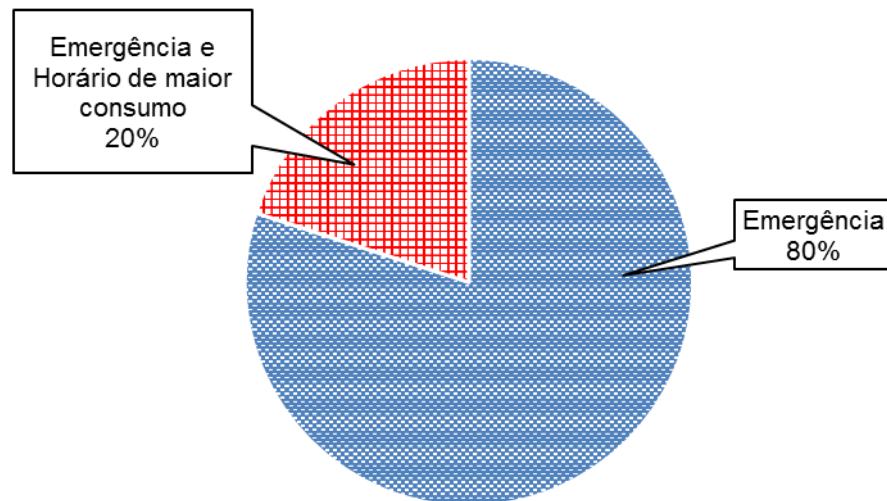
Observa-se pelo gráfico da Figura 31 que 47% dos GGED visitados estão na faixa de potência de 162 a 700 kVA, ou seja, são equipamentos com grande capacidade de geração de energia, perfil de GGED usados em hospitais, “shopping centers” e clubes recreativos. Já os GGED com potências menores que 162 kVA foram encontrados principalmente nos condomínios verticais, instituições financeiras e estabelecimentos comerciais.

No gráfico da Figura 32 são mostradas as porcentagens dos GGED em relação ao seu tipo de uso, emergências ou horários de maior consumo. Observa-se que 80% dos GGED são usados apenas em emergências, ou seja, durante falhas ou interrupções no fornecimento de energia. Os 20% restantes são usados tanto em emergências como para a geração de energia durante os horários de maior consumo, pois possuem tarifas de energia mais elevadas.

Apesar da baixa porcentagem de uso de GGED em horários de maior consumo, estes equipamentos possuem autonomia suficiente para este tipo de utilização,

podendo gerar variações no perfil de uso em futuras investigações. É importante lembrar que a utilização dos GGED para esta finalidade depende de uma relação favorável entre o preço do óleo diesel e o valor da tarifa de energia (BARROS, 2007).

Figura 32 – Gráfico com as porcentagens dos tipos de uso dos 40 GGED investigados na região central de Ribeirão Preto/SP.



Fonte: Autor.

Por fim, foi investigada a realização de vistorias e inspeções pelos agentes fiscalizadores nas instalações dos 40 GGED, pois isto é um fator que influencia diretamente a aplicação das normas e regulamentações vigentes no município. Na Tabela 11 são apresentadas as porcentagens das edificações vistoriadas ou inspecionadas por cada um dos agentes fiscalizadores.

Tabela 11 – Porcentagens de edificações com GGED que foram vistoriadas ou inspecionadas por agentes fiscalizadores, na região central de Ribeirão Preto.

Agente fiscalizador	Número de edificações	Porcentagem do total
Corpo de Bombeiros	12	30
Cetesb	0	0
Prefeitura Municipal	0	0
Nenhum*	28	70
Total	40	100

*Edificações não vistoriadas ou não inspecionadas por agentes fiscalizadores.

Fonte: Autor.

A partir dos resultados obtidos, nota-se que o Corpo de Bombeiros foi o único agente fiscalizador a inspecionar ou vistoriar as edificações com GGED, abrangendo apenas 30% do total. Logo, 70% das instalações de GGED não foram vistoriadas ou

inspecionadas por agentes fiscalizadores. Segundo as informações obtidas junto aos responsáveis pelas edificações inspecionadas pelo Corpo de Bombeiros, foram verificadas a existência de sinalizações de emergência e equipamentos de combate a incêndio, além do posicionamento dos cabos elétricos e da existência de ART para os equipamentos instalados. Logo, é inevitável expor a falta de fiscalização dos GGED pelos agentes fiscalizadores, principalmente em relação ao uso de controles de poluição nos equipamentos localizados na região central de Ribeirão Preto.

5.2 DIAGNÓSTICO DO USO DE GGED

O preenchimento do questionário do uso de GGED junto às pessoas responsáveis pelos mesmos e os registros fotográficos permitiram a elaboração do diagnóstico do uso de controles relacionados a emissão de ruídos, armazenamento de combustível e poluição atmosférica. Nos itens a seguir, são apresentadas a margem de erro deste diagnóstico, bem como os resultados, discussões e exemplificações.

5.2.1 Margem de Erro

No total, foram identificados 45 GGED na região central de Ribeirão Preto, porém, foram permitidas 40 visitas aos mesmos. Para o cálculo da margem de erro deste estudo, foi utilizada a Equação (4.1) detalhada no item 4.2.1, conforme recomendado por De Vaus (2014). Dentre os parâmetros adotados para a determinação do tamanho da amostra estão: grau de confiança igual a 95% ($z = 1,96$), tamanho da população igual a 45 GGED ($N = 45$), margem de erro igual a 5% ($e = 0,05$) e proporção mais provável de 50% ($p = 0,5$).

Como resultado, obteve-se a necessidade de um tamanho da amostra de 40,29 unidades para uma margem de erro de 5%. Entretanto, foram realizadas 40 visitas, exigindo assim que a margem de erro fosse recalculada, resultando em 5,22%. Porém, é importante ressaltar que a adoção de p igual a 50% significa o pior cenário possível para a proporção mais provável de resultados, pois não existem estudos similares sobre GGED que indiquem uma proporção mais provável para este estudo. Logo, apesar da margem de erro calculada ser de 5,22%, é plausível assumir que a margem de erro deste diagnóstico seja menor que 5%, já que o valor adotado para p é muito conservador.

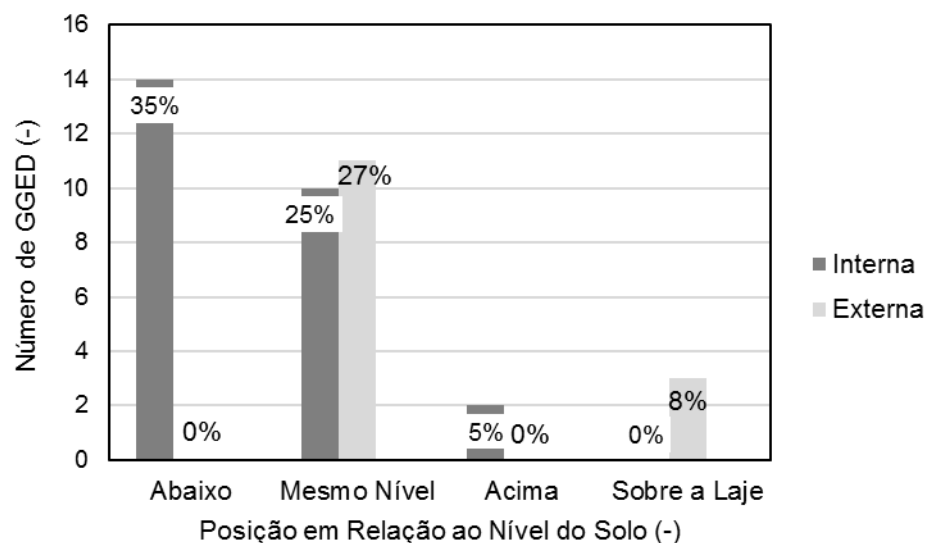
5.2.2 Emissão de Ruídos

O uso de controles de emissão de ruídos em edificações que possuem GGED é extremamente importante, conforme detalhado no item 3.5.1. Durante as visitas de campo, foram identificados os controles de proteção contra ruídos usados nas instalações de GGED que estão localizadas na região central de Ribeirão Preto.

O principal item de controle de ruído é a localização do GGED na edificação, já que o seu posicionamento pode variar entre áreas internas e externas, além da altura em relação ao nível do solo. A escolha da localização adequada para os GGED contribui significativamente para os gastos com equipamentos e acessórios que visam reduzir os ruídos, necessários para que a emissão não exceda os limites estabelecidos pela legislação local. Logo, GGED instalados em locais inadequados ou com ventos desfavoráveis tendem a gerar maior incômodo e desconforto aos usuários da edificação e vizinhança (CUMMINS, 2011).

Como são equipamentos de grande porte, quando não previstos nos projetos, os GGED exigem fundação própria ou reforço estrutural, caso esteja posicionado acima do nível do solo. Contudo, ao buscar redução de custos durante a implantação, os responsáveis pelas edificações geralmente optam pela instalação dos GGED em subsolos ou pisos térreos (GENSET, 2010). No gráfico da Figura 33 são apresentadas as quantidades e porcentagens das localizações dos 40 GGED investigados.

Figura 33 – Gráfico das quantidades e porcentagens das localizações dos 40 GGED investigados.

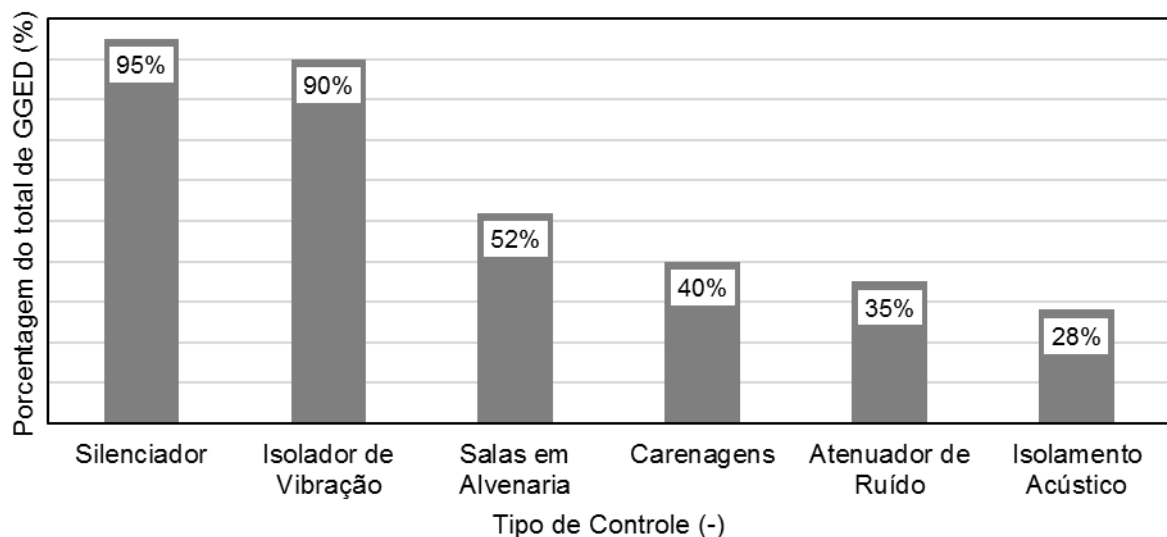


Fonte: Autor.

Com o auxílio do gráfico de barras da Figura 33, observa-se que 65% dos GGED visitados estão instalados nas áreas internas das edificações, e apenas 35% nas áreas externas. Em relação às alturas dos GGED, 87% estão localizados abaixo ou no nível do solo e 13% acima do nível do solo, onde 8% estão localizados sobre lajes.

Com relação ao uso de equipamentos e acessórios de proteção contra ruídos, no gráfico da Figura 34 são mostrados os equipamentos encontrados nas instalações dos GGED investigados.

Figura 34 – Gráfico da porcentagem do uso de controles de ruídos com relação aos 40 GGED investigados.



Fonte: Autor.

Nota-se, pelos resultados apresentados no gráfico da Figura 34, que dois tipos de controles, silenciador e isolador de vibração, estão presentes em pelo menos 90% dos 40 GGED investigados. Enquanto o silenciador, que é instalado nas saídas dos gases de escape, atenua os ruídos gerados pelo funcionamento do motor, os isoladores de vibração amortecem as mesmas entre o motor e a base estrutural do GGED. O amplo uso destes controles está relacionado a sua excelente relação de custo-benefício e facilidade de instalação (CUMMINS, 2011).

Salas em alvenaria e carenagens foram identificadas em 52% e 40% dos GGED investigados, respectivamente. As salas em alvenarias foram encontradas com maior frequência nos GGED instalados em áreas internas das edificações, 86% dos casos, fato que indica a maior preocupação com ruídos excessivos nestas áreas. Já as carenagens, encontradas principalmente nos GGED instalados em subsolos ou

áreas externas das edificações, estão sendo usadas para a proteção contra intempéries e vandalismo, já que a maioria não possui isolamento acústico.

Na Figura 35 são exibidas fotos de um silenciador e um isolador de vibração, respectivamente, identificados durante as visitas aos GGED.

Figura 35 – Fotos de um silenciador (à esquerda) e um isolador de vibração (à direita) identificados durante as visitas aos GGED.



Fonte: Autor.

Na Figura 36 são exibidas as fotos de uma sala em alvenaria e um GGED com carenagem, respectivamente, também identificados neste estudo.

Figura 36 – Fotos de GGED em sala de alvenaria (à esquerda) e com carenagem (à direita), respectivamente, identificados neste estudo.



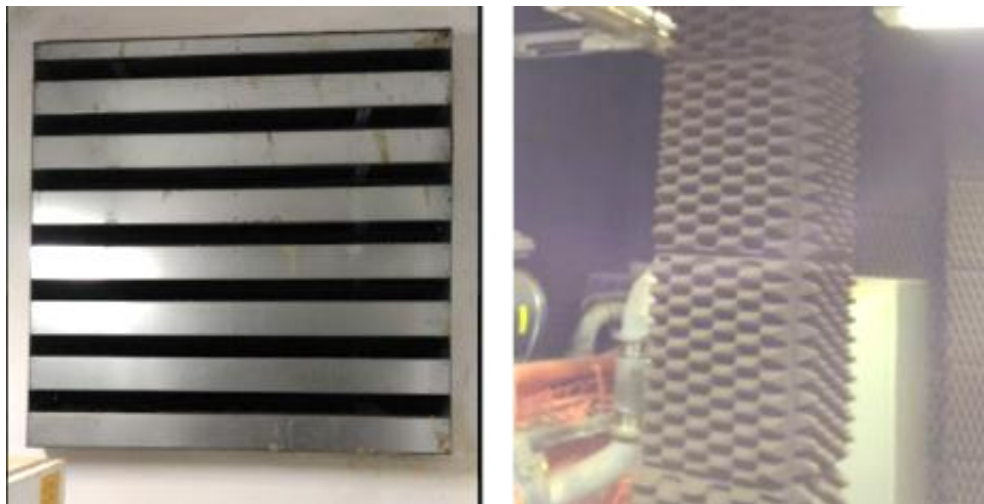
Fonte: Autor.

