

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

Franco da Silveira

**DIRETRIZES SOBRE OS LIMITES DE EMISSÕES DE POLUENTES
DE MOTORES DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS NO BRASIL**

Santa Maria, RS
2018

Franco da Silveira

**DIRETRIZES SOBRE OS LIMITES DE EMISSÕES DE POLUENTES
DE MOTORES DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS NO BRASIL**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Engenharia de Produção**.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Janis Elisa Ruppenthal

Santa Maria, RS
2018

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da
Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo autor.

Silveira, Franco da
Diretrizes sobre os Limites de Emissões de Poluentes
de Motores de Máquinas Agrícolas no Brasil / Franco da
Silveira.- 2018.
103 p.; 30 cm

Orientadora: Janis Elisa Ruppenthal
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção, RS, 2018

1. Motores Agrícolas 2. GEE 3. PROCONVE MAR-I 4.
Patentes I. Ruppenthal, Janis Elisa II. Título.

© 2018

Todos os direitos autorais reservados a Franco da Silveira. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

Endereço: Avenida Roraima, n.1000, Prédio 07, Cidade Universitária, Santa Maria.

CEP: 97195-000. Núcleo de Inovação e Competitividade – NIC/ Centro de Tecnologia.

Franco da Silveira

**DIRETRIZES SOBRE OS LIMITES DE EMISSÕES DE POLUENTES
DE MOTORES DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS NO BRASIL**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Engenharia de Produção**.

Aprovado em 08 de março de 2018:

Janis Elisa Ruppenthal, Dr^a. (UFSM)
(Presidente/Orientadora)

Marcelo Silveira de Farias, Dr. (UFSM)

Marcela Avelina Bataghin Costa, Dr^a. (IFSP) - Parecer

Santa Maria, RS
2018

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Abrilino Francisco da Silveira e Anamir Fátima de Bairros, por acreditarem no meu potencial e por terem abdicado de suas vidas em prol das realizações e da felicidade de seus filhos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por todas as bênçãos que recebi ao longo da caminhada do mestrado. Me presenteou com pessoas especiais, de bom coração e que foram fundamentais para a concretização do sonho de ser mestre.

Aos meus pais que me apoiaram, incentivaram e são meus exemplos de vida. Meu amor e eterna gratidão são para vocês dois, que nas horas de desesperança me acalmaram para dar continuidade a minha caminhada.

A minha irmã Fernanda da Silveira, por ser companheira em todos os momentos que precisei e mesmo distante tentou estar presente sempre que possível.

A minha namorada Nagielly Cigana Mello, que esteve ao meu lado ao longo desta caminhada prezando sempre pelo meu melhor.

A professora Doutora Janis Elisa Ruppenthal, pela paciência e pelo seu jeito especial em tratar as pessoas. Foi uma verdadeira amiga nos momentos difíceis que surgiram no decorrer do mestrado. Muito obrigado por ter acreditado na minha capacidade, além disso agradeço pelas críticas construtivas, as discussões e reflexões que foram fundamentais ao longo de toda a caminhada e para minha evolução profissional.

Ao professor Doutor Marcelo Silveira de Farias e a professora Doutora Marcela Avelina Bataghin Costa, pelas contribuições e publicações compartilhadas durante todo o mestrado. Sempre procuraram suprir todas questões que se relacionavam com a pesquisa e que não estavam ao meu alcance.

Ao professor Mestre Filipe Molinar Machado, pelos conselhos e incentivos que foram necessários para entrar no mestrado e durante toda sua realização. Obrigado também pelas críticas que contribuíram para o meu crescimento pessoal. Ao professor Doutor Sérgio Luiz Jahn, pela ajuda na coleta de dados das patentes e pela disponibilidade em procurar ajudar.

Aos colegas e amigos de pesquisa do NIC, que de alguma forma ou outra contribuíram para minha formação pessoal e profissional. A todos os professores do PPGEP e também a Márcia e ao Fernando (secretaria do PPGEP), que me ajudaram sempre que foi necessário.

Aos meus amigos e colegas de apartamento “pensão” Marcos e Nathan, foram verdadeiros irmãos no tempo em que convivemos sobre o mesmo “domicílio”. Vocês são responsáveis por grandes momentos de distração que em conjunto me ajudaram a vencer problemas e dificuldades do cotidiano.

A todas as empresas que participaram desta pesquisa e principalmente aos seus funcionários que dispuseram de seu precioso tempo de trabalho.

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pela concessão da bolsa durante o período de realização do mestrado.

Enfim, são poucas linhas para demonstrar meu agradecimento a todos que de alguma forma ou outra me ajudaram na caminhada do mestrado e que permitiram que este sonho se tornasse realidade. Muito obrigado por tudo!!!

"Seja você quem for, seja qual for a posição social que você tenha na vida, a mais alta ou a mais baixa, tenha sempre como meta muita força, muita determinação e sempre faça tudo com muito amor e com muita fé em Deus, que um dia você chega lá. De alguma maneira você chega lá."

(Ayrton Senna)

RESUMO

DIRETRIZES SOBRE OS LIMITES DE EMISSÕES DE POLUENTES DE MOTORES DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS NO BRASIL

AUTOR: Franco da Silveira

ORIENTADORA: Dr^a. Janis Elisa Ruppenthal

A agricultura está diretamente associada às questões das mudanças climáticas e é um dos principais setores da economia responsável pelas emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) em nível global. Parte das emissões é resultante da queima de combustíveis fósseis como o carvão, o gás natural e o petróleo utilizados como fonte de energia para o desempenho dos motores de combustão interna das máquinas agrícolas. Logo, esses elementos têm influência direta na quantidade de poluentes que são emitidos para o ambiente. Com o objetivo de reduzir os impactos negativos na qualidade do ar e no meio ambiente provocados pela queima de combustíveis fósseis nos motores das máquinas agrícolas, foram desenvolvidos programas de controle de emissões de poluentes atmosféricos. No Brasil, o responsável por estabelecer os limites máximos de emissões de poluentes permissíveis para cada faixa de potência de motor para máquinas agrícolas é o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores para Máquinas Agrícolas e Rodoviárias-fase I (PROCONVE MAR-I). A regulamentação brasileira segue os padrões de controle fundamentados nos Estados Unidos da América e na União Europeia. Assim, para que sejam alcançadas as concentrações dos poluentes determinadas pela legislação, estão sendo desenvolvidos novos motores com sistema de injeção eletrônico de combustível e com sistemas de pós-tratamento dos gases de escape. Tratam-se de alternativas utilizadas para mitigar o impacto das emissões de poluentes para a atmosfera. Desse modo, o objetivo do estudo consiste em verificar como os fabricantes brasileiros estão adequando os seus projetos de motores para máquinas agrícolas às novas regras determinadas pelo PROCONVE MAR-I. Como complemento, busca-se analisar as publicações de patentes com a finalidade de identificar quais sistemas de pós-tratamento para motores de máquinas agrícolas estão sendo desenvolvidos e quais são os principais fabricantes no mercado brasileiro. A pesquisa adotou os procedimentos de *survey* e de Revisão Bibliográfica Sistemática como métodos de investigação, classificando-se como descritiva e comparativa, de caráter exploratório. Para a coleta de dados de patentes foi utilizado a Plataforma Questel Orbit no intervalo de tempo entre 2006 e 2017. Como contribuições, a pesquisa apresentou um panorama da implementação e aceitabilidade do PROCONVE MAR-I pelos fabricantes de máquinas agrícolas, com a finalidade de facilitar a compreensão dos impactos da legislação, de modo que auxilie nas realizações das fases subsequentes da regulamentação. Com relação a análise de patentes, as principais tecnologias reivindicadas recuperadas nas buscas caracterizam-se, em grande parte, por melhorar o desempenho dos motores que apresentam turbo alimentação e pelo incremento de sistemas de pós-tratamento dos gases de escape. Por fim, verificou-se que o PROCONVE MAR-I caracterizar-se também por ser um agente de inovação em empresas que cumprem à regulamentação.

Palavras-chave: Motores Agrícolas. GEE. PROCONVE MAR-I. Patentes.

ABSTRACT

GUIDELINES ON EMISSION LIMITS OF AGRICULTURAL MACHINE ENGINE POLLUTANTS IN BRAZIL

AUTHOR: FRANCO DA SILVEIRA
ADVISOR: DR^a. JANIS ELISA RUPPENTHAL

Agriculture is directly associated with climate change issues and is one of the main sectors of the economy responsible for global Greenhouse Gas (GHG) emissions. Part of the emissions comes from the burning of fossil fuels such as coal, natural gas and oil used as a source of energy for the performance of internal combustion engines of agricultural machinery. Therefore, these elements have a direct influence on the amount of pollutants that are emitted into the environment. In order to reduce the negative impacts on air quality and the environment caused by the burning of fossil fuels in the engines of the agricultural machinery, programs have been developed to control emissions of atmospheric pollutants. In Brazil, the maximum permissible pollutant emission limits for each engine power range for agricultural machinery is the Air Pollution Control Program for Motor Vehicles for Road and Agricultural Machines-phase I (PROCONVE MAR-I). Brazilian regulations follow the standards of control based on the United States of America and the European Union. Thus, to achieve the concentrations of pollutants determined by legislation, new engines are being developed with electronic fuel injection system and exhaust after treatment systems. These are alternatives used to mitigate the impact of emissions of pollutants into the atmosphere. Thus, the objective of the study is to verify how Brazilian manufacturers are adapting their engine designs for agricultural machinery to the new rules determined by PROCONVE MAR-I. As a complement, we seek to analyze patent publications in order to identify which post-treatment systems for agricultural machine engines are being developed and which are the main manufacturers in the Brazilian market. The research adopted the procedures of survey and Systematic Bibliographic Review as research methods, classified as descriptive and comparative, of an exploratory nature. For the collection of patent data the Questel Orbit Platform was used in the time interval between 2006 and 2017. As contributions, the research presented an overview of the implementation and acceptability of PROCONVE MAR-I by the agricultural machine manufacturers, in order to facilitate understanding of the impacts of legislation, so as to assist in the achievement of the subsequent stages of regulation. With regard to patent analysis, the main claimed technologies recovered in the searches are largely characterized by improving the performance of turbocharged engines and by the increase of exhaust after treatment systems. Finally, it was found that PROCONVE MAR-I is also characterized by being an agent of innovation in compliant companies.