Com menor participação estão os atenuadores de ruído e isoladores acústicos, presentes em 35% e 28% dos GGED visitados, respectivamente. Observou-se o uso destes equipamentos em GGED localizados ao nível do solo, ocorrendo tanto em

áreas internas quanto em áreas externas das edificações. Também foi constatado, através de entrevistas junto às pessoas responsáveis pelas edificações, que as instalações destes equipamentos foram executadas a título de melhoria, ou seja, após constantes reclamações de usuários e vizinhos destas edificações.

É válido ressaltar que, em 70% dos casos, estes controles são usados simultaneamente, fato que sugere a busca por significativa melhora de proteção acústica, em relação à condição inicial. Na Figura 37 são exibidas fotos de um atenuador de ruído e um isolador acústico, respectivamente, identificados durante as visitas aos GGED.

Figura 37 – Fotos de um atenuador de ruído (à esquerda) e um isolador acústico (à direita), identificados durante as visitas aos GGED.



Fonte: Autor.

Através dos resultados obtidos pela investigação do uso de controles de proteção contra ruídos, conclui-se que, apesar dos GGED serem fontes significativas de geração de ruídos, os equipamentos instalados na região central de Ribeirão Preto não contêm os dispositivos para a redução da poluição sonora gerada pelos geradores. Também foi possível observar que apenas controles de emissão de ruídos de baixo custo são amplamente usados nas instalações dos GGED, destacando-se o uso de silenciadores nas saídas de gases de escape e isoladores de vibração.

Contudo, após a ocorrência de denúncias ou reclamações por parte dos usuários das edificações, outros tipos de controles de proteção contra ruídos mais onerosos foram instalados, como salas em alvenaria, atenuadores de ruídos e isolamentos acústicos. No caso dos GGED com carenagem, apesar da maioria estar instalada nas áreas externas ou subsolos das edificações, observou-se baixo uso de

isolamentos acústicos, sendo estes apenas instalados após reclamações devido ao excesso de ruído gerado pelos equipamentos.

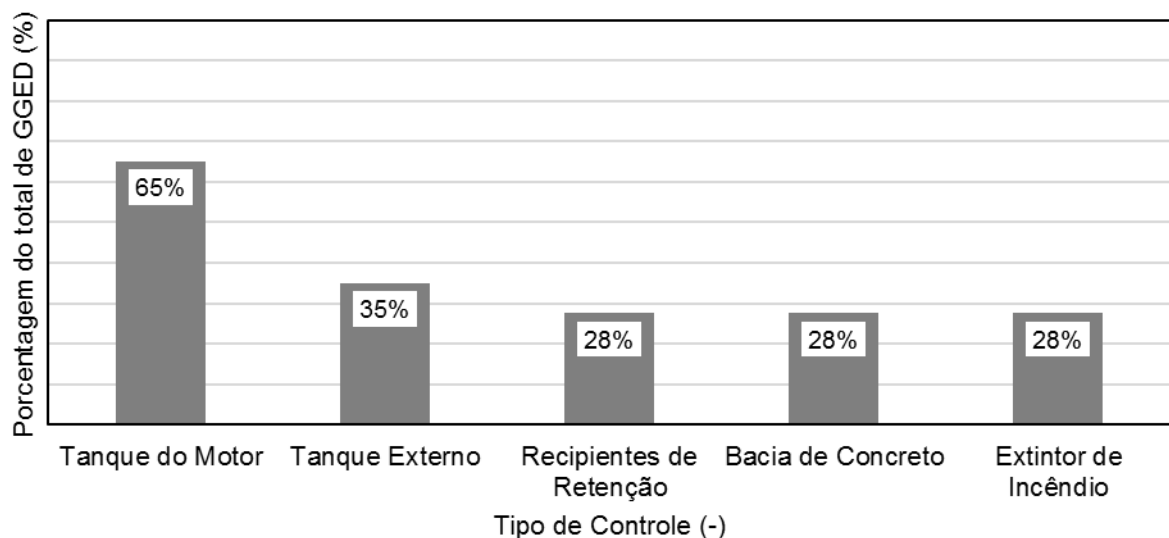
Vale lembrar que, apesar da existência de controles de proteção contra ruídos, a manutenção periódica ainda é a prática mais eficiente na redução da geração de ruídos excessivos, baseando-se principalmente no reaperto de peças com excesso de folga e reparo de peças danificadas (MWM, 2015).

5.2.3 Armazenamento de Combustível

Durante as visitas aos 40 GGED localizados na região central de Ribeirão Preto, foi mapeado o uso de controles contra vazamentos de combustível e combate a incêndio. Para a prevenção contra vazamentos, os controles mais usados são as bacias de contenção, geralmente construídas em concreto, e os recipientes de retenção de líquidos, que são fabricados em metal ou plástico (GENSET, 2010).

As bacias de contenção são construídas ao redor dos tanques e, neste estudo, foram encontradas tanto em GGED com tanques internos quanto com tanques externos. Já os recipientes de retenção de líquidos, que são instalados durante a fabricação do GGED, foram encontrados principalmente em GGED com carenagens (CUMMINS, 2011). No gráfico da Figura 38 são mostradas as participações de cada tipo de controle contra vazamentos de combustível, em relação aos 40 GGED investigados.

Figura 38 – Gráfico com as porcentagens do uso de controles de proteção contra vazamentos e combate a incêndio nos 40 GGED investigados.

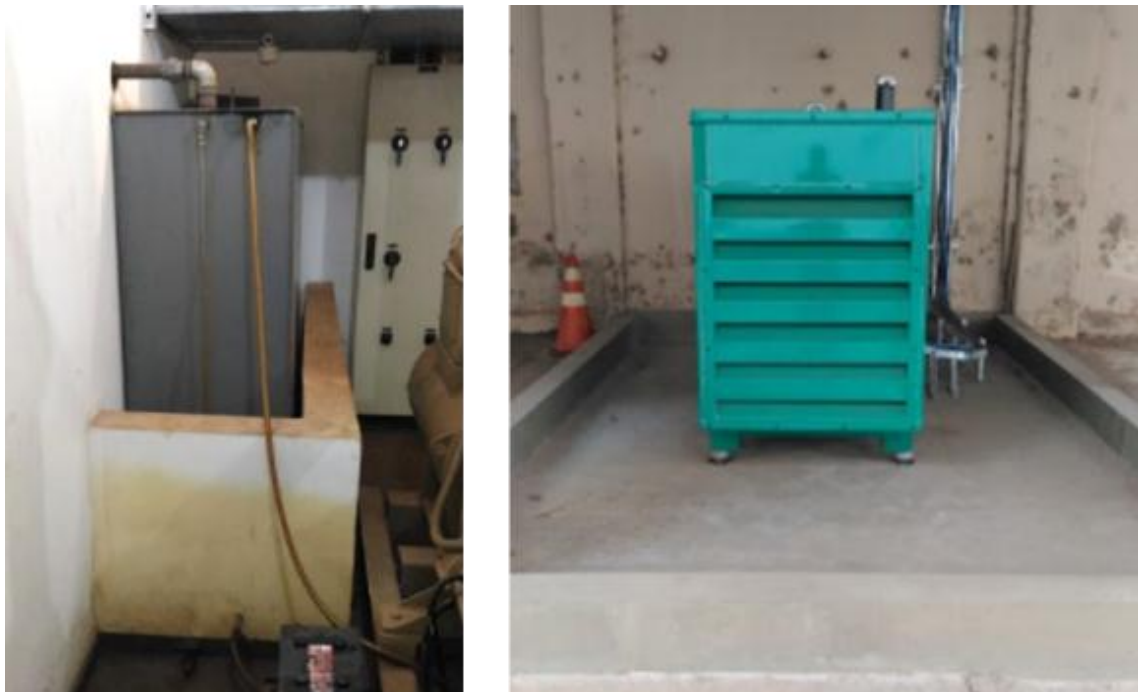


Fonte: Autor.

Com o auxílio da Figura 38, observa-se que 35% das instalações de GGED visitadas usam tanques externos para o armazenamento de combustível. O uso destes tanques é comum em edificações que necessitam de maior capacidade de armazenamento de combustível, aumentando a autonomia dos GGED (SDMO-MAQUIGERAL, 2012).

O problema ambiental associado ao uso de tanques externos, conforme detalhado no item 3.5.2, é a possibilidade de vazamento do combustível e, conseqüentemente, a contaminação dos rios que acabam sendo o destino deste líquido. A proteção adequada contra vazamentos em tanques externos é a bacia de contenção que, além de evitar a contaminação do meio ambiente, também possibilita a reutilização do líquido derramado (CORPO DE BOMBEIROS, 2010). Na Figura 39 são mostradas fotos de bacias de contenção construídas em concreto e identificadas durante as visitas aos 40 GGED.

Figura 39 – Fotos de bacias de contenção, tanque externo (à esquerda) e GGED com carenagem (à direita), identificadas durante as visitas aos 40 GGED.



Fonte: Autor.

Os recipientes de retenção, solução adotada por muitos fabricantes de GGED com carenagens, geralmente retêm apenas uma parte do total de combustível armazenado, devido às limitações de espaço dentro das carenagens (GENSET, 2010). Em casos como estes, a solução ambientalmente adequada é a construção de

uma bacia de contenção ao redor dos GGED, conforme mostrado na Figura 39, solução que foi adotada em apenas 11% dos casos investigados na região central de Ribeirão Preto.

Como os GGED estão instalados em áreas com risco de incêndio, devido ao armazenamento de combustível e à presença de equipamentos elétricos, tanto a legislação local quanto as normas de segurança contra incêndio devem ser seguidas em sua plenitude (SECRETARIA DE INSPEÇÃO DO TRABALHO, 2012). Apesar disso, apenas 28% das instalações visitadas possuem extintores de incêndio nestas áreas. Este resultado mostra um cenário preocupante, pois os problemas ambientais associados a incêndios nestes locais podem ser severos e até catastróficos. Dentre estes problemas, pode-se citar a geração de fumaça e emissão de gases tóxicos, além de danos a equipamentos e perda de vida humana, consequências estas que podem ser minimizadas ou até evitadas com o uso de extintores de incêndio (CORPO DE BOMBEIROS, 2010).

Logo, a partir do mapeamento do uso de controles contra vazamento de combustível e combate a incêndio, pode-se concluir que a maioria das edificações localizadas na região central do município de Ribeirão Preto não fazem amplo uso dos mesmos. Este cenário ainda poderá ser agravado em caso de aumento do uso de GGED que resultará na intensificação do emprego de tanques externos para o armazenamento de combustível. Já em relação à ocorrência de incêndio nestas instalações, o cenário passa a ser alarmante, pois apenas 28% destas instalações possuem extintores de incêndio, fato que aumenta significativamente os prejuízos ambientais em caso de acidentes.

5.2.4 Poluição Atmosférica

A manutenção periódica nos GGED é o principal controle de emissão de poluentes atmosféricos, pois além de reduzir a quantidade de óleo diesel queimado, também diminui a emissão de gases tóxicos formados pela combustão incompleta (MWM, 2015). É importante ressaltar que a existência de contratos de manutenção com empresas especializadas em GGED é uma indicação de que os equipamentos estão funcionando de forma adequada.

Os dados coletados através do preenchimento do questionário do uso de GGED, aplicado junto as pessoas responsáveis pelas edificações, apontam que 68%

dos GGED possuem serviços de manutenção preventiva e corretiva executada através de contratos com empresas especializadas em GGED. Na Figura 40 são mostrados alguns GGED visitados que passam por manutenções periódicas.

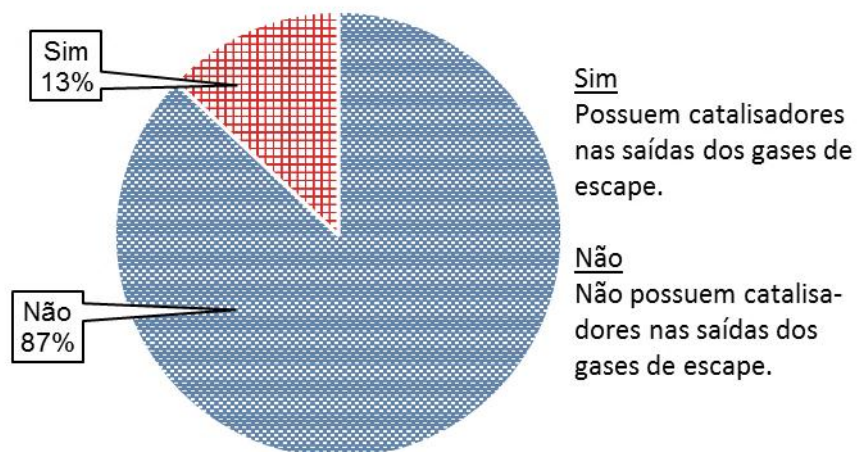
Figura 40 – Fotos de GGED visitados e que passam por manutenções periódicas.



Fonte: Autor.

Outros controles de poluição atmosférica encontrados foram catalisadores, posicionamentos das saídas dos gases de escape, existência de sistemas de ventilação no recinto do GGED e medição da densidade de fumaça. Conforme abordado no item 3.5.3, o uso de catalisadores nas saídas dos gases de escape pode reduzir significativamente a emissão de poluentes atmosféricos, como CO e HC (PERKINS, 2018). No gráfico da Figura 41 são apresentadas as porcentagens de GGED visitados que possuem ou não catalisadores nas saídas dos gases de escape.

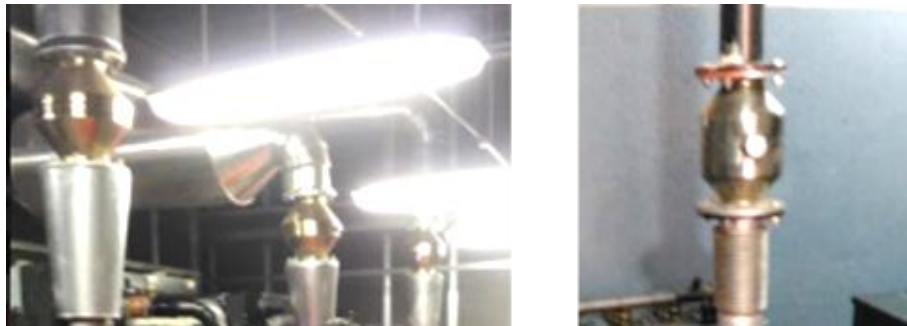
Figura 41 – Gráfico com as porcentagens de GGED visitados que possuem ou não catalisadores instalados nas saídas dos gases de escape.



Fonte: Autor.

Pelo gráfico da Figura 41, nota-se o baixo uso de catalisadores nos 40 GGED investigados, apenas 13%, fato que pode ser explicado pela não obrigatoriedade do seu uso em Ribeirão Preto. Os 5 catalisadores identificados são oxicalisadores, onde 4 deles foram instalados em empresas com sedes situadas na cidade de São Paulo, onde o uso de catalisadores em GGED é obrigatório. O outro dispositivo foi instalado após inspeção do Corpo de Bombeiros, já que a saída dos gases de escape estava posicionada em local de circulação de pessoas. Na Figura 42 são exibidas fotos de 4 dos 5 catalisadores identificados.

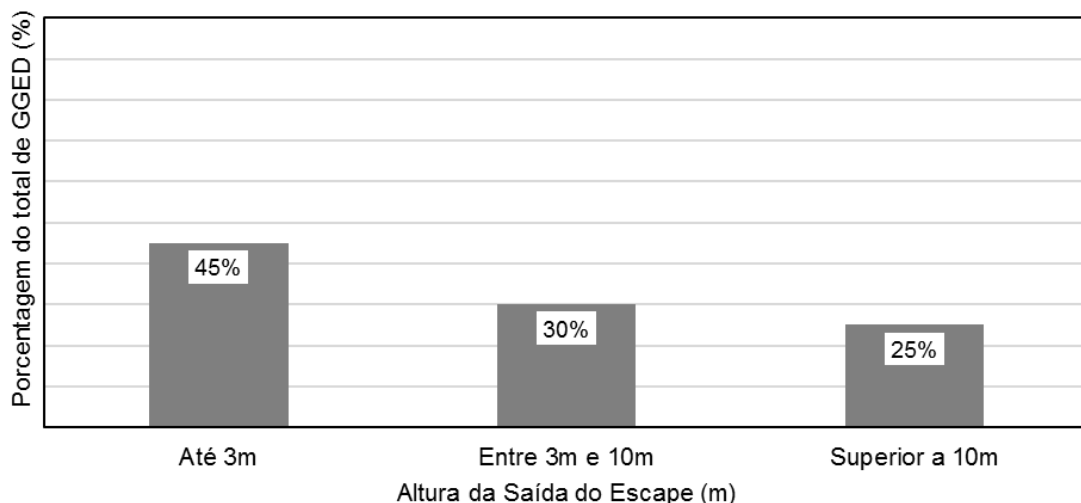
Figura 42 – Fotos de oxicalisadores encontrados durante as visitas.



Fonte: Autor.

O posicionamento das saídas dos gases de escape, apesar de não reduzir a emissão de poluentes atmosféricos, contribui para a sua dispersão e evita que sejam respirados por usuários das edificações. No gráfico da Figura 43 são apresentadas as porcentagens das alturas das saídas dos gases de escape nos 40 GGED visitados.

Figura 43 – Gráfico com as porcentagens das alturas das saídas dos gases de escape em relação aos 40 GGED investigados.



Fonte: Autor.

A partir dos resultados apresentados na Figura 43, nota-se que 45% das saídas dos gases de escape estão localizadas a menos de 3 metros de altura, ou seja, posição desfavorável para a dispersão dos mesmos devido à presença de edificações na região central do município. De fato, 75% das saídas com alturas de até 3 metros estão próximas a locais com circulação de pessoas ou janelas. Em apenas 25% dos casos investigados, as saídas dos gases de escape estão posicionadas a uma altura maior que 10 metros, posição considerada adequada para regiões com aglomeração de edificações (CUMMINS, 2011). Na Figura 44 são mostradas saídas dos gases de escape de GGED investigados, as quais estão posicionadas próximas a locais com circulação de pessoas ou presença de janelas.

Figura 44 – Fotos de GGED investigados que possuem saídas dos gases de escape posicionadas com alturas de até 3 metros e em locais com circulação de pessoas ou próximo a janelas.

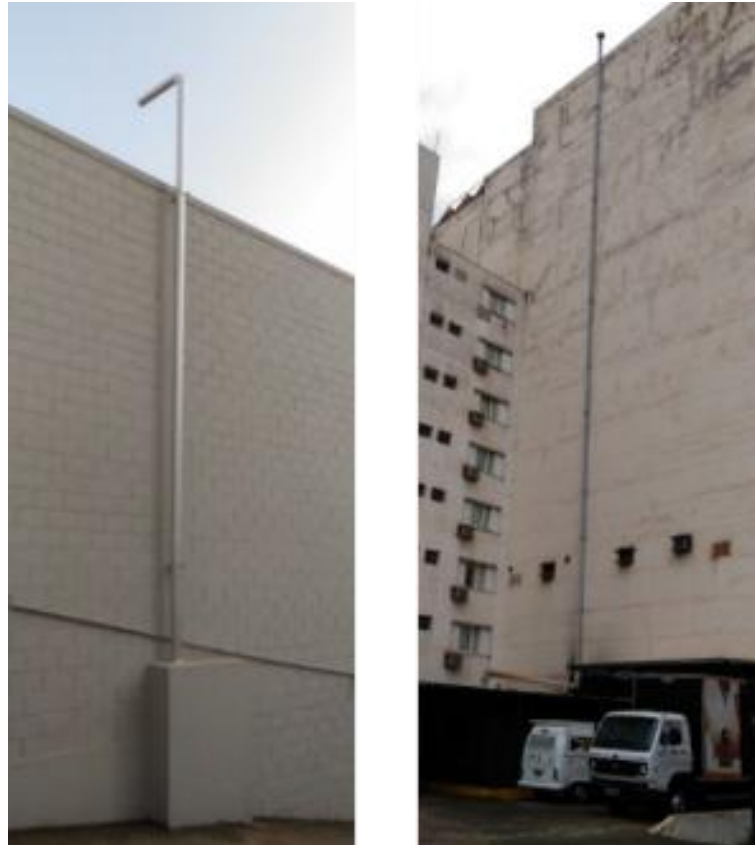


Fonte: Autor.

Entretanto, os resultados obtidos poderiam ter sido ainda piores, já que algumas destas saídas dos gases de escape foram realocadas para locais mais altos recentemente. Segundo os responsáveis pelas edificações, estes reposicionamentos foram realizados a título de melhoria, ou seja, devido reivindicações dos usuários das edificações, principalmente em relação ao excesso de fumaça e odor provenientes do uso dos GGED.

Na Figura 45 são exibidas fotos de duas saídas dos gases de escape que foram reposicionadas de uma altura de 3 metros para mais de 10 metros. Na foto à esquerda, a realocação da saída dos gases de escape ocorreu devido à circulação de pessoas, e na foto à direita foi realocada pela proximidade de janelas.

Figura 45 – Fotos de saídas dos gases de escape de GGED visitados que foram reposicionadas devido ao excesso de reclamações dos usuários das edificações.



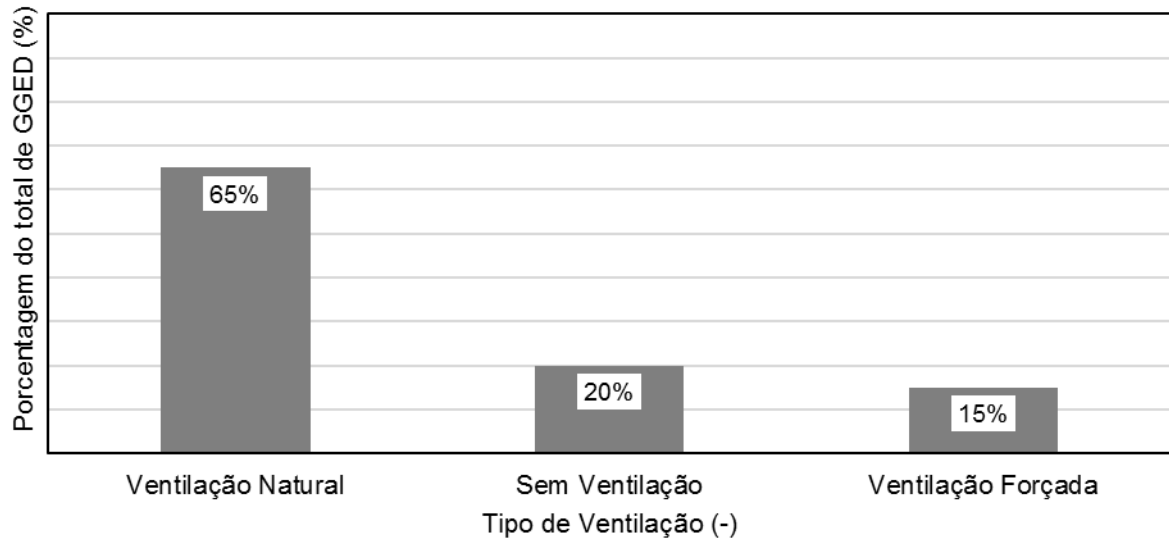
Fonte: Autor.

O uso de sistemas de ventilação no recinto do GGED também é relevante para o funcionamento adequado do motor. Estes sistemas permitem que a taxa de entrada de ar necessário para o processo de combustão seja correta, além de manter a ventilação local adequada para que o motor não tenha o seu desempenho prejudicado por problemas de superaquecimento (CUMMINS, 2011).

Conforme apresentado no gráfico de barras da Figura 46, 65% dos 40 GGED investigados possuem ventilação natural, 20% ventilação forçada e 15% não possuem sistema de ventilação no seu recinto, ou seja, 85% das instalações visitadas possuem sistemas de ventilação do tipo natural ou forçada. No estudo em questão não foi

verificado se os sistemas de ventilação foram dimensionados de acordo com as normas e legislações vigentes na cidade de Ribeirão Preto.

Figura 46 – Gráfico com as porcentagens dos sistemas de ventilação encontrados nos 40 GGED investigados.



Fonte: Autor.

O fato de 15% das instalações não possuírem sistemas de ventilação é preocupante, pois a deficiência de ar no recinto do GGED contribui para o aumento no consumo de combustível e emissão de gases poluentes (GENSET, 2010). Na Figura 47 são exibidos alguns sistemas de ventilação de GGED visitados.

Figura 47 – Fotos de GGED investigados com ventilação do tipo natural (à esquerda), forçada (ao centro) e sem ventilação (à direita), respectivamente.



Fonte: Autor.

Contudo, a ausência de sistema de ventilação no recinto do GGED também pode indicar a adoção de uma solução inadequada que visa atenuar a geração excessiva de ruídos em detrimento da qualidade do ar e do controle da temperatura no local.

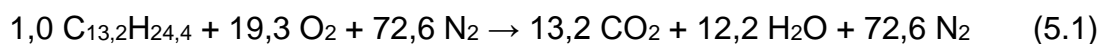
Por fim, foram investigadas as frequências com que os parâmetros de densidade de fumaça e poluentes atmosféricos são medidos. Os resultados mostram que apenas 2,5% das instalações com GGED fazem medições de densidade de fumaça nas saídas dos gases de escape, medições que são realizadas a cada 6 meses e com o auxílio de um cartão da escala de Ringelmann. Já em relação à medição de gases poluentes, não foi obtido nenhum relato de que as mesmas acontecem. Logo, os resultados obtidos sugerem a falta de monitoramento dos níveis de densidade de fumaça e gases poluentes emitidos pelos GGED localizados na região central de Ribeirão Preto.

5.3 ESTIMATIVA DA EMISSÃO DE GÁS DE COMBUSTÃO

A estimativa da emissão de gás de combustão na região central de Ribeirão Preto baseia-se no cálculo da proporção estequiométrica de ar/combustível e no consumo de combustível dos 40 GGED investigados. Além da estimativa para o cenário atual, também foi calculada a emissão de gás de combustão para um cenário hipotético de aumento do uso de GGED na região central de Ribeirão Preto.

5.3.1 Cálculo da Proporção Estequiométrica de Ar/combustível

O Diesel típico nº 2, amplamente abordado e discutido na literatura internacional, foi o combustível adotado para o cálculo da proporção teórica de ar/combustível deste estudo. Segundo Challen e Baranescu (1999), este combustível possui massa molar de 183 g/mol, sendo composto por 86,57% de carbono e 13,43% de hidrogênio, além de possuir molécula equivalente de $C_{13,2}H_{24,4}$. Através do balanceamento de átomos, a reação estequiométrica da combustão do Diesel típico nº 2 com o ar ambiente pode ser representada pela Equação (5.1).



Pela Equação 5.1, observa-se que 1,0 kgmol de $C_{13,2}H_{24,4}$ requer 19,3 kgmol de O_2 para que a reação teórica seja completa. Logo, ao converter para uma base de massa, 183,0 kg de $C_{13,2}H_{24,4}$ precisam de 617,6 kg de O_2 . Conforme detalhado na Tabela 12, o ar ambiente contém 23,2% de O_2 em base de massa, resultando na proporção teórica de ar/combustível de 14,55:1, ou seja, para cada 1 kg de $C_{13,2}H_{24,4}$ são necessários 14,55 kg de ar ambiente para a reação de combustão.

Tabela 12 – Composição simplificada do ar ambiente.

Elemento	Em massa	Em volume
Oxigênio	23,2%	21,0%
Nitrogênio	76,8%	79,0%
TOTAL	100%	100%

Fonte: Adaptado de Bizzo, 2003.

Entretanto, Bizzo (2003) argumenta que as reações exatas dos combustíveis líquidos são complexas e impossíveis de serem determinadas, principalmente em casos onde a composição do combustível não é fornecida. Em motores a combustão, para que a combustão ocorra, é necessária maior disponibilidade de ar ambiente do que o previsto na reação teórica. O excesso de ar altera o valor da proporção de ar/combustível que é, então, ajustado através de um fator de correção (BIZZO, 2003).