Keywords: Agricultural Engines. GHG. PROCONVE MAR-I. Patents.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura de decomposição da pesquisa.....	20
Figura 2 - Níveis de emissões de CO ₂ no setor de energia no Brasil entre 2000-2015	22
Figura 3 - Composição dos gases de escape provenientes de motores ciclo Diesel.....	26
Figura 4 - Participação dos principais países no consumo de petróleo em 2015	28
Figura 5 - Representação da produção de combustíveis fósseis e regenerativos	30
Figura 6 - Participação dos tratores de rodas no mercado brasileiro entre 2000-2016	36
Figura 7 - Produção e vendas internas dos fabricantes de máquinas agrícolas em 2016	38
Figura 8 - Primeiras regulamentações de controle de emissões para máquinas agrícolas	40
Figura 9 - Representação do funcionamento do sistema de SCR com H ₂	48
Figura 10 - Representação básica do processo de EGR em motores de ciclo Diesel.....	49
Figura 11 - Caracterização do sistema de pós-tratamento DPF.....	50
Figura 12 - Sistema de injeção CR	52
Figura 13 - Estratégia de busca utilizada na Plataforma Questel Orbit.....	57
Figura 14 - Apresentação do fluxo metodológico da RBS.....	62
Figura 15 - Etapas realizadas no levantamento tipo <i>survey</i> da pesquisa.....	64
Figura 16 - Número de patentes publicadas entre 2006 e 2017.....	66
Figura 17 - Países que publicaram patentes entre 2006 e 2017.....	67
Figura 18 - Países de prioridade para publicação de patentes entre 2006 e 2017	68
Figura 19 - Empresas que realizaram publicações de patentes no contexto mundial.....	69
Figura 20 - Publicações de patentes em nível mundial das tecnologias utilizadas para mitigar as mudanças climáticas relacionadas com o transporte	70
Figura 21 - Países que publicaram patentes entre 2006 e 2017.....	72
Figura 22 - Países de prioridade para publicação de patentes entre 2006 e 2017	73
Figura 23 - Empresas que realizaram publicações de patentes no Brasil.....	74
Figura 24 - Publicações de patentes no Brasil das tecnologias utilizadas para mitigar as mudanças climáticas relacionadas com o transporte	75

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Análise da Pesquisa Bibliométrica.....	19
Quadro 2 - Propósitos que se pretendem alcançar com a COP21	23
Quadro 3 - Caracterização das principais emissões de escape dos motores ciclo Diesel.....	27
Quadro 4 - Padrões atuais da qualidade do ar no Brasil.....	32
Quadro 5 - Desenvolvimento das regulamentações de veículos automotores no Brasil.....	34
Quadro 6 - Limites de emissões de poluentes das máquinas agrícolas dos EUA para o período de 2015-2020.....	42
Quadro 7 - Evolução dos limites de emissões de poluentes das máquinas agrícolas com potência entre 56 e 75 kW nos EUA	42
Quadro 8 - Limites de emissões de poluentes das máquinas agrícolas da U.E. para o período de 2015-2020.....	44
Quadro 9 - Evolução dos limites de emissões de poluentes das máquinas agrícolas com potência entre 56 e 75 kW na U.E.....	44
Quadro 10 - Limites de emissões de poluentes das máquinas agrícolas do Brasil.....	46
Quadro 11 - Estratégias inovadoras para o controle de emissões de poluentes dos motores de máquinas agrícolas	53
Quadro 12 - Estrutura selecionada na busca de patentes da Plataforma Questel Orbit.....	59
Quadro 13 - Classificação e tipologia da pesquisa	59
Quadro 14 - Caracterização sistemática das empresas participantes da pesquisa	77
Quadro 15 - Tecnologias utilizadas nos motores de máquinas agrícolas	79

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIMAQ	Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos
ANFAVEA	Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
ANP	Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
BR	Brasil
CAA	<i>Clean Air Act</i>
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CN	China
CMMAD	Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento
CR	<i>Common Rail</i>
CPC	Classificação Cooperativa de Patentes
DOC	Catalisadores de Oxidação Diesel
DPF	<i>Diesel Particulate Filter</i>
EEA	<i>European Environment Agency</i>
EGR	<i>Exhaust Gas Recirculation</i>
EP	União Europeia
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i>
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EPO	<i>European Patent Office</i>
FAO	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i>
GEE	Gases de Efeito Estufa
ICCT	<i>International Council on Clean Transportation</i>
IEA	<i>International Energy Agency</i>
INDC	<i>Intended Nationally Determined Contribution</i>
IPC	Classificação Internacional de Patentes
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
JP	Japão
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MAR	Máquinas Agrícolas e Rodoviárias
MODERFROTA	Programa de Modernização da Frota de Tratores Agrícolas e Implementos Associados e Colheitadeiras
OBD	<i>On-Board Diagnose</i>

OECD	<i>Organization For Economic Cooperation and Development</i>
PPH	<i>Patent Prosecution Highway</i>
PROCONVE	Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores
PRONACOP	Programa Nacional de Controle da Poluição Industrial
PRONAR	Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar
RBS	Revisão Bibliográfica Sistemática
SCR	<i>Selective Catalytic Reduction</i>
SEEG	Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
US	Estados Unidos da América
USPTO	<i>United States Patent and Trademark Office</i>
WHO	<i>World Health Organization</i>
WHO	Organização Mundial da Propriedade Intelectual

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA	15
1.2 PROPOSIÇÃO DE OBJETIVOS	16
1.3 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA	16
1.4 ESTRUTURA DE DECOMPOSIÇÃO DA PESQUISA	19
2 SUSTENTABILIDADE NO SETOR DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS	21
2.1 DESENVOLVIMENTO DO CONCEITO DE SUSTENTABILIDADE	21
2.1.1 Emissões de Gases de Efeito Estufa pelos Motores ciclo Diesel	24
2.1.2 Combustíveis Fósseis e Alternativos	28
2.1.3 Padrões de Qualidade do Ar	31
2.2 CARACTERIZAÇÃO DO SETOR DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS BRASILEIRO ..	34
2.2.1 Mercado Brasileiro	35
2.2.2 Participação dos Fabricantes de Máquinas Agrícolas no Brasil	37
2.3 REGULAMENTAÇÃO DE EMISSÕES DE POLUENTES PARA MÁQUINAS AGRÍCOLAS.....	39
2.3.1 Estados Unidos da América	41
2.3.2 União Europeia	43
2.3.3 Brasil	45
2.4 ESTRATÉGIAS E TECNOLOGIAS PARA O CONTROLE DE EMISSÕES.....	46
2.4.1 Redução Catalítica Seletiva	47
2.4.2 Recirculação de Gases de Exaustão	49
2.4.3 Filtro Particulado Diesel	50
2.4.4 Sistema de Injeção Eletrônico de Combustível	51
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	54
3.1 PATENTOMETRIA	54
3.2 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	58
3.2.1 Estratégias Seleccionadas para a Pesquisa	59
3.2.2 Coleta e Análise dos Dados	60
3.2.2.1 <i>Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS)</i>	60
3.2.2.2 <i>Levantamento Tipo Survey</i>	62

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	66
4.1 PANORAMA INTERNACIONAL DE PATENTES PUBLICADAS	66
4.2 PANORAMA BRASILEIRO DE PATENTES PUBLICADAS	71
4.3 AVALIAÇÃO DA LEGISLAÇÃO DO PROCONVE MAR-I NAS EMPRESAS DE MOTORES DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS	76
5 CONCLUSÕES	81
5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS	81
5.2 CONTRIBUIÇÕES PARA O SETOR DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS	82
5.3 CONTRIBUIÇÕES PARA A ACADEMIA	82
5.4 LIMITAÇÕES ENCONTRADAS	83
5.5 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	83
REFERÊNCIAS	84
APÊNDICE A – CARTA CONVITE	96
APÊNDICE B – TERMO DE CONFIDENCIALIDADE E SIGILO	97
APÊNDICE C – FORMULÁRIO	98
APÊNDICE D – TERMO DE RESPONSABILIDADE	101
APÊNDICE E – CÓDIGOS DE PAÍSES	102

1 INTRODUÇÃO

O aumento das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) é um dos problemas ambientais atuais em destaque (JANULEVICIUS et al., 2016). Os principais impactos relacionam-se aos fatores do acréscimo da temperatura global, da ascensão do nível dos mares com o derretimento da neve e do gelo e da acidificação do oceano, que em conjunto perfazem as novas mitigações climáticas (RAMAN et al., 2012; LOU et al., 2015). Em razão destes acontecimentos, muitas políticas governamentais foram desenvolvidas para prevenir a poluição do ar e as alterações climáticas decorrentes da emissão de poluentes (ONU, 2015; RESITOGLU, ALTINISIK e KESKIN, 2015).

Nesse contexto, a agricultura está diretamente associada às questões das mudanças climáticas e é uma das principais fontes de emissões de GEE em nível global (VETTER et al., 2017; SILVA et al., 2018). Parte das emissões são resultantes da queima de combustíveis fósseis como o carvão, o gás natural e o petróleo em motores de combustão interna das máquinas agrícolas. Logo, esses elementos têm influência direta na quantidade de poluentes que são emitidos para o ambiente (PAO et al., 2015; ESTRADA, 2015).

Os motores de combustão interna são predominantes na sociedade contemporânea (CAVALLO et al., 2015). Abrangem um amplo segmento de aplicações e operações em diferentes nichos de mercados (agricultura, transporte e indústria). Além disso, por prejudicar a qualidade do ar, na saúde humana e nas alterações climáticas, novas estratégias em todo o mundo estão se desenvolvendo com o propósito de reduzir os impactos das emissões de GEE (CHEN et al., 2015). Segundo o relatório da Organização Mundial da Saúde (*World Health Organization - WHO*), a poluição do ar ambiente foi responsável por cerca de três milhões de mortes em 2013 (WHO, 2016).

Na última década, em países subdesenvolvidos, pesquisas relacionadas com as emissões de GEE dos veículos rodoviários como carros e caminhões se desenvolveram significativamente. Porém, nota-se que há uma lacuna de dados e de informações que instigam as emissões de equipamentos não rodoviários, como as emissões provenientes de máquinas agrícolas (WANG et al., 2016). Desse modo, com a finalidade de alcançar os objetivos das políticas climáticas, novas tendências na agricultura estão sendo adotadas (LIAO, 2018). Elas estabelecem padrões de emissões que destinam-se às reduções de GEE pelos motores das máquinas agrícolas (DALLMANN e MENON, 2016).

No Brasil, o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE), criado em 1986 pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), é o

responsável por estabelecer as regulamentações, os prazos e os padrões legais de emissões admissíveis para as diferentes categorias de veículos automotores, nacionais e importados. Para o controle dos limites de emissões das máquinas agrícolas e rodoviárias o PROCONVE outorgou a fase MAR – I (Máquinas Agrícolas e Rodoviárias), que entrou em vigor em 2015 (IBAMA, 2011). A legislação foi aprovada em 2011 e publicada por meio da Resolução nº 433. Uma das características fundamentais da regulamentação é a fixação dos limites máximos de emissões de poluentes permitidos para cada faixa de potência dos motores das máquinas agrícolas (IBAMA, 2011).

Assim, para que sejam alcançados os padrões de emissões determinados pelas regulamentações em diferentes países, estão sendo desenvolvidos novos motores ciclo Diesel equipados com sistemas inovadores de controle de emissão (SHAO, 2016). Esta condição é relevante, pois estabelece os novos paradigmas no processo de desenvolvimento de motores de máquinas agrícolas fabricadas no Brasil para os próximos anos, visto que o mercado brasileiro engloba 195 diferentes modelos de tratores agrícolas em suas operações agropecuárias, além dos distintos projetos de colhedoras (FARIAS, 2014). Este cenário configura-se como um marco inicial para a América Latina no controle de emissões de poluentes para equipamentos não rodoviários e segue os padrão de controle adotados nos Estados Unidos da América (EUA) e na União Europeia (U.E.) (DALLMANN e MENON, 2016; KIM et al., 2017).

Conforme Dace et al. (2015), o fenômeno das mudanças climáticas consequente das emissões de poluentes de equipamentos não rodoviários está associado nas dimensões ambientais, econômicas e sociais (DACE et al., 2015). Segundo Cavallo et al. (2014b), as políticas agrícolas passarão a ofertar não apenas o cultivo em larga escala de produtos agrícolas, mas também uma forma correta na otimização das atividades na agricultura. Com máquinas agrícolas para o cultivo no campo mais eficientes e potentes, que corroboram com as reduções de emissões de GEE provenientes da queima de combustíveis fósseis, a partir dos seus novos motores de combustão interna.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Um problema de pesquisa consiste em uma indagação direta relacionada a um fato-problema que requer conhecimento passível de ser obtido pela contribuição de um projeto de pesquisa, que em questão é sintetizado pela seguinte pergunta: **Quais são os impactos que à regulamentação do PROCONVE MAR-I implicará aos fabricantes de motores destinados às máquinas agrícolas no Brasil?**

1.2 PROPOSIÇÃO DE OBJETIVOS

Diante do problema de pesquisa apresentado, o presente trabalho tem como objetivo geral verificar como os fabricantes brasileiros estão adequando os seus projetos de motores para máquinas agrícolas às novas regras determinadas pelo PROCONVE MAR-I. Assim, para desenvolver o objetivo geral, propõe-se desmembrá-lo nos seguintes objetivos específicos:

- a. Apresentar um panorama internacional da implementação das primeiras regulamentações de controle de emissões para máquinas agrícolas;
- b. Buscar em patentes quais sistemas de pós-tratamento para motores de máquinas agrícolas os principais fabricantes do mercado brasileiro estão desenvolvendo;
- c. Analisar em patentes que empresas estão desenvolvendo tecnologias para mitigar o impacto das emissões de poluentes resultantes do processo de combustão dos motores de ciclo Diesel das máquinas agrícolas;
- d. Verificar se há um planejamento estratégico das empresas para as máquinas agrícolas não-regulamentadas (máquinas fabricadas antes da criação do PROCONVE MAR-I); e
- e. Identificar que repreensões as empresas deverão receber com o não cumprimento das diretrizes do PROCONVE MAR-I.