O excesso de ar adotado por fabricantes de motores a óleo diesel varia entre 30% e 60%, já que valores menores que 30% geram excesso de fumaça e maiores que 60% diminuem a eficiência térmica da reação de combustão (CHALLEN; BARANESCU, 1999). Neste estudo adotou-se 30% de excesso de ar, ou seja, 1,3 vezes maior que a proporção estequiométrica de ar/combustível, resultando na proporção ajustada de 18,92:1, conforme mostrado em detalhes na Tabela 13.

Tabela 13 – Valores das proporções estequiométrica e ajustada de ar/combustível, respectivamente, para o Diesel típico nº 2 ($C_{13,2}H_{24,4}$).

Tipo de proporção	Excesso de ar	Fator de correção	Proporção de ar/combustível
Proporção estequiométrica	0%	1,0	14,55:1
Proporção ajustada	30%	1,3	18,92:1

Fonte: Autor.

5.3.2 Cálculo da Emissão de Gás de Combustão

A partir do cálculo da proporção ajustada de ar/combustível e da estimativa do consumo de óleo diesel para os 40 GGED investigados, realizada com o auxílio do

Anexo B que contém as fichas técnicas dos fabricantes, calculou-se o total de gás de combustão gerado na região central de Ribeirão Preto. Na Tabela 14 são mostrados os parâmetros usados para o cálculo do total de gás de combustão gerado.

Tabela 14 – Parâmetros usados para o cálculo do total de gás de combustão gerado pelos 40 GGED investigados.

Combustível	Densidade (kg/L)	Proporção em massa			Gás de combustão (kg/L)
		Ar	Diesel	Ar + Diesel	
Diesel típico nº 2	0,832	18,92	1,00	19,92	16,57

Fonte: Autor.

Conforme apresentado na Tabela 14, são gerados 16,57 kg de gás de combustão por litro de Diesel típico nº 2 consumido. Com os valores de consumo de combustível a partir de dados dos fabricantes, calculou-se o total de gás de combustão emitido pelos 40 GGED investigados, conforme detalhado na Tabela 15.

Tabela 15 – Estimativa do total de gás de combustão gerado pelos 40 GGED investigados na região central de Ribeirão Preto/SP.

Qtd. (un.)	Potência Máxima do GGED adotado	Modelo do motor adotado	Consumo de óleo diesel (L/h)	Total de gás de combustão (kg/h)
2	6 kVA	Toyama/TD7000SGE	1,9	62,2
1	8,5 kVA	Toyama/TDWG12000SGE	3,8	63,7
1	25 kVA	Perkins/404D-22G	6,7	111,0
1	40 kVA	MWMD229-3	9,7	160,8
2	40 kVA	Perkins/1103A-33G	9,5	314,9
1	55 kVA	MWMD229-4	12,5	207,2
1	75 kVA	MWM/MS3.9-T	18,6	308,3
2	81 kVA	MWMD229-6	18,6	616,5
2	81 kVA	Cummins/C65D64	19,0	629,8
2	100 kVA	Perkins/1104A-44TG2	24,4	808,8
2	110 kVA	MWM/4.10T	25,6	848,6
1	125 kVA	Cummins/C100D6	28,0	464,1
1	125 kVA	Perkins/1104C-44TAG2	29,7	492,2
2	140 kVA	Cummins/C100D6	31,0	1.027,6
2	180 kVA	MWM/6.10TCA	36,6	1.214,2
2	220 kVA	FIAT-IVECO/NEF67-TM6	44,2	1.465,1
2	313 kVA	Cummins/C250D6	67,0	2.220,8
1	360 kVA	SCANIA/DC072A-0213	77,0	1.276,2
2	400 kVA	SCANIA/DC072A-0214	86,3	2.860,6
1	450 kVA	Cummins/C350D6	96,0	1.591,1
3	460 kVA	SCANIA/DC13 072A-0215	93,7	4.658,8
5	500 kVA	SCANIA/DC13 072A-0212	103,0	8.535,3
1	500 kVA	Cummins/C400D6	110,0	1.823,1
			Total	31.760,6

Fonte: Autor.

Logo, com o auxílio da Tabela 15, observa-se que em 1 hora de interrupção do fornecimento de energia elétrica na região central de Ribeirão Preto, são geradas aproximadamente 31,8 toneladas de gás de combustão e consumidos 1.916 litros de óleo diesel. Adotando os valores obtidos por Naji (2013) através de medições de dois tratores com motores a óleo diesel e parados, foi elaborada a Tabela 16 com as quantidades de gases poluentes gerados a partir do consumo de 1.916 litros de óleo diesel.

Tabela 16 – Estimativa dos gases poluentes gerados pelos 40 GGED por hora.

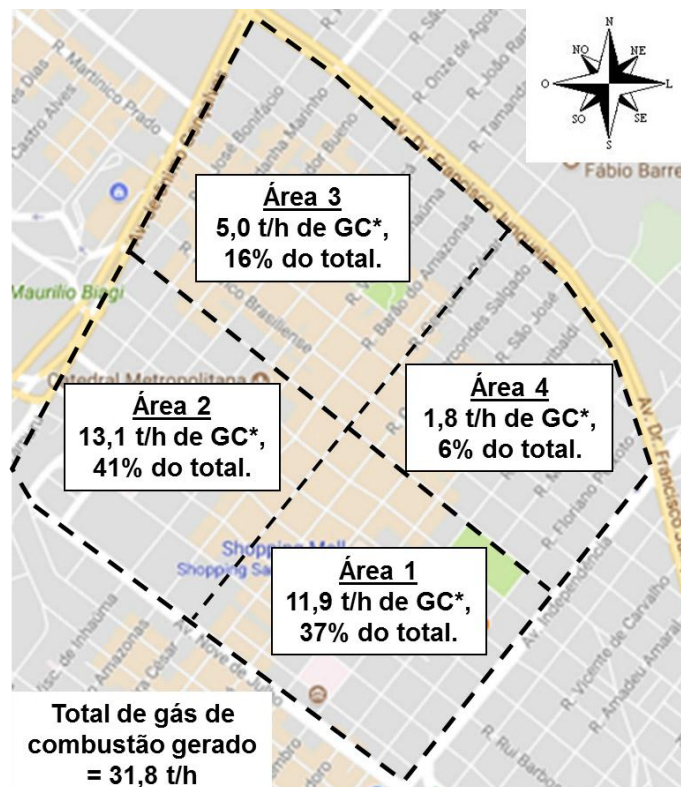
Litros de Diesel típico nº 2	Emissão em kg		
	CO ₂	CO	NO _x
1*	2,31	0,04	0,02
1.916	4.430,75	74,25	44,91

*Valores obtidos por Naji (2013) por litro de óleo diesel consumido.

Fonte: Autor.

Os totais de gás de combustão também foram calculados para as 4 subáreas da região central, conforme mostrado na Figura 48.

Figura 48 – Mapa com o valor total estimado de gás de combustão gerado pelos 40 GGED investigados na região central de Ribeirão Preto.



*GC é a abreviação de Gás de Combustão.

Fonte: Marcações do Autor no Mapa do Google Maps 2017.

A partir da Figura 48, observa-se que as Áreas 1 e 2 somadas são responsáveis pela geração de 25 t/h de gás de combustão, ou seja, 78% do total de gás de gás de combustão gerado na região central de Ribeirão Preto. Já as Áreas 3 e 4 somadas geram 6,8 t/h de gás de combustão, o que significa 22% do total de gás de combustão gerado. Logo, pelos resultados obtidos, nota-se a criticidade do uso de GGED, principalmente nas Áreas 1 e 2, que além de possuírem grande aglomeração de edificações, também são responsáveis por grande parte do gás total de combustão gerado por GGED na região central de Ribeirão Preto.

5.3.3 Simulação de Cenário

Objetivando analisar um cenário crítico de geração de gás de combustão oriundo do uso de GGED na região central de Ribeirão Preto, simulou-se a adoção de GGED nas 411 edificações visitadas e consideradas relevantes para este estudo.

Tabela 17 – Estimativa do total de gás de combustão gerado em um cenário de uso de GGED nas 411 edificações com mais de 1.500 m² de área construída e localizadas na região central de Ribeirão Preto/SP.

Tipo de edificação	Unidades	Potência máxima do GGED/ modelo do motor adotado*	Consumo total de óleo diesel (L/h)	Gás de combustão gerado (kg/h)
Prédio Residencial	231	6 kVA - TD7000SGE	433,1	7.182,0
Prédio Comercial	11	75 kVA - MS3.9-T	204,6	3.392,6
Estabelecimentos Comerciais	51	55 kVA - D229-4	637,5	10.570,9
Instituições Financeiras	17	125 kVA - C100D6	476,0	7.892,9
Instituições de Ensino	15	140 kVA - C100D6	465,0	7.710,5
Instituições Públicas	13	75 kVA - MS3.9-T	241,8	4.009,5
Hotéis	12	235 kVA - NEF67-TM6	530,4	8.795,0
Postos de Gasolina	11	6 kVA - TD7000SGE**	20,6	342,0
Clubes Recreativos	2	500 kVA - C400D6	220,0	3.648,0
Outros	8	450 kVA - C350D6	768,0	12.734,8
GGED visitados	40	verTabela 15***	1.916,4	31.776,6
Total	411		5.913,4	98.054,7

*Potência máxima adotada para os GGED, determinada a partir da média dos GGED visitados em edificações do mesmo tipo. **Para os postos de gasolina foi adotado o uso de GGED de 6 kVA, ou seja, com a menor potência encontrada entre os GGED visitados. ***No caso dos GGED visitados, tanto as potências quanto o cálculo do total de gás de combustão gerado estão disponíveis na Tabela 15 deste trabalho.

Fonte: Autor.

Ao considerar as médias das potências dos GGED investigados por tipo de edificação e assumir o uso destes equipamentos nas edificações que não possuem GGED, foram obtidos os resultados apresentados na Tabela 17. A partir destes resultados nota-se que no cenário simulado serão consumidos 5.913 litros de óleo diesel por hora de funcionamento dos GGED. Logo, observa-se que o total de gás de combustão gerado será de 98,1 toneladas por hora, ou seja, ao considerarmos o uso de GGED nas 411 edificações visitadas, a geração de gás de combustão aumentará em mais de 3 vezes em relação ao cenário atual, acrescentado 66,3 t/h de gás de combustão por hora ao ar atmosférico.

Sabendo da possibilidade de variação dos resultados nas subáreas da região central de Ribeirão Preto, foram calculadas as emissões de gás de combustão em cada uma destas subáreas, através do uso das informações obtidas no levantamento das características das edificações, contidas no item 5.1.2.

Tabela 18 – Estimativa do gás de combustão gerado nas áreas da região central de Ribeirão Preto devido ao funcionamento dos GGED em um cenário simulado com adoção de GGED nas 411 edificações visitadas.

Tipo de edificação	Número de edificações (un.)				Gás de combustão gerado (kg/h)			
	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4
Prédio Residencial	74	78	38	41	2.301	2.425	1.181	1.275
Prédio Comercial	0	0	10	1	0	0	3.084	308
Estabelecimentos Comerciais	14	16	16	5	2.902	3.316	3.316	1.036
Instituições Financeiras	4	3	10	0	1.857	1.393	4.643	0
Instituições de Ensino	4	3	2	6	2.056	1.542	1.028	3.084
Instituições Públicas	0	3	5	5	0	925	1.542	1.542
Hotéis	0	7	3	2	0	5.130	2.199	1.466
Postos de Gasolina	3	3	3	2	93	93	93	62
Clubes Recreativos	0	0	2	0	0	0	3.648	0
Outros	4	3	1	0	6.367	4.776	1.592	0
GGED visitados	14	14	11	1	11.911	13.078	4.964	1.824
Total	117	130	101	63	27.487	32.679	27.291	10.598
					Porcentagem do total*			
					28%	33%	28%	11%

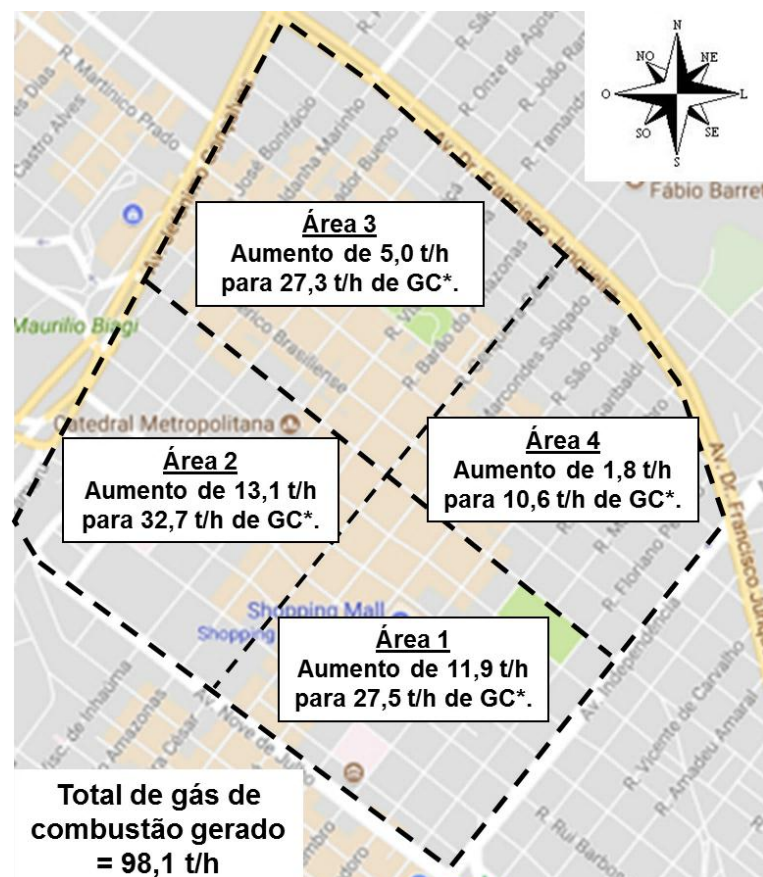
*Porcentagem do total de 98.054,7 kg/h de gás de combustão que representa a soma do total de gás de combustão gerado das Áreas 1, 2, 3 e 4.

Fonte: Autor.

Na Tabela 18 estão detalhados os cálculos do gás de combustão gerado em cada subárea, bem como a sua participação em relação ao total de gás de combustão gerado na região central de Ribeirão Preto. É possível observar que as Áreas 1, 2 e 3 representam 89% do total de gás de combustão gerado no cenário simulado, e a Área 4 apenas 11%.

O mapa da Figura 49 mostra em detalhes, o aumento da emissão de gás de combustão, comparando o cenário simulado com o atual que considerou apenas os 40 GGED investigados.

Figura 49 – Mapa da região central de Ribeirão Preto com o valor estimado de gás de combustão gerado para o cenário simulado com adoção de GGED nas 411 edificações visitadas.



Fonte: Marcações do Autor no Mapa do Google Maps 2017.

A partir da Figura 49, observa-se que dos 98,1 t/h de gás de combustão gerados por GGED, 22,3 t/h e 19,6 t/h são oriundos das Áreas 3 e 2, respectivamente. Já nas Áreas 1 e 4, o aumento estimado foi de 15,5 t/h e 8,8 t/h, respectivamente. Ao considerar as participações em relação ao total de gás de combustão, ocorreram variações em relação aos dois cenários, conforme apresentado na Tabela 19.

Tabela 19 – Estimativa da geração de gás de combustão na região central de Ribeirão Preto, considerando os cenários atual e simulado, respectivamente.

Tipo de referência	Cenário atual				Cenário simulado			
	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4
Total de gás de combustão (t/h)	11,9	13,1	5,0	1,8	27,5	32,7	27,3	10,6
Porcentagem do total*	37%	41%	16%	6%	28%	33%	28%	11%

*A porcentagem do total baseia-se nos valores totais de gás de combustão gerados em cada cenário, ou seja, 31,8 t/h no cenário atual e 98,1 t/h no cenário simulado.

Fonte: Autor.

Observa-se, pelos resultados da Tabela 19, que as participações das Áreas 1 e 2 reduziram-se de 37% para 28% e de 41% para 33%, respectivamente. Entretanto, na Área 3 ocorreu um aumento de 16% para 28% no cenário simulado, indicando que apesar da pequena participação no cenário atual, a aglomeração de edificações aumentará a sua participação na emissão de gás de combustão, em caso de aumento do uso de GGED.

5.3.4 Qualidade do Ar em Ribeirão Preto

De acordo com a Cetesb (2016), a principal fonte de poluição do ar ainda são os veículos automotores, porém, apesar do crescimento da frota de veículos, os índices totais de emissão de poluentes atmosféricos vêm diminuindo devido ao uso de dispositivos de controle de emissão nos automóveis. O município de Ribeirão Preto possui uma frota estimada em 300.137 veículos que são fontes significativas de emissão de poluentes atmosféricos, conforme apresentado na Tabela 20.

Tabela 20 – Estimativa da frota de veículos e emissão de poluentes atmosféricos para o município de Ribeirão Preto/SP.

Tamanho da frota	Tipo de fonte de poluição	Emissão (1.000 t/ano)				
		CO	HC	NOx	MP	SOx
300.137 veículos*	Móvel	6,30	1,33	3,08	0,08	0,12

*Estimativa da frota de veículos de 2015.

Fonte: Adaptado de Cetesb, 2016.

Segundo o Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo, referente ao ano de 2016 e publicado pela Cetesb, Ribeirão Preto possui apenas uma estação de monitoramento de qualidade do ar, denominada Ribeirão Preto – Centro. Esta estação fixa, anteriormente denominada Ribeirão Preto – Campos Elísios, foi reativada em

07/12/16 no Parque Ecológico Maurílio Biagi, na região central do município, onde são medidos os parâmetros de MP₁₀ ou partículas respiráveis. Apesar das medições serem frequentes, no ano de 2016 a estação Ribeirão Preto – Centro não atendeu aos critérios de representatividade anual, ou seja, não foi possível coletar dados representativos para esse estudo (CETESB, 2016).

Entretanto, as medições de MP₁₀ ou partículas respiráveis são diárias e divulgadas no “website” da CETESB. Apesar de não ser possível coletar os dados históricos para o ano de 2017, pois ainda não foram divulgados publicamente, a imprensa local tem acompanhando e divulgado as informações relacionadas à qualidade do ar.

Segundo a imprensa local, no dia 8 de agosto de 2017 foram registrados 109 microgramas por metro cúbico de partículas respiráveis suspensas na atmosfera, ou seja, MP₁₀, no mesmo mês, registrou valores de 105 e 93, nos dias 2 e 3, respectivamente (REDE GLOBO, 2017). Na Tabela 21 são apresentados os parâmetros de MP₁₀ e qualidade do ar associada para o Estado de São Paulo, segundo dados divulgados pela Cetesb (2016).

Tabela 21 – Parâmetros de MP₁₀ e a qualidade do ar associada, segundo a Cetesb para o Estado de São Paulo*.

Índice MP ₁₀ (µg/m ³) - 24h	0 - 50	>50-100	>100-150	>150-250	>250
Qualidade do ar	Boa	Moderada	Ruim	Muito ruim	Péssima

*Dados extraídos da Tabela 8, Qualidade do Ar e Efeitos à Saúde, do Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo. Esta Tabela pode ser encontrada na íntegra no Anexo C.

Fonte: Adaptado de Cetesb, 2016.

Portanto, em 2 dias do mês de agosto de 2017, os índices de qualidade do ar registrados na região central de Ribeirão Preto foram considerados “ruim”, segundo os parâmetros adotados pela Cetesb. No Anexo C é apresentada a Tabela completa da Qualidade do Ar e Efeitos à Saúde segundo a Cetesb (2016).

De acordo com os dados da Cetesb (2016), a qualidade de ar “ruim” pode gerar na população incômodos nos olhos, garganta e nariz, além de tosse seca e cansaço. Maria Lúcia Guardani, gerente da divisão de qualidade do ar da Cetesb, em entrevista à Rede Globo (2017) apontou que os fatores determinantes para deterioração da qualidade do ar em Ribeirão Preto são a falta de chuvas, as queimadas criminosas nos canaviais e a queima de combustíveis.

Neste contexto, o gás de combustão proveniente da queima de óleo diesel a partir do uso de GGED, estimado nos itens 5.3.2 e 5.3.3, torna-se relevante para futuras avaliações de impacto do uso destes equipamentos na qualidade do ar da região central de Ribeirão Preto. No cenário atual, considerando apenas os 40 GGED investigados, são queimados 1.916 litros de óleo diesel e emitidos 31,8 toneladas de gás de combustão na região central de Ribeirão Preto, por hora de funcionamento dos GGED. Já no cenário simulado, considerando o uso de GGED em todas as 411 edificações com mais de 1.500 m² de área construída, estimou-se a queima de 5.913 litros de óleo diesel por hora, resultando na emissão de 98,1 t/h de gás de combustão.

Segundo Matsuda et al. (2015), a exposição aos particulados exauridos a partir da queima do óleo diesel impactam no aumento das infecções nos seres humanos. O estudo aponta que o efeito da poluição do ar pode afetar a integridade do globo ocular e a exposição a partículas MP_{2,5} lançam mediadores inflamatórios na película lacrimal, o que pode afetar a resposta da defesa imunológica na mucosa ocular.

A Organização Mundial da Saúde (WHO, 2016) estima que 3 milhões de pessoas morreram em 2012 devido a problemas de saúde relacionados à exposição de partículas respiráveis (MP₁₀). Ainda segundo a WHO (2005), além de aumentar a mortalidade da população, a exposição às partículas respiráveis também causa sérios impactos na saúde da população, mesmo em baixas concentrações. Ou seja, é um problema ambiental grave e que deve ser controlado em relação a todos os níveis de emissão, incluindo as emissões provenientes dos GGED.

6 CONCLUSÃO

Com o objetivo de diagnosticar o uso de GGED localizados na região central de Ribeirão Preto, foram visitadas todas as edificações com mais de 1.500 m² de área construída, resultando em 411 visitas e na investigação de 40 instalações com GGED. Através deste levantamento, foi possível diagnosticar o uso de controles relacionados a emissão de ruídos, armazenamento de combustível e emissão de poluentes atmosféricos.

Neste diagnóstico, com margem de erro de 5,22%, constatou-se que 80% da potência total instalada dos GGED da região central de Ribeirão Preto estão concentradas em aproximadamente metade da área total. Apesar de 80% dos GGED visitados serem usados apenas em emergências, 68% dos equipamentos possuem contratos de manutenção preventiva, prestadas por empresas especializadas neste serviço. Estes resultados sugerem o uso constante destes equipamentos ao longo de todo o ano.

Observou-se que os controles contra ruídos mais utilizados são os silenciadores e isoladores de vibração, presentes em pelo menos 90% dos GGED investigados. Entretanto, apenas 35% das instalações fazem uso de importantes acessórios, como atenuadores de ruídos ou isoladores acústicos. Também foi identificado que na maioria das instalações que possuem isolamentos acústicos, os mesmos foram objeto de melhoria devido às constantes reclamações de excesso de ruídos feitas por usuários e vizinhos destas edificações.

Embora o uso de barreiras de contenção de combustível em tanques externos e recipientes de retenção em GGED com carenagens sejam os controles contra derramamento de líquidos mais indicados, apenas 56% das instalações visitadas os possuem. Este é um cenário preocupante, já que locais com GGED são considerados áreas com risco de incêndio, o que é potencializado pelo fato de 65% dos tanques de combustível estarem localizados em áreas internas das edificações.

Com relação aos controles de poluição do ar, destacam-se o posicionamento das saídas dos gases de escape e o uso de catalisadores. Diagnosticou-se que apenas 13% dos GGED investigados possuem catalisadores, os quais foram instalados por diretrizes de empresas matrizes situadas em São Paulo, onde o uso de catalisadores é obrigatório, ou por recomendação do Corpo de Bombeiros. Cenário esse agravado pelo fato de 45% das saídas dos gases de escape estarem

posicionadas a menos de 3 metros de altura e em locais com intensa circulação de pessoas ou próximo a janelas.

Neste estudo, também foram estimadas as emissões de gás de combustão provenientes do uso de GGED em dois cenários, atual e simulado. No cenário atual, considerando os 40 GGED investigados, são queimados 1.916 litros de óleo diesel e emitidas 31,8 toneladas de gás de combustão, por hora de funcionamento dos GGED. Já no cenário simulado, adotando o uso de pelo menos um GGED em cada uma das 411 edificações visitadas, o consumo de óleo diesel alcançaria 5.913 litros, gerando 98,1 toneladas de gás de combustão por hora.

Em resumo, apesar da existência de normas e legislações para a regulamentação e fiscalização do uso de GGED, observa-se que os problemas ambientais apenas estão sendo solucionados a partir de reclamações ou denúncias da população. Soma-se a isto o fato das edificações na região central de Ribeirão Preto serem antigas, portanto sem previsão de uso de GGED em seu projeto original e com limitação de atendimento às normas vigentes, principalmente para os GGED de maiores potências. O município de São Paulo, prevendo o aumento do uso de GGED nas edificações, estabeleceu limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos, estimulando o uso de tecnologias e soluções para a redução da emissão de gases poluentes como, por exemplo, a adoção de catalisadores e o uso de biocombustíveis. Esses limites também poderiam ser adotados para região central de Ribeirão Preto visando melhorar a qualidade do ar nesta área crítica da cidade.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Indicadores Coletivos de Continuidade (DEC e FEC)**. Brasília: ANEEL, 2017a. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/indicadores-coletivos-de-continuidade>>. Acesso em: 04 dez. 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Informações Gerenciais – Setembro 2017**. Brasília: ANEEL, 2017b. 73 p. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14854008/Boletim+de+Informa%C3%A7%C3%B5es+Gerenciais+-+3%C2%BA+trimestre+2017/b609461f-e490-79e8-89bb-ba0f02d0fba9?version=1.0>>. Acesso em: 04 dez. 2017.

AMARAL, B. S. et al. **Comparative Profile of Pollutants Generated by a Stationary Engine Fueled with Diesel, Biodiesel e Ethanol**. Journal of Aerosol Science 100, 155-163p, Elsevier, 2016.

_____. **DECRETO ESTADUAL Nº 8.468, de 08 de setembro de 1976** – Aprova o Regulamento da Lei n. 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a Prevenção e o Controle da Poluição do Meio Ambiente. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, 1976b.

_____. **DECRETO ESTADUAL Nº 54.487, de 26 de junho de 2009** – Altera a redação e inclui dispositivos e anexos no Regulamento da Lei nº 997, de 31 de maio de 1976, aprovado pelo Decreto nº 8.468, de 8 de setembro de 1976, que dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente e dá outras providências. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, 2009.

_____. **DECRETO ESTADUAL Nº 59.113, de 23 de abril de 2013** – Estabelece os novos padrões estaduais de qualidade do ar. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, 2013.

_____. **DECRETO MUNICIPAL Nº 5.329, de 15 de setembro de 1998** – Cria a Secretaria Municipal de Meio Ambiente e dá outras providências. Ribeirão Preto: Prefeitura Municipal, 1998.

_____. **DECRETO MUNICIPAL Nº 54.797, de 28 de janeiro de 2014** – Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos e os limites de ruído tolerados para os grupos motogeradores utilizados por edificações públicas e privadas no Município de São Paulo. São Paulo: Prefeitura Municipal, 2014.

_____. **LEI COMPLEMENTAR N° 1.257, de 06 de janeiro de 2015** – Institui o Código Estadual de Proteção Contra Incêndios e Emergências e dá providências correlatas. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, 2015.

_____. **LEI COMPLEMENTAR N° 1.619, de 19 de janeiro de 2004** – Institui o código do meio ambiente e estabelece normas gerais para o controle da qualidade ambiental no município de Ribeirão Preto – SP. Ribeirão Preto: Prefeitura Municipal, 2004.

_____. **LEI N° 997, de 31 de maio de 1976** – Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, 1976a.

_____. **NBR 5410/2008** – Instalações Elétricas de Baixa Tensão. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

_____. **NBR 7505-1/2000** – Armazenagem de Líquidos Inflamáveis e Combustível. Rio de Janeiro: ABNT, 2000.

_____. **NBR 10151/2000** – Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2000.

_____. **Nº 25/2010** – Instrução Técnica – Segurança Contra Incêndio para Líquidos Combustíveis e Inflamáveis. São Paulo: Corpo de Bombeiros, 2010.