1.3 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

A importância do setor agrícola no Brasil está relacionada diretamente ao crescimento e desenvolvimento econômico (SAUER e LEITE, 2012; SILVA et al., 2018). O país apresenta condições climáticas favoráveis às produções agrícolas, além de suas extensões de terras potencialmente agriculturáveis. Segundo a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (*Organization For Economic Coopertaion and Development* - OECD) e a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (*Food and Agriculture Organization of the United Nations* - FAO) esses fatores positivos provocaram um avanço nos últimos anos na produção agrícola, deixando o Brasil entre as dez maiores economias mundiais (MAPA, 2015; OECD e FAO, 2015).

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), realizou projeções do agronegócio brasileiro com a finalidade de indicar quais são as direções do desenvolvimento e às tendências dos principais produtos agrícolas. Essas projeções referem-se a uma gama de 15 diferentes produtos, entre eles: a soja, o trigo, o milho e o arroz. Assim, as estimativas de

produções de grãos para os anos de 2016 e 2017 propendem para uma safra entre 208,1 e 226,5 milhões de toneladas em uma área cultivada entre 58,1 e 60,9 milhões de hectares. Para os anos de 2025 e 2026, objetiva-se alcançar uma safra de grãos em torno de 255,3 milhões de toneladas com uma expansão da área de cultivo de grãos de, aproximadamente, 65,6 milhões de hectares, cerca de 7,72% maior em relação a área cultivada em 2016 e 2017 (MAPA, 2016).

Nesse contexto, para ter êxito em uma produção em larga escala é necessário o uso de máquinas agrícolas. A utilização dessas máquinas é um dos principais fatores para o aumento de produtividade, em razão das suas diferentes aplicabilidades, tais como: a redução de custos e da necessidade do envolvimento de mão de obra, da rapidez nas realizações das operações de campo, do aumento da capacidade de trabalho e do manejo de diversas práticas relacionadas com a produção agropecuária (VIAN et al., 2013; CAVALLO, 2014a; FERREIRA JÚNIOR et al., 2016). Além disso, em pequenas propriedades rurais e em regiões que não proporcionam áreas de expansão houve otimizações eficazes operacionais de insumos, decorrentes do uso das máquinas, contribuindo positivamente para o aumento de suas produtividades (FARIAS, 2014).

No entanto, deve-se mencionar alguns aspectos negativos, que também são consequentes da utilização de máquinas agrícolas e que merecem uma reflexão. Alguns destes aspectos referem-se aos motores de combustão interna, que podem ser alimentados por Diesel ou Gasolina (KALGHATGI, 2014). Desse modo, por apresentarem importantes características como a alta eficiência, confiabilidade, durabilidade e baixo custo operacional, os motores ciclo Diesel são adotados em maior escala. Além de diferentes vantagens positivas, os motores exercem uma função determinante no aumento de problemas de poluição ambiental em todo o mundo (RESITOGLU, ALTINISIK e KESKIN, 2015).

Os motores ciclo Diesel são os maiores responsáveis pela poluição ambiental, consequência das emissões de escape e de efeitos adversos que prejudicam à saúde humana. Por isso, é importante explicitar que entre os maiores mercados que apresentam motores de combustão interna ciclo Diesel estão os países membros da U.E. e a Índia. Posteriormente os EUA, China, Japão e Brasil (STEINER et al., 2016). Com essa crescente popularidade de motores ciclo Diesel, as concentrações atmosféricas que acarretam os GEE resultantes da queima de combustíveis fósseis aumentaram significativamente na mesma proporção (RESITOGLU, ALTINISIK e KESKIN, 2015).

De acordo com a Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA), o mercado brasileiro de máquinas agrícolas caracteriza-se, principalmente pela produção de tratores de rodas (tratores agrícolas), que são responsáveis por 80% da produção dos fabricantes. As colhedoras de grãos representam 9% e as demais máquinas agrícolas e

rodoviárias consistem em 11% da produção total (ANFAVEA, 2017a). Logo, às máquinas agrícolas no Brasil devem ganhar destaque como agentes transformadores das futuras questões ambientais, visto que às projeções agrícolas e as expansões de terras agriculturáveis devem aumentar e proporcionar um crescimento na produção destes produtos (MAPA, 2016).

Nessa perspectiva, verifica-se que as novas regulamentações de emissões no Brasil induzem uma atenção especial para os motores de combustão interna ciclo Diesel das máquinas agrícolas (IBAMA, 2011). Em consonância com esse posicionamento, novas tendências tecnológicas dos fabricantes de máquinas agrícolas presentes no Brasil estão se desenvolvendo. Assim, espera-se viabilizar a alta produtividade de grãos e amenizar problemas relacionados ao ambiente como a queima de combustíveis fósseis por motores ciclo Diesel (RESITOGLU, ALTINISIK e KESKIN, 2015; MAPA, 2016; SILVA et al., 2018).

Dessa forma, o PROCONVE MAR-I é a primeira regulamentação brasileira que estabelece as diretrizes relativas aos limites de emissões dos motores das máquinas agrícolas. Têm papel fundamental na busca de soluções que possam melhorar a qualidade do ar (IBAMA, 2011). É importante destacar que países subdesenvolvidos como a China e a Índia encontram-se em situações mais rígidas e avançadas de limites de emissões (SHAO, 2016; DALLMANN et al., 2017). Assim, com a finalidade de mapear o conhecimento produzido sobre os programas de controle de emissões para motores de máquinas agrícolas adotou-se uma Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) relacionando as principais bases de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Quadro 1 - Análise da Pesquisa Bibliométrica

Título do Artigo	Autores	Ano de Publicação
<i>Exhaust emissions and its control methods in compression ignition engines: A review.</i>	BRIJESH, P.; SREEDHARA S.	2013
<i>Attitudes and behavior of adopters of technological innovations in agricultural tractors: A case study in Italian agricultural system.</i>	CAVALLO, E. et al.	2014a
<i>Strategic management implications for the adoption of technological innovations in agricultural tractor: the role of scale factors and environmental attitude.</i>	CAVALLO, E. et al.	2014b
<i>Assessing the impact of China's vehicle emission standards on Diesel engine remanufacturing.</i>	ZHANG, J. H.; CHEN, M.	2015
<i>The pollutant emissions from Diesel-engine vehicles and exhaust after treatment systems.</i>	RESITOGU, I. A.; ALTINISIK, K.; KESKIN, A.	2015
<i>Technology pathways for Diesel engines used in non-road vehicles and equipment.</i>	DALLMANN, T.; MENON, A.	2016
<i>Evaluation of emission-control scenarios for agricultural tractors and construction equipment in India.</i>	DALLMANN, T.; SHAO, Z.	2016
<i>An overview of non-road equipment emissions in China.</i>	WANG, F. et al.	2016
<i>An emissions inventory for agricultural tractors and construction equipment in India.</i>	SHAO, Z.	2016
<i>Demand Forecasting for Heavy-Duty Diesel Engines Considering Emission Regulations.</i>	KIM, Y. S.; HAN, E. J.; SOHN, S. Y.	2017

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Optou-se por estudos que estão relacionados aos objetivos da pesquisa e que analisaram os seguintes fatores: I) programas regulatórios de emissões; II) tecnologias que são utilizadas nos motores das máquinas agrícolas para reduzir as emissões de poluentes; III) o comportamento dos usuários que são adeptos ou não às tecnologias mais avançadas; e IV) o comportamento de diferentes países que desempenham papel importante em problemas de poluição ambiental provenientes das emissões de motores de combustão interna.

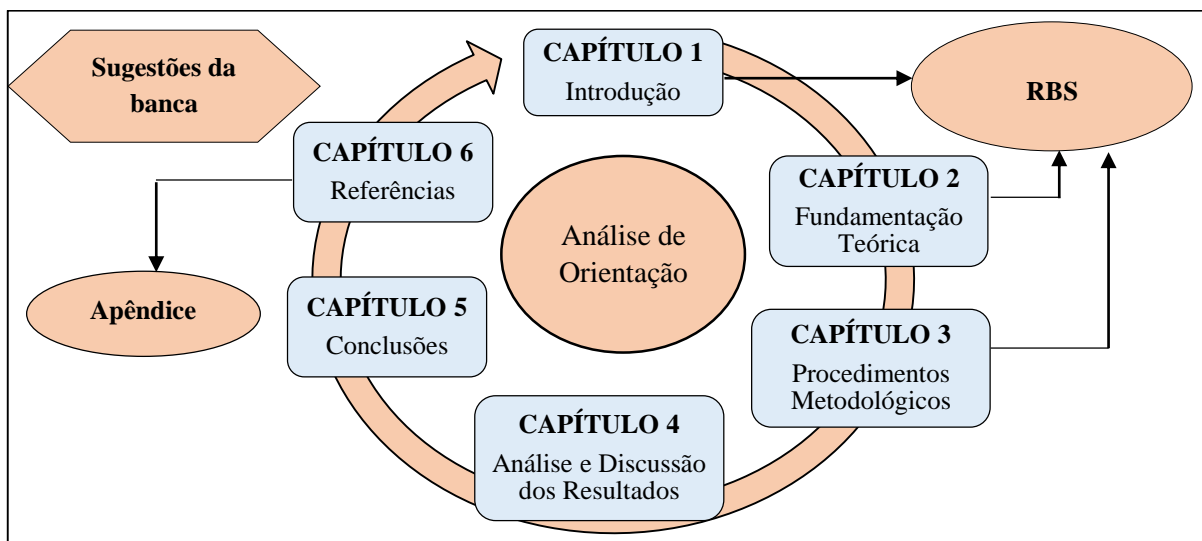
1.4 ESTRUTURA DE DECOMPOSIÇÃO DA PESQUISA

Para alcançar os objetivos propostos, o trabalho está estruturado em cinco capítulos que estão esquematicamente representados na Figura 1. O Capítulo 1 refere-se à introdução do trabalho. É a etapa que contextualiza o tema e a sua relevância. Além disso, caracteriza-se por

explicitar: o problema, o objetivo geral, os objetivos específicos e a justificativa do trabalho. No Capítulo 2 estão às informações necessárias utilizadas para fornecer o desenvolvimento da dissertação. O referencial teórico contempla as principais proposições das emissões de GEE, o setor brasileiro de máquinas agrícolas, as regulamentações de limites de emissões de poluentes e as estratégias utilizadas para controlar as emissões dos motores das máquinas agrícolas.

O Capítulo 3 apresenta os procedimentos metodológicos utilizados para o desenvolvimento do trabalho. É a fase que representa as seleções dos métodos de pesquisa, assim como os instrumentos utilizados para encontrar os objetivos propostos. No Capítulo 4 está a análise e discussão dos resultados obtidos na pesquisa. O Capítulo 5 apresenta as considerações finais da pesquisa obtidas a partir dos resultados encontrados. Por fim, no Capítulo 6 é exposto as referências bibliográficas utilizadas como parâmetros para o desenvolvimento da pesquisa e os apêndices que contribuem para a estruturação do trabalho.

Figura 1 - Estrutura de decomposição da pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

A partir da Figura 1, pode-se verificar a configuração deste trabalho como um processo interativo e interdependente. Em cada capítulo, apontam-se assuntos e questões a serem trabalhados, tendo como foco a sequência lógica deste estudo, que têm como base os propósitos iniciais estabelecidos no Capítulo 1.

2 SUSTENTABILIDADE NO SETOR DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS

Este capítulo apresenta a fundamentação teórica deste estudo e tem como foco a sustentabilidade no setor de máquinas agrícolas. Nessa perspectiva, a sua estruturação está composta em quatro etapas. A primeira etapa (seção 2.1) contextualiza a importância da energia para o manejo da produtividade no campo, o conceito de sustentabilidade e os acordos internacionais que se desenvolveram com o objetivo de reduzir as emissões de poluentes para a atmosfera. Comenta-se também nas subseções da primeira etapa, as principais emissões de escape dos motores ciclo Diesel, o uso de combustíveis alternativos nos motores de máquinas agrícolas, os padrões de qualidade do ar no Brasil e os programas desenvolvidos para controlar as emissões dos diferentes veículos automotores.