_____. **NR 20** – Segurança e Saúde no Trabalho com Inflamáveis e Combustíveis. Brasília: Ministério do Trabalho, 1978.

_____. **PORTARIA N° 308, de 29 de fevereiro de 2012** – Altera a Norma Regulamentadora nº 20 – Líquidos Combustíveis e Inflamáveis. Brasília: Secretaria de Inspeção do Trabalho, 2012.

_____. **PORTARIA N° 400, de 6 de dezembro de 1977** – Normas e padrões sobre construções e instalações de serviços de saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 1997.

_____. **RESOLUÇÃO CONAMA N° 003, de 28 de junho de 1990** – Estabelece os padrões nacionais de qualidade do ar. Brasília: CONAMA, 1990.

_____. **RESOLUÇÃO CONAMA N° 279, de 27 de junho de 2001** – Estabelece procedimentos para o licenciamento ambiental simplificado de empreendimentos elétricos com pequeno potencial de impacto ambiental. Brasília: CONAMA, 2001.

BARROS, M. A. T. M.. **Emissões atmosféricas de grupos motogeradores na Região Metropolitana de São Paulo**. 2007. 136f. Dissertação (Mestrado em Energia) – Universidade de São Paulo, 2007.

BASF. **Catalysts**. 2018. Disponível em: <<http://www.catalysts.basf.com/p02/USWeb-Internet/catalysts/en/content/microsites/catalysts/prods-inds/mobile-emissions/doc>>. Acesso em: 19 jan. 2018.

BIZZO, W. A. **Geração, Distribuição e Utilização de Vapor**. Apostila de Curso EM 722/ES606 - Universidade de Campinas, 2003. Disponível em: <<http://www.fem.unicamp.br/~em672/GERVAP1.pdf>>. Acesso em: 16 fev. 2018.

CHALLEN, B.; BARANESCU, R. **Diesel Engine Reference Book**. 2º ed. Oxford, Butterworth-Heinemann, 1999.

CETESB. **Padrões de Qualidade do Ar**. 2018. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/ar/padroes-de-qualidade-do-ar/>>. Acesso em: 11 fev. 2018.

CETESB. **Qualidade do Ar no Estado de SP**. 2016. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2013/12/relatorio-ar-2016.pdf>>. Acesso em: 11 fev. 2018.

COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ (CPFL). **Relatório Anual 2016**. 2017a. Disponível em: <<https://www.cpfl.com.br/institucional/relatorio-anual/Documents/relatorio-anual-2016.pdf>>. Acesso em: 04 dez. 2017.

COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ (CPFL). **Unidades de Negócio – CPFL Paulista**. 2017b. Disponível em: <<https://www.cpfl.com.br/unidades-de-negocios/distribuicao/cpfl-paulista/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 04 dez. 2017.

CUMMINS. **Cummins Compact Catalyst – A “Fit & Forget” Solution**. 2018. Disponível em: <<https://cumminsengines.com/cummins-compact-catalyst>>. Acesso em: 19 fev. 2018.

CUMMINS. **Engenharia de Aplicações – Manual de Aplicação para Grupos Geradores Arrefecidos a Água**. 2011. 316p. Disponível em: <<http://www.cummins>>

power.com.br/pdf/engenharia/T030Portugu%C3%AAs.pdf>. Acesso em: 04 dez. 2017.

DALGAS. **Oxicatalisadores Dalgas**. 2017. Disponível em: <<https://www.oxicatalisador.com.br/o-oxicatalisador>>. Acesso em: 04 dez. 2017.

DEMERS, D.; WALTERS, G. **Guide to exhaust emission control options**. BAeSAME, Bristol, 1999.

DE VAUS, D. A. **Surveys in Social Research**. 6^o ed. London, Allen & Unwin, 2014.

GENSET. **Manual de Instalação**. 2010. 52p. Disponível em: <<http://www.naganoprodutos.com.br/novosite/upload/download/2025.pdf>>. Acesso em: 06 dez. 2017.

GOOGLE MAPS. **Google Maps**. 2017. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/@-21.1778446,-47.8130797,14.75z?hl=en>>. Acesso em: 04 nov. 2017.

GOOGLE STREET VIEW. **Street View**. 2017. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/@21.1879208,47.8072805,3a,60y,329.43h,77.93t/data=!3m6!1e1!3m4!1sbBMfeKBdPKw34O44bmNVIq!2e0!7i13312!8i6656?hl=en>>. Acesso em: 04 nov. 2017.

HART, K. **Compact Catalytic Converter System for Future Diesel Emissions Standards**. MTZ Vol. 73. Germany, 2012.

HENRY, G. T. **Practical Sampling**. Newbury Park, CA, Sage, 1990.

MARIN, G. B. et al. **Advances in Chemical Engineering**. Vol. 33. Belgium, 2007.

MATSUDA, M. et al. **Lacrimal Cytokines Assessment in Subjects Exposed to Different Levels of Ambient Air Pollution in a Large Metropolitan Area**. Journal PLOS ONE, 2015.

MWM. **Manual de Operação e Manutenção do Motor Série 229**. 2015. Disponível em: <http://www.mwm.com.br/Portal/%25%25PORTAL%25%25/Arquivos/Download/Upload/S%C3%A9rie%20229_Manual%20de%20Opera%C3%A7%C3%A3o%20e%20Manuten%C3%A7%C3%A3o%20do%20Motor_89.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2018.

NAJI, A.A. **A Comparison of Measured Diesel Emissions in Agriculture and Australian National Standard Emission Factors**. University of Southern Queensland, 2013.

PERKINS. **Diesel Oxidation Catalyst (DOC)**. 2018. Disponível em: <https://www.perkins.com/en_GB/products/emissions_technology/emissions-technology/diesel-oxidation-catalyst.html>. Acesso em: 19 fev. 2018.

PETROBRAS. **Manual Técnico Diesel S-10**. 2014. Disponível em: <http://sites.petrobras.com.br/minisite/assistenciatecnica/public/downloads/manual_tecnico_diesels-10_assistencia_tecnica_petrobras.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2018.

REDE GLOBO. **Ribeirão e Franca – Com clima seco e queimadas, qualidade do ar tem pior índice do ano em Ribeirão Preto**. 2017. Disponível em: <<https://g1.globo.com/sp/ribeirao-preto-franca/noticia/com-clima-seco-e-queimadas-qualidade-do-ar-tem-pior-indice-do-ano-em-ribeirao-preto.ghtml>>. Acesso em: 19 fev. 2018.

RESITOGLU, I. A. et al. **The pollutant emissions from diesel-engine vehicles and exhaust aftertreatment systems**. Clean Techn Environ Policy, 17:15-27p, Springer, 2015.

SAUNDERS, M. et al. **Research Methods for Business Students**. 4^o ed. Harlow, England, Prentice Hall, 2007.

SARAVANAN, S. et al. **Multi Response Optimization of NOx Emission of a Stationary Diesel Engine**. FUEL 89, 3235-3240p, Elsevier, 2010.

SDMO-MAQUIGERAL. **Manual Geral e de Segurança – Generalidades, Segurança e Instalação**. 2012. 118p. Disponível em: <http://br.sdmo.com/Content/Subsidiaries/BR/SDMO_Manual-Geral-Seguranca.pdf>. Acesso em: 06 dez. 2017.

SEITO, A. I. et al. **A Segurança Contra Incêndio no Brasil**. Projeto Editora. São Paulo, 2008.

SIGIBGE. **Brasil – Mapas Físicos e Ambientais**. 2017. Disponível em: <<http://mapasinterativos.ibge.gov.br/sigibge/>>. Acesso em: 04 nov. 2017.

STEMAC. **Atenuação Acústica – Especificações Básicas**. 2017. Disponível em: <<http://www.stemac.com.br/pt/produtos/Documents/Lamina%20Comercial%20-%20Atenua%C3%A7%C3%A3o%20Acustica.pdf>>. Acesso em: 06 dez. 2017.

SUPERINTENDÊNCIA DE GESTÃO TARIFÁRIA (SGT). **Relatório SAS 2017**. 2017. Disponível em: <[http://relatorios.aneel.gov.br/ layouts/xlviewer.aspx?id=/Relatorios SAS/RelSampRankConsumo.xlsx&Source=http://relatorios.aneel.gov.br/RelatoriosSAS/Forms/AllItems.aspx&DefaultItemOpen=1](http://relatorios.aneel.gov.br/layouts/xlviewer.aspx?id=/RelatoriosSAS/RelSampRankConsumo.xlsx&Source=http://relatorios.aneel.gov.br/RelatoriosSAS/Forms/AllItems.aspx&DefaultItemOpen=1)>. Acesso em: 04 dez. 2017.

UMICORE. **Diesel Oxidation Catalyst (DOC)**. 2018. Disponível em: <<http://ac.umicore.com/en/technologies/diesel-oxidation-catalyst/>>. Acesso em: 19 jan. 2018.

US DEPARTMENT OF ENERGY. **Just the Basics – Diesel Engine**. 2003. Disponível em: <https://www1.eere.energy.gov/vehiclesandfuels/pdfs/basics/jtb_diesel_engine.pdf>. Acesso em: 05 dez. 2017.

VARELLA, C. A. A.; SANTOS, G. S. **Noções Básicas de Motores Diesel**. 1ª ed. Julho 2010 – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2010.

VESILIND, P. A., et al. **Introduction to Environmental Engineering**. 3º ed. Stanford, Cengage Learning, 2010.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Air Quality Guidelines for Particulate Matter, Ozone, Nitrogen Dioxide and Sulfur Dioxide**. 2005. Disponível em: <http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/outdoorair_agg/en/>. Acesso em: 26 fev. 2018.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Ambient (outdoor) Air Quality and Health**. 2016. Disponível em: <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/>>. Acesso em: 26 fev. 2018.

YANG, Y. et al. **Investigation into the Performance and Emissions of a Stationary Diesel Engine Fuelled by Sewage Sludge Intermediate Pyrolysis Oil and Biodiesel Blends**. Energy 62, 269-276p, Elsevier, 2013.

APÊNDICE - Questionário sobre o uso de GGED

Questionário do uso de GGED

Questionário nº:

Item A – Identificação e características da edificação

1. Data da visita:
2. Nome da edificação:
3. Tipo de edificação:
4. Endereço:

Item B – Informações sobre agentes fiscalizadores

5. O grupo gerador já foi fiscalizado? Qual foi o agente fiscalizador?

- Sim. Cetesb. Sim. Bombeiros. Sim. Prefeitura. Não

Item C – Informações gerais e de localização do grupo gerador

6. Qual é a potência (kVA) e o modelo do grupo gerador?

7. Qual é o modelo do motor utilizado no grupo gerador?

8. Qual é o tipo de acionamento do grupo gerador?

- Manual Automático

9. Qual é a localização do grupo gerador na edificação?

Área interna:

- Abaixo do nível do solo No nível do solo Acima do nível do solo

Área Externa:

- No nível do solo Sobre a laje

10. O grupo gerador possui algum tipo de proteção contra intempéries?

- Sim Não

11. Qual é principal utilização do grupo gerador?

- Emergência Emergência e horário de maior consumo

Item D – Informações sobre serviços de manutenção no grupo gerador

12. A manutenção do grupo gerador é realizada por uma empresa especializada?

Sim Não

13. Qual é o tipo de manutenção realizada?

Preventiva Corretiva

14. Qual é o nome da empresa contratada para os serviços de manutenção?

Item E – Informações sobre medidas de controle de emissão de ruídos

15. Quais são as medidas de controle de emissão de ruídos usadas?

Sala em alvenaria Carenagem Isolamento acústico
 Isoladores de vibração Silenciador Atenuador de ruído

Item F – Informações sobre armazenamento de combustível e sistema de combate a incêndio

16. Qual é o tipo de combustível utilizado?

Diesel S-10 Biodiesel Diesel comum

17. Qual é o tipo de armazenamento?

Tanque interno Galões Tanque externo

18. Quando litros de diesel são armazenados?

19. Existe barreira de contenção contra vazamento do combustível?

Sim Não

20. Qual é o tipo de barreira de contenção usada?

Bandeamento Bacia de contenção em concreto

21. Qual é a capacidade em litros da barreira de contenção?

22. Existe sistema de combate a incêndio para as instalações do grupo gerador?

Sim Não

Item G – Informações sobre o sistema de ventilação no recinto do grupo gerador

23. Existe algum sistema de ventilação no recinto do grupo gerador? Qual?

Não Sim, ventilação natural. Sim, ventilação forçada.

24. Existem dutos de condução do ar quente gerado no grupo gerador?

Sim Não

Item H – Informações sobre medidas de controle de poluentes atmosféricos

25. Existe catalisador acoplado ao sistema de saída de gases do escape? Qual é o tipo?

Sim. Oxicatalisador. Sim. Não informado. Não

26. Qual é a altura da saída dos gases de escape em relação ao nível do solo?

Até 3 metros Entre 3 e 10 metros. Acima de 10 metros.

27. Existem locais confinados ou de trânsito de pessoas próximo à saída dos gases de escape?

Sim Não

28. São realizadas medições periódicas relacionadas à densidade de fumaça ou emissão de gases poluentes?

Sim Não

29. Quais tipos de medições são realizados?

Escala Ringelmann. Medição de gases poluentes.

30. Qual é a periodicidade da realização destas medições?

Mensal Semestral Anual

ANEXO A - Ficha Técnica do Oxidocatalisador Dalgas-Ecoltec

FICHA TÉCNICA: OXICATALISADOR-DALGAS

O Oxidocatalisador-Dalgas é um purificador de gases que, colocado na saída dos gases de escape de grupos geradores, carregadeiras, empilhadeiras e caminhões em ambientes confinados ou semi-confinados, reduz as emissões tóxicas e odoríferas provenientes da queima incompleta nos motores Diesel.