A segunda etapa (seção 2.2), caracteriza-se por apresentar o setor de máquinas agrícolas brasileiro conforme a produção e as vendas dos principais fabricantes. A terceira etapa (seção 2.3), trata de descrever o desenvolvimento das regulamentações dos motores de máquinas agrícolas e o cenário atual dos principais países que já apresentam diretrizes para reduzir os níveis permissíveis de emissões de poluentes. Na quarta etapa (2.4), são apresentados de forma sucinta as estratégias que estão sendo adotadas atualmente para controlar as emissões dos motores novos de máquinas agrícolas e algumas tendências que estão se desenvolvendo para suprir os próximos níveis permissíveis de emissão de poluentes para cada classe de potência dos motores de máquinas agrícolas.

2.1 DESENVOLVIMENTO DO CONCEITO DE SUSTENTABILIDADE

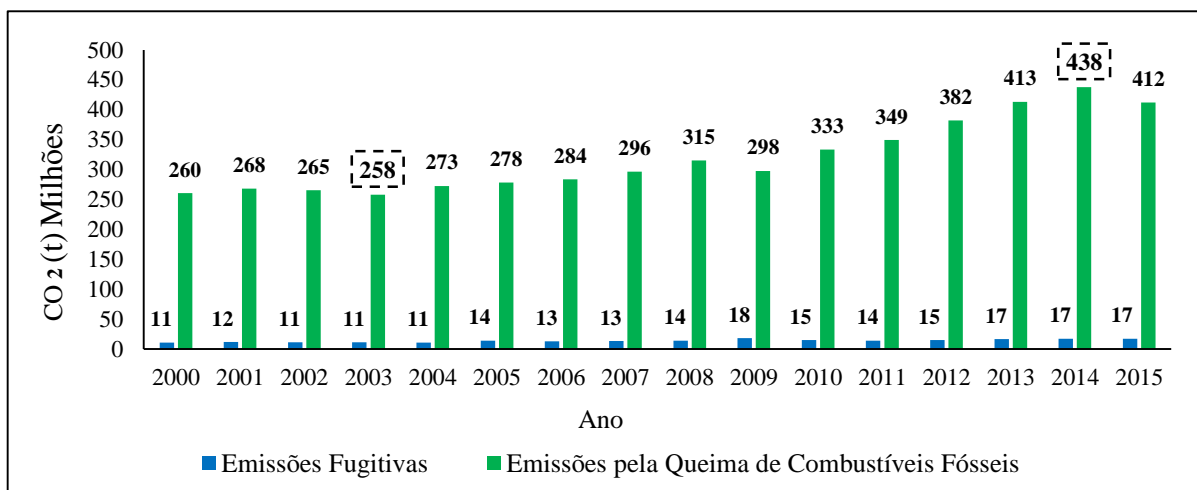
Um dos maiores desafios atuais para o desenvolvimento brasileiro é sustentar o crescimento da produção agrícola e, ao mesmo tempo, reduzir os impactos dessa produção sobre os recursos naturais (IPEA, 2012; MAPA, 2016). Essa situação emerge em meio aos debates e acordos internacionais que estão se desenvolvendo com intensidades e pressões da sociedade por um novo modelo de desenvolvimento na agricultura, que deve relacionar o crescimento econômico e a conservação do ambiente (SILVA et al., 2018). Desse modo, as políticas governamentais começaram a contemplar as questões pertinentes à sustentabilidade ambiental e a estabelecer programas e metas com esses princípios (IPEA, 2012).

É importante destacar o papel do setor agrícola na economia brasileira nas últimas décadas, visto que o seu expressivo aumento na comercialização contribuiu para o equilíbrio da balança comercial do país (ANFAVEA, 2017a). Com a modernização da agricultura e da

utilização intensiva de máquinas e insumos, elevaram-se os níveis de produtividade da terra e do trabalho no campo, decorrendo assim, o crescimento da indústria associada ao setor (IPEA, 2012). Nesse viés, observa-se que o manejo da produção na agricultura requer energia para que suceda a realização do trabalho. Na agricultura moderna a energia fornecida para o cumprimento da produtividade no campo dá-se a partir dos combustíveis fósseis (DAL SOGLIO e KUBO, 2016).

No Brasil, o setor de energia estimula o aumento das emissões de GEE por meio de fatores como a produção, a transformação, o transporte e o consumo de energia. Além disso, este setor está dividido em duas subseções: I) emissões por queima de combustíveis fósseis; e II) emissões fugitivas, resultantes da indústria de petróleo e gás e da produção de carvão mineral (IPEA, 2012). Segundo dados do Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG), as emissões do dióxido de carbono (CO₂) no Brasil no ano de 2015 foram cerca de 412 milhões de toneladas com a queima de combustíveis fósseis. Para as emissões fugitivas são 17 milhões de toneladas de CO₂ durante o mesmo período (SEEG, 2016). O CO₂ apresenta a maior taxa entre os GEE e é a principal razão do aquecimento global (OECD, 2017). Pode-se observar na Figura 2 a quantidade de toneladas emitidas de CO₂ no Brasil entre os anos de 2000 e 2015 para as diferentes subseções do setor de energia.

Figura 2 - Níveis de emissões de CO₂ no setor de energia no Brasil entre 2000-2015



Fonte: Elaborado pelo autor com base no Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa (2016).

As emissões pela queima de combustíveis fósseis considera diferentes recursos naturais em suas avaliações (SEEG, 2016). Destaca-se como combustível o óleo Diesel mineral,

utilizado nos motores de combustão interna de máquinas agrícolas e que apresenta a maior quantidade de partículas e emissões de óxidos de nitrogênio (NOx), as quais são substâncias tóxicas determinantes para os problemas ambientais e de saúde. Por isso, há uma crescente preocupação mundial relacionada ao esgotamento futuro deste recurso e à questão sustentável dos países que apresentam esse elemento (CHEN et al., 2015; STEINER et al., 2016).

As apreensões à respeito dos impactos sustentáveis das atividades antropogênicas principiaram diferentes encontros internacionais para debater sobre as mudanças climáticas (ONU, 2015; MCTIC, 2016). Em meio a esses debates, o conceito de desenvolvimento sustentável foi definido. Segundo a Comissão Mundial Sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD), o desenvolvimento sustentável deve atender às necessidades atuais sem comprometer a capacidade das futuras gerações (CMMAD, 1988).

Na evolução das pautas internacionais de discussões sustentáveis está o acordo global sobre as mudanças climáticas, que foi adotado no ano de 2015 em Paris, na França. Trata-se da 21ª Conferência das Partes (COP 21), que tem como propósito buscar reduzir as emissões de GEE (ONU, 2015). A implementação do Acordo de Paris é fundamental para amenizar as emissões de GEE e aumentar a resiliência climática, visto que 195 países aprovaram-no e são responsáveis pelo desenvolvimento de medidas para a consecução dos objetivos da COP21 que estão explícitos no Quadro 2.

Quadro 2 - Propósitos que se pretendem alcançar com a COP21

Objetivos da 21ª Conferência das Partes	
I	Manter o aumento da temperatura média global bem abaixo dos 2°C acima dos níveis pré-industriais e buscar esforços para limitar o aumento da temperatura a 1,5°C acima dos níveis pré-industriais, reconhecendo que isso reduziria significativamente os riscos e impactos das mudanças climáticas.
II	Aumentar a capacidade de adaptar-se aos impactos adversos das mudanças climáticas e fomentar a resiliência ao clima e o desenvolvimento de baixas emissões de gases de efeito estufa, de uma forma que não ameace a produção de alimentos.
III	Promover fluxos financeiros consistentes com um caminho de baixas emissões de gases de efeito estufa e de desenvolvimento resiliente ao clima.

Fonte: (ONU, 2015).

Nesse contexto, as emissões globais de GEE devem ser reduzidas entre 50-85% até 2050 para limitar o aquecimento a 2°C (RESITOGLU, ALTINISIK e KESKIN, 2015). Em comparação com os acordos anteriores, como o COP3 em Quioto e a COP15 em Copenhague,

o escopo das mitigações das alterações climáticas foram introduzidas na COP17 em Dublin. Essa convenção foi fundamental para as políticas sustentáveis, assim como os períodos antecedentes da COP21, em que a maioria dos países apresentaram compromissos com as ações climáticas denominadas como Contribuições Pretendidas Nacionalmente Determinantes (*Intended Nationally Determined Contribution* - INDCs). Desse modo, nota-se que as promessas da COP21 têm ampla cobertura de termos de emissões, diferentemente da COP3 (ONU, 2015). Logo, as mudanças climáticas caracterizam-se como os novos desafios das nações, as quais exigem uma cooperação mútua de diferentes países para que o avanço para uma economia de baixo carbono seja momentâneo (VANDYCK et al., 2016).

No Brasil, as atividades que abrangem o setor agrícola são responsáveis, direta ou indiretamente, por parte das emissões de GEE (IPEA, 2012). Na agricultura, parte desses poluentes são oriundos dos combustíveis fósseis utilizados nas máquinas agrícolas (PAO et al., 2015; VANDYCK et al., 2016). A produtividade brasileira depende, principalmente, da existência de chuvas, isto é, de água para o desenvolvimento das plantas. Porém, com o aumento das emissões de GEE o sistema de produção brasileiro padece de consequências negativas, como uma maior desertificação em regiões semiáridas ou com o aumento do período de secas em regiões que são características de maior pluviosidade, interferindo no aumento da produtividade (IPEA, 2012; SILVA et al., 2018).

A agricultura tem papel importante na economia global e na relação da sociedade com o ambiente (LIAO, 2018). A sua função de fornecer alimentos e outros recursos a uma crescente população mundial estão relacionados as necessidades humanas atuais e futuras (DAL SOGLIO e KUBO, 2016). Por isso, parte das questões agrícolas sustentáveis que estão relacionadas as novas máquinas agrícolas, acentuam o comprometimento íntegro da sociedade com o ambiente (DALLMANN e SHAO, 2016). Como a concepção futura do desenvolvimento do setor agrícola é de grande preocupação para a sociedade e para os formuladores de políticas, o Brasil emergiu na COP21 e está desenvolvendo diferentes metas específicas para alcançar alta produtividade com características sustentáveis que resultem na redução das emissões de GEE.

2.1.1 Emissões de Gases de Efeito Estufa pelos Motores ciclo Diesel

Os GEE são resultantes do crescimento das concentrações atmosféricas (RESITOGU, ALTINISIK e KESKIN, 2015). Desse modo, os GEE proporcionam sérios impactos ao meio ambiente e induzem à mudanças climáticas catastróficas, incluindo o aquecimento global (LOU et al., 2015; HEIDARI e PEARCE, 2016). Nessa perspectiva, as fontes antrópicas (atividades

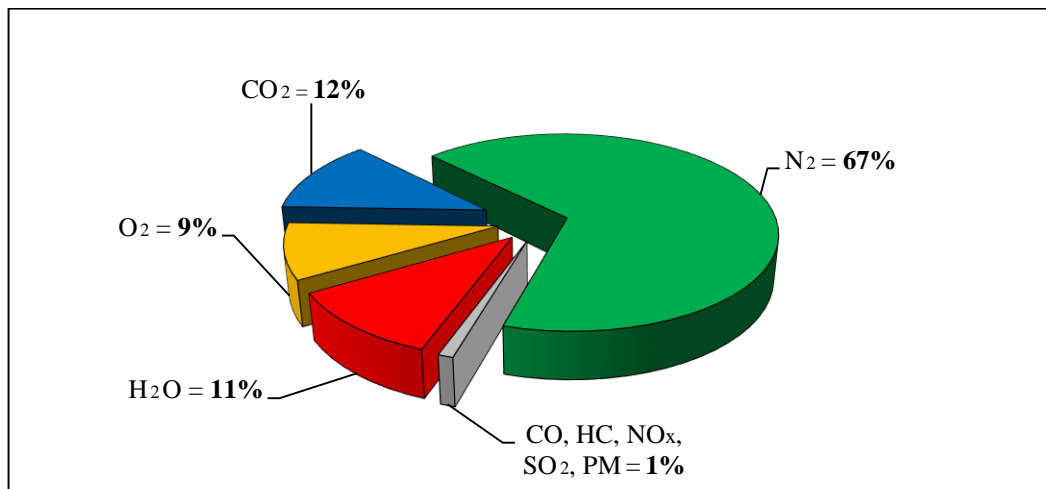
humanas) que relacionam-se com a queima de combustíveis fósseis tornam-se fatores contribuintes para o aumento desses problemas (VENKATARAMAN et al. 2012).

Os principais GEE que são emitidos para a atmosfera por meio das diferentes atividades humanas são: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (NO) e gases fluorados com o hidrofluorcarbonetos (HFC), o perfluorocarbonetos (PFC), o hexafluoreto de enxofre (SF_6) e o trifluoreto de azoto (NF_3) (OECD, 2017). Além desses elementos, para os motores ciclo Diesel as emissões de poluentes dos gases de escape como o monóxido de carbono (CO), o hidrocarboneto (HC), as partículas finas ou material particulado (*Particulate Matter* - PM) e o NO_x , explícito anteriormente, também corroboram para os GEE. O dióxido de enxofre (SO_2) é o poluente mais insignificante em razão de que depende das especificações e da qualidade do combustível (OECD, 2017; RESITOGLU, ALTINISIK e KESKIN, 2015; KIM et al., 2017).

Em geral, os autores Linden e Herman (2014) descrevem que as emissões dos motores têm origem no tipo de combustível, no tipo de motor, na sua capacidade de trabalho, nas tecnologias existentes no motor e nos desgastes das peças ou com à abrasão da superfície montada. Além disso, estudos justificam que o alto grau de obsolescência presente nos equipamentos agrícolas que possuem motores ciclo Diesel, fabricados antes das diretrizes eficazes de limites de emissões, influenciam significativamente para o aumento das emissões de GEE ao longo do tempo de suas vidas úteis (LARSSON e HANSSON, 2011).

Os motores ciclo Diesel referem-se aos motores de ignição por compressão. A partir da compressão do ar na câmara de combustão, altas temperaturas são ocasionadas para que o combustível óleo Diesel queime espontaneamente na injeção no cilindro (RESITOGLU, ALTINISIK e KESKIN, 2015). Esse processo utiliza calor para liberar energia química (poder calorífico) que o combustível apresenta e assim, convertê-lo em energia mecânica. O óleo Diesel e também os combustíveis fósseis, em geral, são oriundos do carbono e hidrogênio (RESITOGLU, ALTINISIK e KESKIN, 2015). Segundo Prasad e Bella (2010), o ciclo termodinâmico ideal no processo de combustão interna dos motores ciclo Diesel geraria CO_2 e H_2O . Porém, fatores como a relação ar/combustível e temperatura de combustão acarretam em poluentes nocivos durante a combustão (RESITOGLU e KESKIN, 2017). Na Figura 3 está a composição aproximada dos gases de escape provenientes de motores ciclo Diesel.

Figura 3 - Composição dos gases de escape provenientes de motores ciclo Diesel



Fonte: Adaptado de Resitoglu, Altinisik e Keskin (2015).

Distintos autores contemplam afirmações que as emissões de poluentes dos motores ciclo Diesel dependem diretamente do consumo de combustível em diferentes condições de trabalho (TSE et al., 2015; JANULEVICIUS et al., 2016). Assim, o aumento do consumo de combustível faz com que as emissões de CO₂ aumentem proporcionalmente (WU et al., 2015). Conforme Nabi et al. (2015), os combustíveis fósseis suprem a maior parte da demanda mundial atual de energia e projeções futuras estimam que mais de três quartos da geração de energia em 2040 deverão ser das fontes fósseis. Por isso, novas tecnologias de sistemas de pós-tratamento estão se desenvolvendo para atender os objetivos da COP21, visto que as metas do Acordo de Paris tencionam as baixas emissões de GEE (ONU, 2015; RESITOGU, ALTINISIK e KESKIN, 2015; DALLMANN e SHAO, 2016; WANG et al., 2016).

As emissões de gases de escape são fatores contribuintes para as mortes prematuras em todo o mundo (MANZETTI e ANDERSEN, 2016; WHO, 2016). A combustão de combustíveis como o óleo Diesel mineral, provoca diferentes respostas à saúde e ao ambiente (MANZETTI e ANDERSEN, 2016). Desse modo, o Quadro 3 caracteriza-se por demonstrar a origem das principais emissões de escape dos motores ciclo Diesel e também os impactos ambientais e os problemas de saúde que são provenientes do processo da queima de combustível dos motores de combustão interna que utilizam o óleo Diesel como combustível.

Quadro 3 - Caracterização das principais emissões de escape dos motores ciclo Diesel

Poluentes	Origem	Problemas Ambientais	Problemas de Saúde	Autores/ Ano
Monóxido de Carbono (CO)	Resulta da combustão incompleta, onde o processo de oxidação não ocorre completamente.	Poluição do Ar.	Doenças cardíacas, asfixia, dificuldades de concentração, reflexos lentos, náuseas, doenças respiratórias.	(LEVY, 2015); (RESITOGLU, ALTINISIK e KESKIN, 2015); (RUFINO e COSTA, 2015).
Hydrocarbonetos (HC)	Resultado da temperatura insuficiente que ocorre perto da parede do cilindro e condições irregulares de operações.	São precursores para a formação do ozônio troposférico, contribui para a realização do efeito estufa.	Doenças respiratórias, câncer.	(HICKEY et al., 2014); (RESITOGLU, ALTINISIK e KESKIN, 2015).
Material Particulado (PM)	É produzido pela queima incompleta de HC em combustível e óleo lubrificante.	Poluição do ar, da água e do solo, mudanças climáticas globais.	Morte prematura, asma, câncer de pulmão, doenças cardiovasculares.	(RESITOGLU, ALTINISIK e KESKIN, 2015); (LAWAL et al., 2016); (KIM et al., 2017).
Óxido de Nitrogênio (NO _x)	As altas temperaturas acima de 1600 °C nos cilindros causam a reação do nitrogênio com o oxigênio e influenciam sua formação.	Chuvas ácidas, secas, destruição de ozônio, ecossistemas terrestres e aquáticos.	Irritação nos pulmões, diminui a resistência à infecção respiratória, asma e bronquite.	(HICKEY et al., 2014); (RESITOGLU, ALTINISIK e KESKIN, 2015); (KIM et al., 2017); (RESITOGLU e KESKIN, 2017).

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

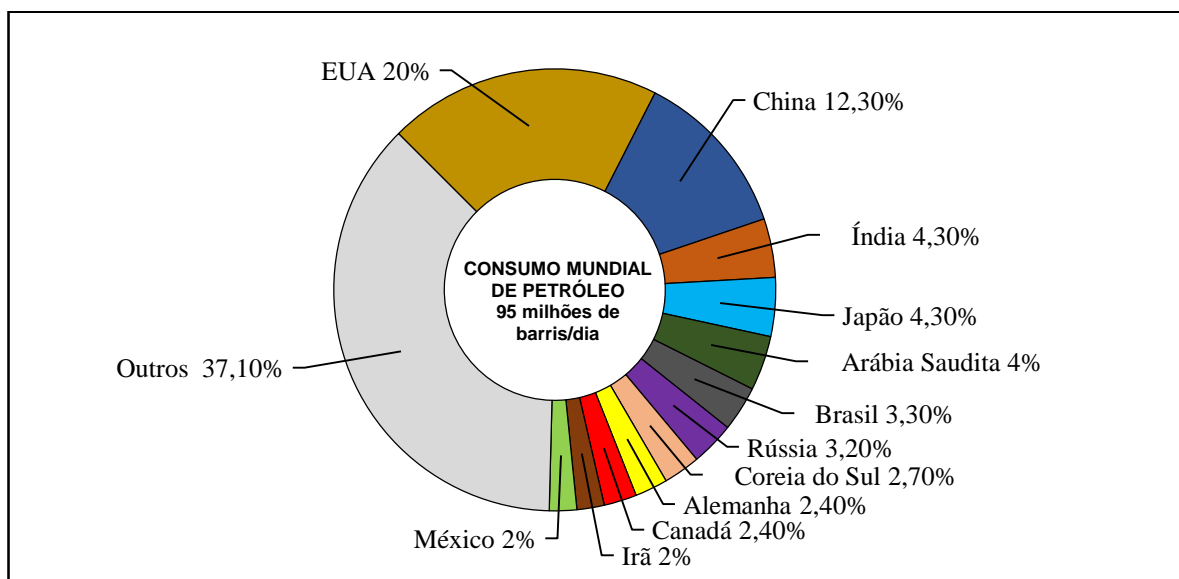
A partir das informações do Quadro 3, nota-se a importância de introduzir políticas sustentáveis em todo o mundo com objetivos que visem às reduções das emissões de poluentes e a dependência de combustíveis fósseis. Como os motores ciclo Diesel são responsáveis pelo rápido crescimento do consumo de energia, nas últimas décadas, estão sendo utilizados os combustíveis alternativos para redução de custos de energia e da poluição ambiental (MOREDA et al., 2016). Em razão desses fatores, o próximo tópico contempla informações que preenchem essa lacuna e que identificam quais os combustíveis alternativos promissores para o controle das emissões dos motores ciclo Diesel de combustão interna que equipam as máquinas agrícolas.

2.1.2 Combustíveis Fósseis e Alternativos

Com o aumento da população nas últimas décadas, a demanda por energia fóssil cresceu na mesma proporção. Em razão da evolução das tecnologias de perfuração e do surgimento de grandes quantidades de reservas de gás natural, as projeções de combustíveis fósseis induzem para o prolongamento do término desses recursos naturais (BAE e KIM, 2017). Grande parte do potencial energético global caracteriza-se pela utilização do combustível fóssil de petróleo (MARTINS et al., 2015; BAE e KIM, 2017).

Por apresentar alto valor energético e também por ser uma fonte não renovável, o petróleo é responsável por parte das divisas que integram a economia mundial (MARTINS et al., 2015). Além disso, é a principal fonte energética para o funcionamento dos motores de combustão interna de máquinas agrícolas (ESTRADA, 2015). Segundo a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), o consumo mundial de petróleo em 2015 totalizou 95 milhões de barris/dia, um acréscimo de 2% (aproximadamente 1,9 milhões de barris/dia) em relação ao ano de 2014. Entre os países que mais consumiram petróleo durante esse período, encontra-se o Brasil, que têm um consumo de 3,2 milhões de barris/dia (ANP, 2016). A Figura 4 apresenta a participação dos maiores países consumidores de petróleo.