Oxidocatalisador-Dalgas é o único que de fato utiliza esferas/ carga reatora de Platina (Pt)/Paládio (Pd). E, sua carga reatora/esferas são importadas e atendem os mais severos padrões de segurança dos Estados Unidos (Bureau of Mines/ Department of The Interior e OSHA/Occupational Safety and Health Administration), EPA (Environmental Protection Agency), TSCA (Toxic substance control act) e obedecendo as normas DECRETO N. 52.209, DE 24 DE MARÇO DE 2011, Regulamenta a Lei n.15.095, de 4 de janeiro de 2010, que acresce o item 9.4.5 ao Anexo I da Lei n. 11.228, de 25 de junho de 1992. **GILBERTO KASSAB**, Prefeito do Município de São Paulo, no uso das atribuições que lhe são conferidas por lei, DECRETA: Art. 1- A Lei n. 15.095, de 4 de janeiro de 2010, que acresce o item 9.4.5 ao Anexo I da Lei n. 11.228, de 25 de junho de 1992, fica regulamentada nos termos deste decreto. Art. 2º - As edificações públicas ou privadas que utilizem grupos moto geradores deverão convertê-los ou utilizar equipamentos movidos a combustível menos poluente que o óleo diesel ou adaptar filtros ou outros acessórios que reduzam a poluição, observado, quando houver, percentual que venha a ser estabelecido pelo órgão ambiental competente, nos termos do item 9.4.5 do Anexo I da Lei n. 11.228, de 1992.

Sua principal característica é reduzir os gases venenosos provenientes dos motores a combustão, dentro do seu núcleo, ou seja, em uma câmara apropriada construída de aço inoxidável, preenchida com esferas catalisadoras de Platina (Pt)/Paládio (Pd) que, ao entrar em contato com a descarga aquecida/quente, vai realizar uma combustão catalítica, oxidando as substâncias tóxicas CO (monóxido de carbono), NOx (óxidos nitrosos), SO2 (óxidos sulfurosos), HC (hidrocarbonetos) entre outros por este meio/processo e reduzindo-os a CO2 (dióxido de carbono) + H2O (vapor d'água). Não ocasiona restrição ao motor, ou seja, ou seja que a perda de carga (mmca) do Oxidocatalisador é de até 120 mmca, pois cada modelo de Oxidocatalisador-Dalgas é calculado conforme o volume do motor. Auxilia na eliminação dos problemas de controle do ar, pois utiliza como catalisador a platina (Pt)/paládio(Pd), o único elemento catalítico especialmente desenvolvido para atingir sua eficiência máxima 100% dentro das temperaturas normais de funcionamento do motor; oferece baixo custo inicial e operacional, pois a instalação é imediata; oferece longa durabilidade utilitária com um mínimo de manutenção: 7.000 horas desde que a cada 1.000 horas a carga seja descarbonizada.

CARACTERÍSTICAS

ESFERAS/CARGA REATORA ATENDEM OS PADRÕES SEGURANÇA DOS USA (ESTADOS UNIDOS)	IMPORTADO DOS USA 1. OSHA/Occupational Safety and Health Administration 2. EPA/Environmental Protection Agency 3. TSCA/Toxic substance control act
EFICIÊNCIA	Até 95% - CO (Monóxido de carbono) Até 50% - SOx (Oxidos sulfurosos) Até 40% - HC (Hidrocarbonetos) e MP (Material Particulado) Até 10% - NOx (Óxidos nitrosos)
COMPOSIÇÃO/IMPREGNAÇÃO	Cerâmica Platina (Pt) Paládio (Pd)
FORMATO	Acinzentado
DIÂMETRO	Mínimo de 8mm / Máximo 12mm
TEMPERATURA INICIAL	100 °C
DURABILIDADE	7.000 Horas. Desde que a cada 1.000 horas a carga seja descarbonizada.
PERDA DE CARGA	Até 120 mmca
MATERIAL DE CONSTRUÇÃO	Aço Inox 304
CERTIFICAÇÃO	ISO 14001

A Dalgas-Ecoltec é a única empresa brasileira licenciada a fabricar Oxidocatalisadores e prestar suporte técnico no Brasil.



ERG GERADORES

R. Waldemar Martins Ferreira, 99 - Jordanópolis - S.B.C

(11) 4053-2860

www.energgeradores.com.br



ENERGERADOR

ANEXO B - Especificações Técnicas de GGED



Características

- AVR
- Voltímetro
- Protetor de Sobrecargas (Saída CA)
- Carregador de Bateria (Saída CC)
- Alerta do Nível de Óleo
- Indicador do Nível de Combustível
- Com Rodas

Opcionais

- ATS

Acessórios

- Kit Ferramentas

FICHA TÉCNICA

Grupo Gerador Diesel Monofásico

TD7000SGE

Código do Produto TD7000SGE **TD7000SGE**

Código do Produto TD7000SGE-ATS **TD7000SGE-ATS**

Informações Técnicas

Tipo do Motor	Monocilíndrico, Ref. a Ar
Cilindrada	418 cc
Sistema de Partida	Retrátil e Elétrica
Capacidade de Combustível	15 l
Capacidade de Óleo	1,65 l
Filtro de Ar	Duplo Elemento
Frequência Nominal	60 Hz
Potência Nominal	5,5 kVA
Potência Máxima	6,0 kVA
Tensão de Saída Nominal	110 V e 220 V
Corrente Nominal	43,3 A / 25 A
Autonomia na Potência Nominal	8 horas
Número de Fases	Monofásico
Fator de Potência $\cos \phi$	1
Número de Tomadas	2x110 V / 1x220 V
Saída CC	12 V / 8,3 A
Estrutura	Cabinado
Nível de Ruído a 7m Dist.	70 dB

Informações Logísticas

Classificação Fiscal	85021110
Dimensões da Embalagem	965 x 620 x 760 mm
Peso Líquido / Bruto TD7000SGE	175 Kg / 180 Kg
Empilhamento Máximo	2 caixas
Código de Barras (TD7000SGE)	7898438023196
Código de Barras (TD7000SGE-ATS)	7898438023899



FICHA TÉCNICA

Grupo Gerador Diesel Trifásico

TDWG12000SGE

Código do Produto

55-1110

Informações Técnicas

Tipo do Motor	Dois Cilindros, 4 Tempos, Refrigerado à Água
Cilindrada	794 cc
Sistema de Partida	Elétrica
Capacidade de Combustível	25 l
Capacidade de Óleo	2,27 l
Filtro de Ar	Duplo elemento
Frequência Nominal	60 Hz
Potência Nominal	10 kVA
Potência Máxima	8,5 kVA
Tensão de Saída Nominal	115 V e 230 V
Corrente Nominal	78,2 A / 39,1 A
Autonomia na Potência Nominal	6,5 Horas
Número de Fases	Monofásico Bivolt
Fator de Potência $\cos \phi$	1
Saída CC	12 V / 8,3 A
Estrutura	Cabinado Silencioso
Nível de Ruído a 7m Dist.	72 dB

Características

AVR

Voltímetro

Protetor de Sobrecargas (Saída CA)

arregador de Bateria (Saída CC)

Alerta do Nível de Óleo

Indicador do Nível de Combustível

Com Rodas

Opcionais

ATS

Acessórios

Kit Ferramentas

Informações Logísticas

Classificação Fiscal	8502110
Dimensões da Embalagem	1350 x 650 x 760 mm
Peso Líquido / Bruto	310 kg / 330 kg
Empilhamento Máximo	2
Código de Barras (TDWG12000SGE)	7898438030767

Especificações Básicas



		60Hz					
		404D-22G	1103A-33G	1103A-33TG1	1103A-33TG2	1104A-44TG2	1104A-44TAG2
Motor	Modelo	404D-22G	1103A-33G	1103A-33TG1	1103A-33TG2	1104A-44TG2	1104A-44TAG2
	Potência standby (kVA)	25	38	59	75	100	125
	Referência do motor	1800	1800	1800	1800	1800	1800
	Dimensão da face da colméia do radiador L x A	334 x 500	526 x 524	526 x 524	526 x 524	526 x 524	690 x 570
	Consumo de combustível standby (L/h)	6,7	9,5	14,3	18,2	24,4	29,7
	Consumo de combustível prime (L/h)	6,0	8,6	12,9	16,6	22,3	26,9
	Consumo de combustível base (L/h)	ND	6,0	9,0	11	15	13,8
	Sistema de governo	Mecânico	Mecânico	Mecânico	Mecânico	Mecânico	Eletrônico
	Vazão de ar para admissão (m³/s)	2589	4356	4434	6954	7050	14004
	Vazão de ar do ventilador do radiador (m³/s)	2484	4200	4200	6660	6660	13536
	Sistema elétrico do motor (Vcc)	12	12	12	12	12	12
	Carcaça do volante (capa seca)	04	03	03	03	03	03
	Volante (flange de acoplamento)	7,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5
	Temperatura máxima dos gases de descarga (°C)	ND	530	551	564	560	574
	Diâmetro da conexão de descarga (pol)	ND	2,2	2,2	2,2	2,5	2,5
	Norma de emissões	emissionado Emissionado Stage IIIA EPA Tier 4 intern.	Não Emissionado	Não Emissionado	Não Emissionado	Não Emissionado	Não Emissionado
	Peso do motor (Kg)	260	430	438	438	485	425
Cilindrada(L)	2,2	3,3	3,3	3,3	4,4	4,4	

Especificações Básicas



		60Hz				
		D229-3	D229-4	MS3-9T	D229-6	TD229EC-6
Motor	Modelo	D229-3	D229-4	MS3-9T	D229-6	TD229EC-6
	Potência standby (kVA)	40	55	75	81	115
	Referência do motor	NA	NA	NA	NA	NA
	Dimensão da face da colméia do radiador L x A	500 x 440	500 x 440	590 x 610	500 x 500	540 x 670
	Consumo de combustível standby (L/h)	9,7	12,5	18,6	18,6	26,6
	Consumo de combustível prime (L/h)	9,1	11,6	17,8	17,8	25,4
	Consumo de combustível base (L/h)	8,7	11,2	17,0	16,9	24,3
	Sistema de governo	Mecânico	Mecânico	Mecânico	Mecânico	Mecânico
	Tipo de injeção	Direta	Direta	Direta	Direta	Direta
	Vazão de ar para admissão (m³/s)	0,041	0,057	0,083	0,083	0,145
	Vazão de ar do ventilador do radiador (m³/s)	1,02	1,02	3,4	1,5	3,62
	Sistema elétrico do motor (Vcc)	12	12	12	12	12
	Carcaça do volante (capa seca)	SAE 3	SAE 3	SAE 3	SAE 3	SAE 3
	Volante (flange de acoplamento)	SAE 11,5	SAE 11,5	SAE 11,5	SAE 11,5	SAE 11,5
	Temperatura máxima dos gases de descarga (°C)	660	640	560	640	515
	Diâmetro da conexão de descarga (pol)	2.1/2"	2.1/2"	3"	2.1/2"	3"
	Norma de emissões	Não emissionado	Não emissionado	Não emissionado	Não emissionado	Não emissionado
Peso do motor (Kg)	370	445	460	570	620	
Cilindrada(L)	2,94	3,92	3,9	5,88	5,88	

Dados Técnicos

Modelo	C65 D6 4	Alternador - Regulação de voltagem	± 1,0%
Potência em Standby	81 kVA / 65 kW	Alternador - Classe de isolamento	H
Potência em Prime	73 kVA / 59 kW	Grau de Proteção	IP 23
Fabricante do Motor	Cummins	Consumo de Combustível (Standby)	19 l/h
Modelo do Motor	4BT 3.9-G4	Consumo de Combustível (Prime)	17 l/h
Cilindros	4 cilindros	Capacidade de óleo lubrificante	10,9 l
Construção do motor	em linha	Capacidade de líquido de arrefecimento (somente o motor)	7,2 litros
Regulador de Velocidade/Classe	Mecânico	Capacidade de líquido de arrefecimento (motor + radiador)	18,5 litros
Aspiração e pós-arrefecimento	Turbinado	Temperatura de escape (Prime)	475°C
Diâmetro e Curso	102 mm x 120 mm	Vazão de gases de escape (Prime)	217 l/s
Taxa de Compressão	16,5 : 1	Contra pressão máxima de escape	76 mm Hg
Cilindrada	3,92 litros	Vazão de ar do radiador	1,71 m³/s
Arranque / Min °C	Não Auxiliada / -12°C	Consumo de ar para combustão	92 l/s
Capacidade da Bateria	80 A/h	Mínima abert. de entrada ar na sala	0,7 m²
Potência Bruta do Motor - Standby	74 kWm	Mínima abert. de saída de ar na sala	0,5 m²
Potência Bruta do Motor - Prime	67 kWm	Calor irradiado pelo motor (Prime)	17,3 kWm
Rotação	1800 rpm	Capacidade do tanque da base	

Especificações Básicas



		60Hz				
Motor		4.10T	4.10TCA	6.10T	6.10TCA	6.12TCA
Modelo		4.10T	4.10TCA	6.10T	6.10TCA	6.12TCA
Potência standby (kVA)		110	120	150	180	260
Referência do motor		NA	NA	NA	NA	NA
Dimensão da face da colméia do radiador L x A		540 x 670	615 x 705	745 x 790	745 x 790	880 x 1170
Consumo de combustível standby (L/h)		25,6	26,9	32,6	36,7	59,0
Consumo de combustível prime (L/h)		23,5	24,2	31,3	35,0	52,0
Consumo de combustível base (L/h)		19,9	21,1	29,3	32,9	49,0
Sistema de governo		Mecânico	Mecânico	Mecânico	Mecânico	Mecânico
Tipo de injeção		Direta	Direta	Direta	Direta	Direta
Vazão de ar para admissão (m³/s)		0,143	0,156	0,158	0,188	0,25
Vazão de ar do ventilador do radiador (m³/s)		1,67	2,42	4,5	4,5	4,2
Sistema elétrico do motor (Vcc)		12	12	12	12	12
Carcaça do volante (capa seca)		SAE 3	SAE 3	SAE 3	SAE 3	SAE 3
Volante (flange de acoplamento)		SAE 11,5	SAE 11,5	SAE 11,5	SAE 11,5	SAE 11,5
Temperatura máxima dos gases de descarga (°C)		600	600	580	545	580
Diâmetro da conexão de descarga (pol)		3"	3"	3"	3"	3"
Norma de emissões		Não emissionado	Não emissionado	Não emissionado	Não emissionado	Não emissionado
Peso do motor (Kg)		470	490	630	650	650
Cilindrada(L)		4,3	4,3	6,45	6,45	7,12
Tipo do gerador					Síncrono,	brushless, espec