Figura 4 - Participação dos principais países no consumo de petróleo em 2015



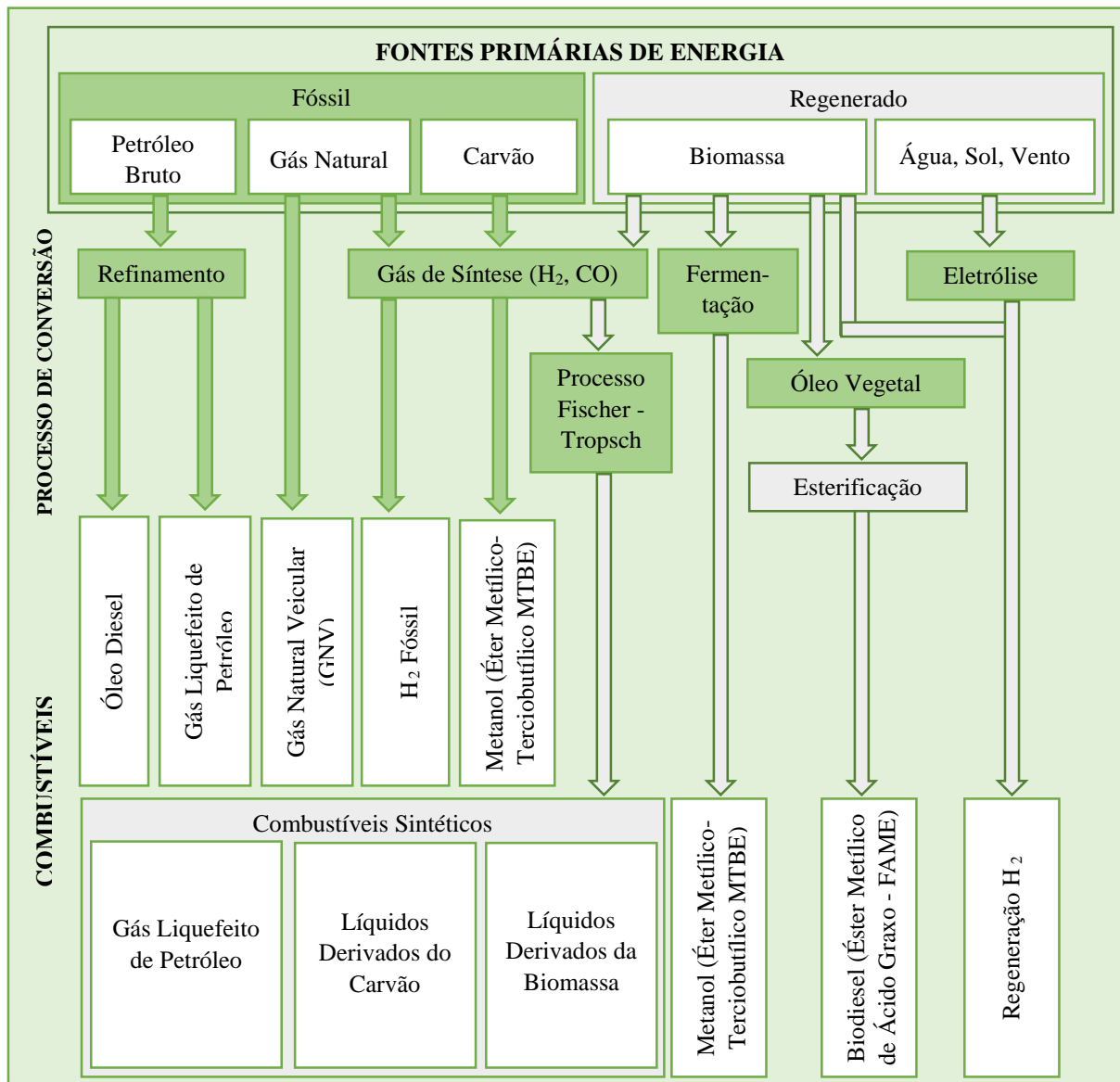
Fonte: Elaborado pelo autor com base na Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (2016).

Nesse contexto, os combustíveis alternativos, como o Biodiesel, o Gás Natural, o óleo Vegetal, o Etanol e as misturas de óleo Diesel com Etanol Hidratado, estão se desenvolvendo com o propósito de reduzir a dependência do petróleo e seus derivados (ESTRADA et al., 2016; WEI e GENG, 2016; FARIAS et al., 2017; GENG et al., 2017). Geng et al. (2017), descrevem que os combustíveis alternativos são tecnologias que devem ser utilizadas para reduzir os poluentes nocivos e as emissões de GEE. Logo, a demanda por combustíveis alternativos deverá aumentar em razão das precauções da sociedade, que objetivam garantir a segurança energética global (MAHMUDUL et al., 2017).

Os combustíveis alternativos cobrem também uma ampla quantidade de combustíveis não convencionais, como o Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), os Combustíveis Líquidos derivados do Carvão (CTL), o Hidrogênio (H_2), o Gás Natural (combustível ecológico), entre outros (WEI e GENG, 2016; BAE e KIM, 2017). Para Bae e Kim (2017), a importância do emprego de combustíveis alternativos pode ser atribuída a três fatores: I) progredir com a sustentabilidade energética por meio da utilização alargada dos combustíveis alternativos derivados de fontes de energia renováveis e indicar as preocupações com a limitação da energia de combustíveis fósseis; II) melhorar a eficiência do motor e suas emissões, com a ajuda de propriedades físicas ou químicas superiores dos combustíveis alternativos em comparação com os combustíveis convencionais; e III) avaliar o uso desequilibrado de combustíveis fósseis convencionais baseados em petróleo.

Entre os combustíveis alternativos verifica-se que o Biodiesel pode ser um substituto para o óleo Diesel mineral em diferentes segmentos, como o de veículos leves, de veículos pesados, de máquinas agrícolas, de setores marítimos e de aviação (MAHMUDUL et al., 2017). A principal diferença entre os combustíveis fósseis e o Biodiesel é o teor de oxigênio (GENG et al., 2017). O Biodiesel é produzido a partir de materiais regenerativos. Para obter propriedades que contemplem o menor número de discrepâncias energéticas com o óleo Diesel mineral, é necessário na produção do Biodiesel selecionar as matérias primas que são adequadas para a sua melhor performance (GENG et al., 2017; SHAMEER et al., 2017). A Figura 5 caracteriza-se pela representação da produção de combustíveis fósseis e de biomassa, assim como os principais processos de conversão das fontes primárias de energia.

Figura 5 - Representação da produção de combustíveis fósseis e regenerativos



Fonte: Adaptado de Bae e Kim (2017).

No Brasil, tradicionalmente utiliza-se a soja como matéria prima para a produção do Biodiesel (AVINASH et al., 2014). Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), o óleo de soja representou 69,2% da matéria prima principal do Biodiesel em 2014 e o sebo bovino 17,0% (EPE, 2015). Além disso, outras matérias primas como óleo de girassol, óleo de milho, óleo de amendoim, óleos de cozinhas usados, trigo, beterraba e gorduras oriundas de animais como banha e o sebo também são agregados para a produção do combustível (ALPTEKIN et al., 2015; MAHMUDUL et al., 2017; SHAMEER et al., 2017).

Nos motores de combustão interna de ciclo Diesel, o comportamento do Biodiesel depende da seleção desses materiais (BAE e KIM, 2017). Suas misturas influenciam na potência do motor e no aumento do consumo de combustível (FARIAS et al., 2017). Outro fator relevante é a redução significativa das emissões nocivas como os PM, HC e CO. No entanto, as emissões de NO_x podem aumentar (MAHMUDUL et al., 2017). Desse modo, o Biodiesel têm um papel importante na redução da demanda de energia fóssil, visto sua disponibilidade, e também, por apresentar propriedades favoráveis ao ambiente. Em virtude dessas razões, é um dos principais combustíveis alternativos que devem ser utilizados em diferentes países com a finalidade de sustentar o potencial energético no mundo e o cumprimento dos objetivos da COP21 (AVINASH et al., 2014; EPE, 2015; ONU, 2015; MAHMUDUL et al., 2017).

Outra proposta de combustível alternativo atualmente empregada é a adição de Etanol ao óleo Diesel mineral (ESTRADA et al., 2016). A mistura de álcoois como o Etanol em combustíveis Diesel convencionais, diminuem expressivamente as emissões de PM, HC, NO_x provenientes dos motores de combustão interna de ciclo Diesel, em razão do seu baixo número de carbono (MOFIJUR, RASUL e HYDE, 2015; GENG et al., 2017). Segundo Yilmaz et al. (2013), as emissões de motores de ciclo Diesel dependem das concentrações das misturas do Etanol. Estudos recentes comprovaram que misturas com percentagens de 3% de Etanol Hidratado (ED) ao óleo Diesel mineral podem ser aderidas como uma alternativa de combustível sustentável para o segmento de tratores agrícolas (ESTRADA et al., 2016).

Porém, como é elevado o custo de fabricação dos combustíveis alternativos, como o Etanol e o Biodiesel, em comparação aos combustíveis derivados de petróleo, sua produção atenua (BAE e KIM, 2017). Para o setor de máquinas agrícolas brasileiras, os combustíveis sustentáveis não são habituais e há uma ampla dependência de combustíveis fósseis que prejudicam a qualidade do ar (FARIAS et al., 2017). Logo, a poluição atmosférica tornou-se uma preocupação mundial e representa um risco para a saúde das pessoas (WHO, 2016).

2.1.3 Padrões de Qualidade do Ar

A qualidade do ar é uma das grandes preocupações internacionais modernas (RAO S. et al., 2017). Sua degradação decorre de um conjunto de fatores que estão relacionados às: taxas de emissões de poluentes, concentrações das fontes estacionárias, concentrações das fontes móveis pela queima de combustíveis, atividades vinculadas à produção agrícola e à pecuária, entre outros (IPEA, 2012; IEMA, 2014). Desse modo, para a resolução dos diferentes

problemas relacionados a qualidade do ar, é necessário a incorporação de medidas eficazes para sua mitigação e eliminação (IBAMA, 2011; MCTIC, 2016).

Destaca-se, a importância do monitoramento da qualidade do ar. Esse processo resulta em indicadores de desempenho que são extremamente relevantes para gerenciar e analisar a efetividade de um programa instituído. Assim, é possível sugerir melhorias nos instrumentos e facilitar decisões no planejamento de políticas públicas que contemplem temáticas da qualidade do ar. Além disso, é uma ferramenta que pode alertar a população dos riscos à saúde caso a qualidade do ar apresente substâncias nocivas (ISS, 2014).

No Brasil, a fixação de parâmetros que ajudam no controle das emissões de poluentes gasosos e de materiais particulados por fontes fixas e móveis iniciou com a Resolução do CONAMA de nº 5 em 1989. Essa regulamentação originou o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (PRONAR), que deve permitir o desenvolvimento econômico e social do país com aspectos ambientalmente seguros. O programa seguiu um padrão internacional, com semelhantes nas regulamentações das emissões nos EUA e com os valores-limites e valores-alvo formalizados na U.E. (IBAMA, 2011; SANTA et al., 2012).

O PRONAR estabeleceu os limites nacionais de emissões, pelas características da fonte e dos poluentes prioritários, preservando a utilização dos padrões de qualidade do ar como ações incrementais de controle. O marco inicial do PRONAR foi a determinação dos padrões nacionais de qualidade do ar, estabelecidos por meio da Resolução do CONAMA de nº 3 em 1990 (IEMA, 2014; ISS, 2014). Definiu-se com a resolução os valores das diferentes concentrações dos poluentes, das Partículas Totais em Suspensão (PTS – material particulado), da fumaça (composta principalmente de CO₂), das Partículas Inaláveis (PM₁₀), do Dióxido de Nitrogênio (NO₂), do Dióxido de Enxofre (SO₂), do Monóxido de Carbono (CO) e do Ozônio (O₃) (SANTANA et al., 2012). Esses valores são válidos até o presente momento, conforme descrito no Quadro 4.

Quadro 4 - Padrões atuais da qualidade do ar no Brasil

(Continua)

Poluente (µg/m ³)	Tempo Médio de Amostragem	Concentração (Quantidades de violações aceitas por ano)		Método de Medição
		Padrão Primário	Padrão Secundário	
PTS	24 horas	240 (1)	150 (1)	Amostrador de grandes volumes ou similar.
	Anual (Média Geométrica)	80	60	
Fumaça	24 horas	150 (1)	100 (1)	Refletância ou similar.
	Anual (Média Geométrica)	60	40	

Quadro 4 - Padrões atuais da qualidade do ar no Brasil

(Conclusão)

PM ₁₀	24 horas	150 (1)	150 (1)	Separação inercial/ filtração ou similar.
	Anual (Média Geométrica)	50	50	
SO ₂	24 horas	365 (1)	100 (1)	Pararosanilina ou similar.
	Anual (Média Geométrica)	80	40	
CO	1 horas	40.000 (1)	40.000 (1)	Infravermelho não- dispersivo ou similar.
	8 horas	10.000 (1)	10.000 (1)	
O ₃	1 horas	160 (1)	160 (1)	Quimiluminescência ou similar.
NO ₂	1 horas	320	190	Quimiluminescência ou similar.
	Anual (Média Geométrica)	100	100	

Fonte: Elaborado pelo autor com base em (Santana et al., 2012; ISS, 2014).

Verifica-se que o poluente NO₂ não têm permissão para violar durante o ano. Para o poluente CO com tempo médio de amostragem de 1 e 8 hora (s) e para o O₃ com tempo de 1 hora os seus respectivos padrões primários e secundários são os mesmo e não podem ultrapassar mais de uma vez por ano. Nesse viés, às medidas de 24 horas para os poluentes das PTS e da fumaça nos diferentes padrões são diferentes, e somente uma vez à violação é concedida na quantidade de concentração dos referidos poluentes. É importante mencionar que no Brasil nunca houve atualizações nos padrões nacionais de qualidade do ar (SANTANA et al., 2012).

Com princípios que induzem à restauração da parte instrumental das medidas da gestão do PRONAR, outros programas foram desenvolvidos, tais como: I) Programa de Controle da Poluição por Veículos Automotores (PROCONVE); II) Programa Nacional de Controle da Poluição Industrial (PRONACOP); III) Programa Nacional de Avaliação da Qualidade do Ar; IV) Programa Nacional de Inventário de Fontes Poluidoras do Ar; e V) Programas Estaduais de Controle da Poluição do ar (MMA, 2017). Nesse contexto, o PROCONVE coopera para o acompanhamento de resultados e também para as estimativas das emissões nacionais de poluentes atmosféricos e de GEE para diferentes veículos automotores, tais como: leve de passageiros (automóveis), leve comercial (utilitários), pesado (ônibus e caminhão), de duas rodas e assemelhados (motocicletas e ciclomotores) e para máquinas agrícolas e rodoviárias (IBAMA, 2011; MMA, 2014). O Quadro 5 ilustra a evolução da regulamentação de emissões atmosféricas de poluentes no Brasil para as diferentes classes de veículos automotores do PROCONVE.

Quadro 5 - Desenvolvimento das regulamentações de veículos automotores no Brasil

Classificação de Veículos Automotores	PROCONVE	Fase	Resolução nº CONAMA	Ano
	Pesados (P)	P1	18	1986
		P2	8	1993
		P3		
		P4		
		P5	315	2002
		P6		
		P7	403	2008
	Leves (L)	L1	18	1986
		L2		
L3		15	1995	
L4		315	2002	
L5				
L6		415	2009	
Motocicletas e Ciclomotores (M)	M1	297	2002	
	M2			
	M3	342	2003	
Máquinas Agrícolas e Rodoviárias (MAR)	MAR 1	433	2011	

Fonte: Elaborado pelo autor com base no Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (2011).

Vê-se, portanto, que está regulamentado pela legislação brasileira o controle de poluentes por fontes móveis (veículos automotores) (IBAMA, 2011). Esse processo normativo torna-se um propulsor de inovações tecnológicas dos motores produzidos e utilizados nos diferentes nichos de mercado no Brasil. Exigindo dos fabricantes, novas estratégias de controle de emissões com o intuito de manter a qualidade do ar (CAVALLO et al., 2014a; CAVALLO et al., 2014b). Enfatiza-se a classe de máquinas agrícolas e rodoviárias, que estabeleceu as diretrizes para seus motores recentemente, contribuindo assim até o momento para o aumento das emissões atmosféricas de poluentes no país (IBAMA, 2011; IEMA, 2014).

2.2 CARACTERIZAÇÃO DO SETOR DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS BRASILEIRO

O Brasil caracteriza-se por ser um dos poucos países dentro de um contexto mundial com condições para a realização de projeções que induzem a expansão da produção agropecuária, mediante o aumento da área cultivada ou pelo incremento da produtividade

(MAPA, 2016). Nessa perspectiva, o setor de máquinas agrícolas brasileiro é extremamente importante para dar suporte ao crescimento da produção de diferentes *commodities*, visto que facilita os processos de semeadura, de tratos culturais e de colheita, colaborando para a oferta de produtos no mundo. Porém, estas ações reduzem a necessidade de boa parte da mão de obra utilizada no campo (BARICELO e BACHA, 2013).

O segmento da mecanização agrícola teve mudanças circunstâncias tecnológicas durante a sua evolução (VIAN et al., 2013). Essas modificações relacionam-se aos benefícios que são proporcionados aos produtores rurais, pois dependem destas máquinas e de equipamentos para a realização de seus trabalhos. Como a agricultura apresenta diferentes características em cada região do mundo, as máquinas agrícolas precisam ser adaptadas e desenvolvidas conforme a realidade de cada país. Desse modo, torna-se um diferencial competitivo internacional ter indústrias de máquinas agrícolas localizadas em países que apresentem condições climáticas e de solo semelhantes aos países que importam essas máquinas (BARICELO e BACHA, 2013; PINTO, BELMONTE e PADUA, 2015).

É importante frisar, a permanência dos principais fabricantes no mercado de máquinas agrícolas brasileiro. As grandes empresas estão presentes no mercado, mesmo com os intensos processos de fusões e aquisições, que são clássicos no setor, como por exemplo, a compra da renomada fabricante de motores e de tratores agrícolas *Valtra*, antiga *Valmet*, pelo grupo *AGCO*. No entanto, pequenas empresas no setor são inviáveis, devido aos grandes investimentos necessários na cadeia produtiva para subsistirem operantes e competitivas (VIAN et al., 2013). No Brasil, as empresas responsáveis por fabricar máquinas agrícolas como tratores de rodas, colhedoras de grãos e de cana-de-açúcar são: *AGCO*, *Agrale*, *CNH* (*Case*, *New Holland*) e a *John Deere* (ANFAVEA, 2017a). Destacam-se os tratores de rodas que são as máquinas mais importantes e difundidas do setor, com aplicações significativas de inovações tecnológicas (CAVALLO et al., 2014a).

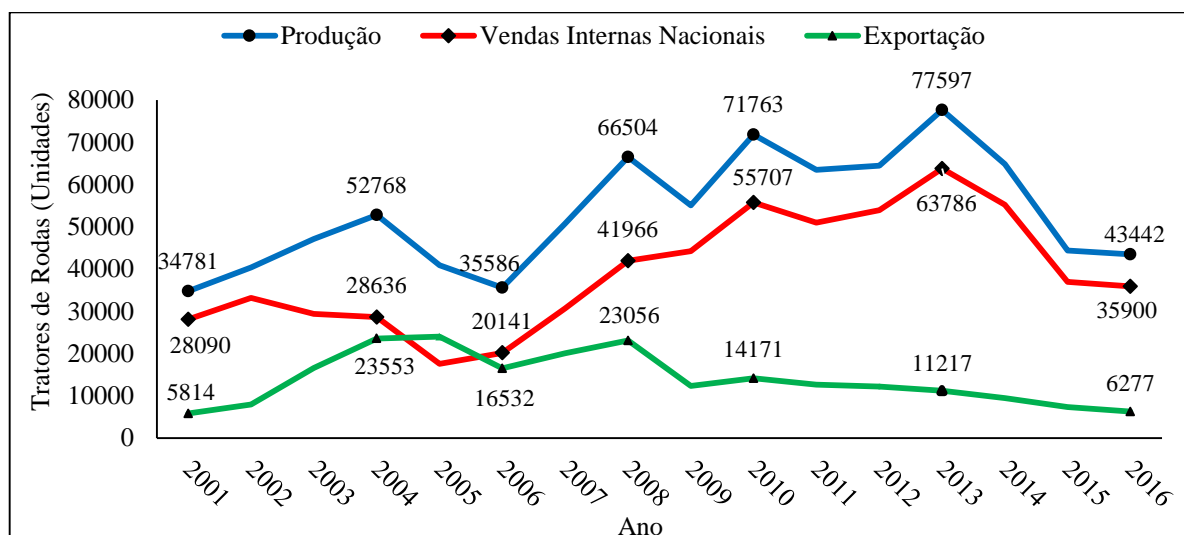
2.2.1 Mercado Brasileiro

No Brasil, a política de crédito agrícola proporciona aos produtores rurais programas que fornecem capital para realizar custeio, investimento e comercialização. Frisa-se o crédito agrícola de investimentos, que pode ser de fontes públicas ou privadas, e é gozado para incrementar a produtividade dos agricultores com aquisições de terras, construções e reformas de armazéns e compras de máquinas agrícolas (BARICELO, 2015). Como a temática da

pesquisa envolve as máquinas agrícolas, é importante verificar que uma das linhas de crédito para investimento em atividades rurais é o Programa de Modernização da Frota de Tratores Agrícolas e Implementos Associados e Colheitadeiras (MODERFROTA). Esse programa aponta para a redução das perdas que ocorrem no campo em virtude do parque de máquinas agrícolas ser ineficaz e obsoleto (MAPA, 2015).

Com agentes financeiros como o MODERFROTA, os produtores rurais buscam investir em máquinas agrícolas para melhorar suas produtividades e, ao mesmo tempo, fomentam a cadeia produtiva de máquinas agrícolas no país (FARIAS, 2014; MAPA, 2015; ANFAVEA, 2017a). Para o financiamento do programa MODERFROTA o governo brasileiro disponibilizou um montante de 3.650 milhões de reais para a safra de 2015/16. No estado de São Paulo, há o Programa Pró-Trator que também oferece ao produtor rural paulista a oportunidade de realizar a compra de um trator com um financiamento sem taxa de juros (MAPA, 2015). Desse modo, esses programas são essenciais para elevar o índice de mecanização agrícola nacional e expandir as novas fronteiras agrícolas brasileiras. Verifica-se na Figura 6 o comportamento da produção, das vendas internas nacionais e da exportação dos tratores de rodas, principal produto do mercado de máquinas agrícolas no Brasil, no período de tempo entre 2000 e 2016.

Figura 6 - Participação dos tratores de rodas no mercado brasileiro entre 2000-2016



Fonte: Elaborado pelo autor com base na Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (2017a).

Nota-se, ao observar a Figura 6 que o mercado de tratores de rodas, nos últimos, diminuiu constantemente nas exportações, nas vendas internas nacionais e na produção. Desse

modo, a competitividade no mercado brasileiro de máquinas agrícolas leva em consideração a instabilidade do país, suas constantes mudanças na política agrícola (suspensão de créditos e/ou financiamentos), o preço pago pelas *commodities* agrícolas e oscilações de moedas estrangeiras (dólar). Além disso, fatores como a redução de preços dos equipamentos, o aumento da qualidade nos produtos e as diferenciações de inovações são questões que interferem nos potenciais de expansão dos fabricantes no Brasil (VIAN et al., 2013).