C100D6



Nossa energia trabalhando por você.™

Dados Técnicos

Modelo	C100D6	Alternador - Regulação de voltagem	± 1,0%
Potência em Standby	125 kVA / 100 kW	Alternador - Classe de isolamento	H
Potencia em Prime	113 kVA / 90 kW	Grau de Proteção	IP 23
Fabricante do Motor	Cummins	Consumo de Combustível a 100% de Carga (Standby)	28 l/h
Modelo do Motor	6BT 5.9-G6	Consumo de Combustível a 100% de Carga (Prime)	26 l/h
Cilindros	6 cilindros	Capacidade de óleo lubrificante	16,4 l
Construção do motor	em linha	Capacidade de líquido de arrefecimento (somente o motor)	9,1 litros
Regulador de Velocidade/Classe	Mecânico	Capacidade de líquido de arrefecimento (motor + radiador)	22,8 litros
Aspiração e pós-arrefecimento	Turbinado	Temperatura de escape (Prime)	513°C
Diâmetro e Curso	102 mm x 120 mm	Vazão de gases de escape (Prime)	373 l/s
Taxa de Compressão	16,5 : 1	Contra pressão máxima de escape	76 mm Hg
Cilindrada	5,88 litros	Vazão de ar do radiador	3,38 m³/s
Arranque / Min °C	Não Auxiliada / -12°C	Consumo de ar para combustão	150 l/s
Capacidade da Bateria	(1x) 100 A/h	Mínima abert. de entrada ar na sala	0,7 m²
Potência Bruta do Motor - Standby	127 kWm	Mínima abert. de saída de ar na sala	0,5 m²
Potência Bruta do Motor - Prime	115 kWm	Calor irradiado pelo motor (Prime)	18 kWm
Rotação	1800 rpm	Capacidade do tanque da base	250 litros

Especificações Básicas



		60Hz			
		8041 AM1	NEF45-SM6	NEF45-TM6	NEF67-TM6
Motor	Modelo	8041 AM1	NEF45-SM6	NEF45-TM6	NEF67-TM6
	Potência standby (kVA)	55	111	140	220
	Referência do motor	83	132	170	268
	Dimensão da face da colmeia do radiador L x A	540 X 445	700 X 750	660 X 775	700 X 935
	Consumo de combustível standby (L/h)	13,1	24,9	29	44,2
	Consumo de combustível prime (L/h)	11,7	17,9	26,3	40,1
	Consumo de combustível base (L/h)	8,8	12,7	19,6	30,9
	Sistema de governo	Mecânico	Mecânico	Mecânico	Mecânico
	Tipo de injeção	Direta	Direta	Direta	Direta
	Vazão de ar para admissão (m³/s)	0,053	0,107	0,144	0,208
	Vazão de ar do ventilador do radiador (m³/s)	1,5	2,4	3,0	4,8
	Sistema elétrico do motor (Vcc)	12	12	12	12
	Carcaça do volante (capa seca)	SAE 03	SAE 03	SAE 03	SAE 03
	Volante (flange de acoplamento)	SAE 11,5	SAE 11,5	SAE 11,5	SAE 11,5
	Temperatura máxima dos gases de descarga (°C)	550	550	700	700
	Diâmetro da conexão de descarga (pol)	3	3	3	4
	Norma de emissões	Não emissionado	Não emissionado	Não emissionado	Não emissionado
Peso do motor (Kg)	415	450	500	640	
Cilindrada(L)	3,9	4,5	4,5	6,7	

C250D6

Nossa energia trabalhando por você.™



Dados Técnicos

Modelo	C250D6	Alternador - Regulação de voltagem	± 1,0%
Potência em Standby	250 kW / 313 kVA	Alternador - Classe de isolamento	H
Potência em Prime	225 kW / 281 kVA	Grau de Proteção	IP 23
Fabricante do Motor	Cummins	Consumo de Combustível a 100% de carga (Standby)	67 Wh
Modelo do Motor	QSL9-G5	Consumo de Combustível a 100% de carga (Prime)	59 Wh
Cilindros	6 cilindros	Capacidade de óleo lubrificante	22,7 l
Construção do motor	em linha	Capacidade de líquido de arrefecimento (somente o motor)	11 litros
Regulador de Velocidade/Classe	eletrônico	Capacidade de líquido de arrefecimento (motor + radiador)	29 litros
Aspiração e pós-arrefecimento	Turbocomprimido	Temperatura de escape (Prime)	500°C
Diâmetro e Curso	114 mm x 145 mm	Vazão de gases de escape (Prime)	930 l/s
Taxa de Compressão	16,8 : 1	Contra pressão máxima de escape	76 mm Hg
Cilindrada	9 Litros	Vazão de ar do radiador	9,47 m³/s
Arranque / Min °C	Não Auxiliada / -12°C	Consumo de ar para combustão	390 l/s
Capacidade da Bateria	100 Ah (2x)	Mínima abert. de entrada ar na sala	1,73 m²
Potência Bruta do Motor - Standby	355 kWm	Mínima abert. de saída de ar na sala	1,45 m²
Potência Bruta do Motor - Prime	307 kWm	Calor irradiado pelo motor (Prime)	35 kWm
Rotação	1800 rpm	Capacidade do tanque da base	400 Litros

Especificações Básicas



	C250					
	DC9072A-0213	DC9072A-0214	DC13072A-0215	DC13072A-0212	DC13072A-0214	DC1649A-1028D
Modelo	DC9072A-0213	DC9072A-0214	DC13072A-0215	DC13072A-0212	DC13072A-0214	DC1649A-1028D
Potência standby (kVA)	360	400	460	500	550	700
Referência do motor	430	480	552	602	653	839
Dimensão da face da colméia do radiador L x A	950 X 1150	950 X 1150	1020 X 1280	1020 X 1280	1020 X 1280	1080 X 1200
Consumo de combustível standby (L/h)	77	86,3	93,7	103	114	148,8
Consumo de combustível prime (L/h)	69	78	87,2	92,1	102,1	134,6
Consumo de combustível base (L/h)	47,6	52,8	61,1	63,5	63,5	88,5
Sistema de governo	Eletrônico, tipo EMS	Eletrônico, tipo EMS	Eletrônico, tipo EMS	Eletrônico, tipo EMS	Eletrônico, tipo EMS	Eletrônico, tipo EMS
Tipo de injeção	Eletrônica	Eletrônica	Eletrônica	Eletrônica	Eletrônica	Eletrônica
Vazão de ar para admissão (m³/s)	0,43	0,43	0,55	0,55	0,55	0,50
Vazão de ar do ventilador do radiador (m³/s)	7,41	7,41	10	10	10	10,2
Sistema elétrico do motor (Vcc)	24	24	24	24	24	24
Carcaça do volante (capa seca)	SAE 01	SAE 01	SAE 01	SAE 01	SAE 01	SAE 01
Volante (flange de acoplamento)	SAE 14	SAE 14	SAE 14	SAE 14	SAE 14	SAE 14
Temperatura máxima dos gases de descarga (°C)	529	563	493	524	557	566
Diâmetro da conexão de descarga (pol)	5	5	5	5	6	6
Norma de emissões	Não emitido	Não emitido	Não emitido	Não emitido	Não emitido	Não emitido
Peso do motor (Kg)	950	950	1050	1050	1050	1340
Cilindrada(L)	9,3	9,3	12,7	12,7	12,7	16,4

C350D6



Nossa energia trabalhando por você.™

Dados Técnicos

Modelo	C350D6	Alternador - Regulação de voltagem	± 1,0%
Potência em Standby	450 kVA / 360 kW	Alternador - Classe de isolamento	H
Potencia em Prime	405 kVA / 324 kW	Grau de Proteção	IP 23
Fabricante do Motor	Cummins	Consumo de Combustível (Standby)	96 l/h
Modelo do Motor	NTA855-G5	Consumo de Combustível (Prime)	87 l/h
Cilindros	6 cilindros	Capacidade de óleo lubrificante	38,6 l
Construção do motor	em linha	Capacidade de líquido de arrefecimento (somente o motor)	20,8 litros
Regulador de Velocidade/Classe	Eletrônico	Capacidade de líquido de arrefecimento (motor + radiador)	61,5 litros
Aspiração e pós-arrefecimento	Turbinado	Temperatura de escape (Prime)	535°C em Standby
Diâmetro e Curso	140 mm x 152 mm	Vazão de gases de escape (Prime)	1785 l/s em Standby
Taxa de Compressão	14,0 : 1	Contra pressão máxima de escape	76 mm Hg
Cilindrada	14 litros	Vazão de ar do radiador	9,5 m³/s
Arranque / Min °C	Não Auxiliada / -7°C	Consumo de ar para combustão	628 l/s
Capacidade da Bateria	150 A/h (2x)	LAT @ 0 mmca (restrição)	62°C
Potência Bruta do Motor - Standby	451 kWm	LAT @ 6,35 mmca (restrição)	60°C
Potência Bruta do Motor - Prime	-	LAT @ 12,7 mmca (restrição)	55°C
Rotação	1800 rpm	Capacidade do tanque da base	500 litros

C400D6



Nossa energia trabalhando por você.™

Dados Técnicos

Modelo	C400D6	Alternador - Regulação de voltagem	± 1,0%
Potência em Standby	500 kVA / 400 kW	Alternador - Classe de isolamento	H
Potencia em Prime	456 kVA / 365 kW	Grau de Proteção	IP 23
Fabricante do Motor	Cummins	Consumo de combustível a 100% de carga (Standby)	110 l/h
Modelo do Motor	NTA855-G5	Consumo de Combustível a 100% de carga (Prime)	99 l/h
Cilindros	6 cilindros	Capacidade de óleo lubrificante	38,6 l
Construção do motor	em linha	Capacidade de líquido de arrefecimento (somente o motor)	20,8 litros
Regulador de Velocidade/Classe	Eletrônico	Capacidade de líquido de arrefecimento (motor + radiador)	58 litros
Aspiração e pós-arrefecimento	Turbinado	Temperadtura de escape (Standby)	535°C
Diâmetro e Curso	140 mm x 152 mm	Vazão de gases de escape (Standby)	1785 l/s
Taxa de Compressão	14,0 : 1	Contra pressão máxima de escape	76 mm Hg
Cilindrada	14 litros	Vazão de ar do radiador	9,5 m³/s
Arranque / Min °C	Não Auxiliada / -7°C	Consumo de ar para combustão	628 l/s
Capacidade da Bateria	150 A/h (2x)	Mínima abert. de entrada ar na sala	2,10 m²
Potência Bruta do Motor - Standby	451 kWm	Mínima abert. de saída de ar na sala	1,39 m²
Potência Bruta do Motor - Prime	408 kWm	Calor irradiado pelo motor (Standby)	67 kWm
Rotação	1800 rpm	Capacidade do tanque da base	500 litros

ANEXO C - Tabela da Qualidade do Ar e Efeitos à Saúde (Cetesb)

Qualidade	Índice	MP ₁₀ (µg/m ³) 24h	MP _{2,5} (µg/m ³) 24h	O ₃ (µg/m ³) 8h	CO (ppm) 8h	NO ₂ (µg/m ³) 1h	SO ₂ (µg/m ³) 24h
N1 - BOA	0 - 40	0 - 50	0 - 25	0 - 100	0 - 9	0 - 200	0 - 20
N3 - MODERADA	41 - 80	>50 - 100 Pessoas com doenças respiratórias podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço.	>25 - 50 Pessoas com doenças respiratórias podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço.	>100 - 130 Pessoas com doenças respiratórias podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço.	>9 - 11 Pessoas com doenças cardíacas podem apresentar sintomas como cansaço e dor no peito.	>200 - 240 Pessoas com doenças respiratórias podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço.	>20 - 40 Pessoas com doenças respiratórias podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço.
N4 - RUIM	81 - 120	>100 - 150 Pessoas com doenças respiratórias ou cardíacas, idosos e crianças têm os sintomas agravados. População em geral pode apresentar sintomas como ardor nos olhos, nariz e garganta, tosse seca e cansaço.	>50 - 75 Pessoas com doenças respiratórias ou cardíacas, idosos e crianças têm os sintomas agravados. População em geral pode apresentar sintomas como ardor nos olhos, nariz e garganta, tosse seca e cansaço.	>130 - 160 Pessoas com doenças respiratórias, como asma, e crianças têm os sintomas agravados. População em geral pode apresentar sintomas como ardor nos olhos, nariz e garganta, tosse seca e cansaço.	>11 - 13 População em geral pode apresentar sintomas como cansaço. Pessoas com doenças cardíacas têm os sintomas como cansaço e dor no peito agravados.	>240 - 320 População em geral pode apresentar sintomas como ardor nos olhos, nariz e garganta, tosse seca e cansaço. Pessoas com doenças respiratórias e crianças têm os sintomas agravados.	>40 - 365 População em geral pode apresentar sintomas como ardor nos olhos, nariz e garganta, tosse seca e cansaço. Pessoas com doenças respiratórias ou cardíacas, idosos e crianças têm os sintomas agravados.
N5 - MUITO RUIM	121-200	>150 - 250 Aumento dos sintomas em crianças e pessoas com doenças pulmonares e cardiovasculares. Aumento de sintomas respiratórios na população em geral.	>75 - 125 Aumento dos sintomas em crianças e pessoas com doenças pulmonares e cardiovasculares. Aumento de sintomas respiratórios na população em geral.	>160 - 200 Aumento dos sintomas respiratórios em crianças e pessoas com doenças pulmonares, como asma. Aumento de sintomas respiratórios na população em geral.	>13 - 15 Aumento de sintomas em pessoas cardíacas. Aumento de sintomas cardiovasculares na população em geral.	>320 - 1130 Aumento dos sintomas respiratórios em crianças e pessoas com doenças pulmonares, como asma. Aumento de sintomas respiratórios na população em geral.	>365 - 800 Aumento dos sintomas em crianças e pessoas com doenças pulmonares e cardiovasculares. Aumento de sintomas respiratórios na população em geral.
N6 - PÉSSIMA	>200	>250 Agravamento dos sintomas respiratórios. Agravamento de doenças pulmonares, como asma, e cardiovasculares, como infarto do miocárdio.	>125 Agravamento dos sintomas respiratórios. Agravamento de doenças pulmonares, como asma, e cardiovasculares, como infarto do miocárdio.	>200 Agravamento de sintomas respiratórios. Agravamento de doenças pulmonares, como asma, e doença pulmonar obstrutiva crônica.	>15 Agravamento das doenças cardiovasculares, como infarto do miocárdio e insuficiência cardíaca congestiva.	>1130 Agravamento de sintomas respiratórios. Agravamento de doenças pulmonares, como asma, e doença pulmonar obstrutiva crônica.	>800 Agravamento dos sintomas respiratórios. Agravamento de doenças pulmonares, como asma, e cardiovasculares, como infarto do miocárdio.