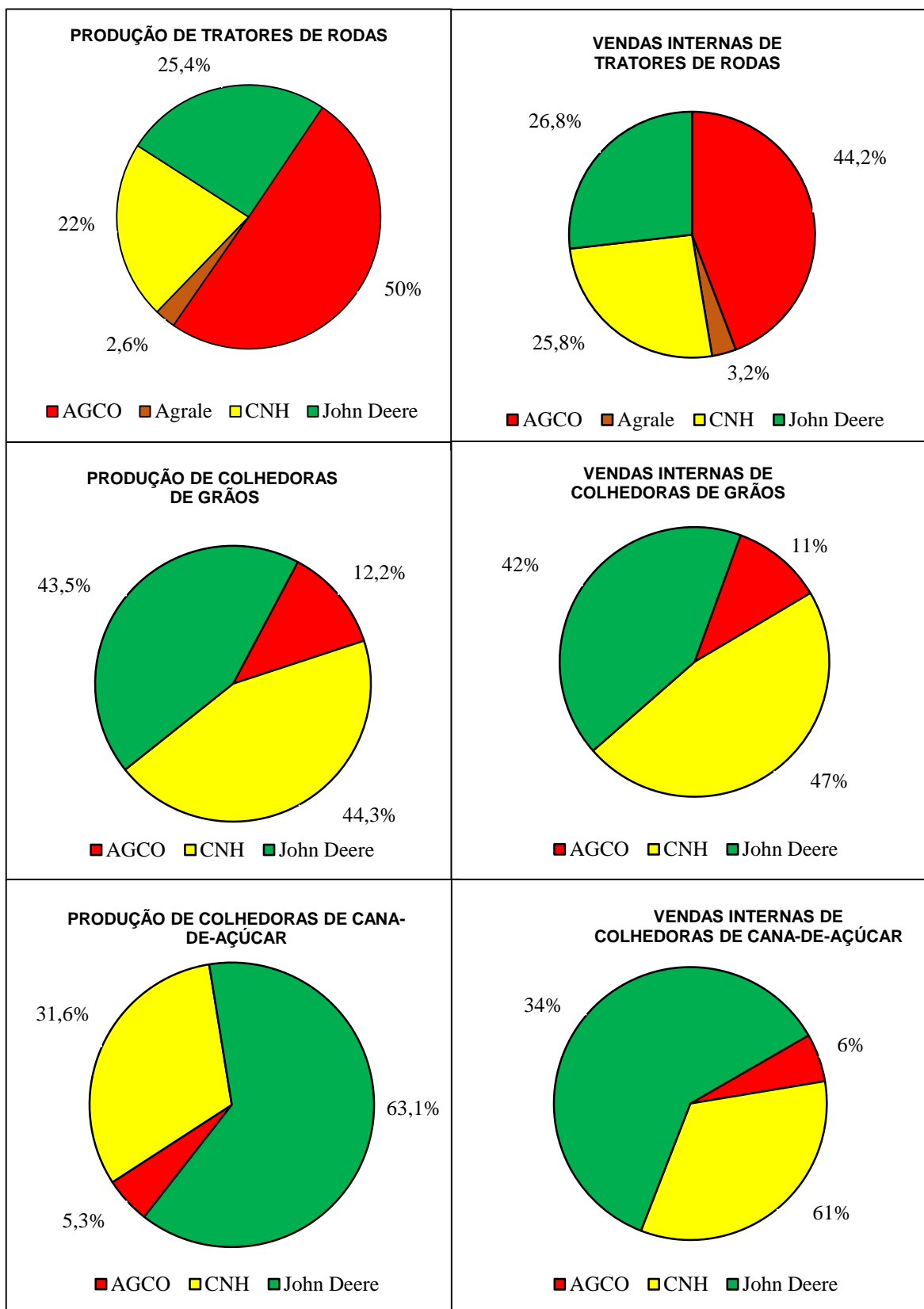
Segundo Bilski (2013), existem aproximadamente 29 milhões de tratores agrícolas no mundo. Os EUA são responsáveis por 17,0% das unidades de tratores agrícolas, posteriormente encontra-se a Índia com 9,0%. O Brasil contempla cerca de 3,0% da frota mundial. Nesse contexto, o mercado brasileiro de tratores de rodas ocupa a 10^a posição no ranking de exportações. Para as colhedoras de grãos a situação é um pouco melhor, encontra-se na 5^a posição (SILVA e VIAN, 2017). Logo, é importante verificar quais são as empresas no Brasil que possuem papel central no setor de máquinas agrícolas.

2.2.2 Participação dos Fabricantes de Máquinas Agrícolas no Brasil

Os principais fabricantes de máquinas agrícolas e de equipamentos rodoviários no Brasil são responsáveis por 16.766 empregos. A maior parte desses ofícios está relacionada ao setor agrícola. Em 2016 foram produzidas cerca de 50.004 máquinas agrícolas no Brasil, como os cultivadores motorizados, os tratores de rodas, as colhedoras de grãos e as de cana-de-açúcar (ANFAVEA, 2017a). Aproximadamente, 42.111 unidades de máquinas agrícolas foram vendidas internamente no atacado e 6.889 unidades foram exportadas. As empresas *AGCO* (*Massey Ferguson, Valtra*), *Agrale* e *John Deere* que localizam-se no estado do Rio Grande do Sul, colaboram para a região Sul do país apresentar o maior índice de produtividade por unidade de federação (ANFAVEA, 2017a).

A empresa *AGCO* na produção brasileira de tratores de rodas em 2016, ficou com o melhor desempenho do mercado. Caracterizou-se por 50,0% da produtividade total do país. Nas vendas internas, a empresa também contemplou o melhor resultado, cerca de 44,2% das unidades totais. Para a produção de colhedoras de grãos, a empresa *CNH* (*Case, New Holland*) teve performance superior às empresas *AGCO* e *John Deere*, com uma produção de, aproximadamente, 44,3% de unidades fabris. Nas vendas, a *CNH* teve preponderância de 47,0% do mercado agrícola (ANFAVEA, 2017a). A Figura 7 apresenta as produções e vendas internas dos fabricantes de tratores de rodas, colhedoras de grãos e de cana-de-açúcar no Brasil em 2016.

Figura 7 - Produção e vendas internas dos fabricantes de máquinas agrícolas em 2016



Fonte: Elaborado pelo autor com base na Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (2017a).

Segundo os autores Silva e Vian (2017), as exportações de produtos como tratores de rodas e colhedoras de grãos são realizadas amplamente por países desenvolvidos. Além do Brasil, países como a Índia e a China apresentam renomada participação no mercado internacional de máquinas agrícolas (SILVA e VIAN, 2017). Desse modo, com as novas regulamentações de emissões que foram introduzidas no Brasil, os fabricantes de máquinas agrícolas vão precisar reduzir seu inventário de produtos de geração obsoleta e propor produtos que satisfaçam os critérios da normalização (IBAMA, 2011; KIM et al., 2017).

Conforme Cavallo et al. (2014b), a proteção ao ambiente é uma tendência de inovação tecnológica que deve ser desenvolvida pelos fabricantes de máquinas agrícolas, visto que os clientes e adeptos à mecanização estão interessados em contribuir para a segurança ambiental. Além disso, o estudo evidência a adoção de tratores agrícolas com alta inovação tecnológica pelos grandes produtores rurais. Desse modo, verifica-se que as diretrizes de proteções ambientais propiciam um posicionamento eficiente das empresas, para que essas se mantenham competitivas no mercado (CAVALLO et al., 2014a).

2.3 REGULAMENTAÇÃO DE EMISSÕES DE POLUENTES PARA MÁQUINAS AGRÍCOLAS

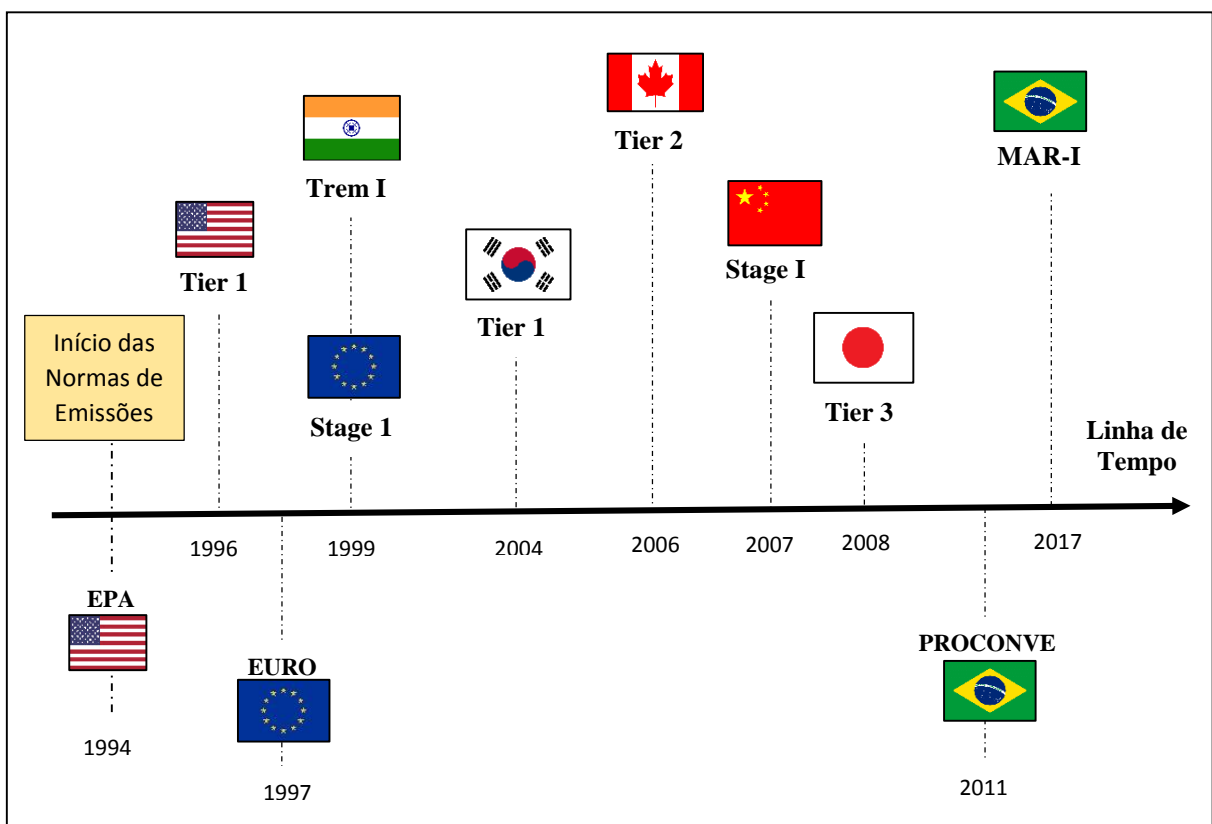
Programas de controle de emissões de poluentes atmosféricos foram desenvolvidos inicialmente para motores de combustão interna com aplicações em estrada, com o intuito de reduzir os impactos negativos de poluentes no ar, na saúde humana e nas alterações climáticas, conforme informações explícitas no Quadro 3. Em países como o Brasil, Canadá, China, Índia, Japão e Coreia do Sul, o controle de emissões evoluiu para diferentes categorias de veículos automotores e encontra-se, atualmente, em trâmite para motores não-rodoviários (*off - road*), como os motores de combustão interna de ciclo Diesel de máquinas agrícolas (IBAMA, 2011; DALLMANN e MENON, 2016).

No Brasil, o PROCONVE MAR - I foi fundamentado nas legislações vigentes nos países da U.E. e dos EUA. Essas regiões caracterizam-se pelo avanço contínuo de programas que sustentam o controle rígido das emissões de poluentes (DALLMANN et al., 2017). Muitas organizações em todo o mundo estão enfatizando o desenvolvimento de programas de controle que buscam prevenir a poluição do ar e as mudanças climáticas, como a Agência de Proteção Ambiental (*Environmental Protection Agency - EPA*), Agência Internacional de Energia (*International Energy Agency - IEA*), Agência Europeia do Ambiente (*European Environment*

Agency - EEA) (RESITOGLU, ALTINISIK e KESKIN, 2015). Seus princípios respaldam às reduções das emissões de GEE propostos no Acordo de Paris (ONU, 2015).

Nesse contexto, muitos países desenvolvem formalidades para mitigar os impactos das emissões de gases de escape das máquinas agrícolas (SHAO, 2016). A Figura 8 caracteriza-se por apresentar às adoções das primeiras regulamentações de máquinas agrícolas em diferentes países. Nota-se que o Brasil foi o último país a definir diretrizes para reduzir a emissão de poluentes no ar.

Figura 8 - Primeiras regulamentações de controle de emissões para máquinas agrícolas



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Desse modo, percebe-se a importância de verificar quais são os limites de poluentes estabelecidos na U.E. e nos EUA, visto que futuramente outros países devem adotar medidas de controle com base em seus históricos (DALLMANN e SHAO, 2016). Além disso, o Brasil tem parte nesse contexto, em razão das dimensões da sua cadeia produtiva de máquinas agrícolas, assim como o exemplo de modelo de implementação que deve ser seguido em outros países da América Latina, que apresentam características semelhantes aos seus ideais regulamentários (IBAMA, 2011; DALLMANN e MENON, 2016; ANFAVEA, 2017a).

2.3.1 Estados Unidos da América

Os EUA tem as maiores frotas de tratores e colhedoras no mundo. Segundo os autores Silva e Vian (2017), 17% das unidades totais da frota mundial de tratores pertence aos americanos e das colhedoras são, aproximadamente, 10%. A preponderância no mercado americano de tratores agrícolas é caracterizada por modelos de grande porte. Desse modo, pela ampla frota de máquinas agrícolas em sua extensão, os EUA estimulam o desenvolvimento de regulamentos que são cada vez mais rigorosos sobre as emissões permitidas de poluentes atmosféricos, resultantes da queima de combustíveis fósseis proporcionada pela mecanização agrícola, com motores de ciclo Diesel (ANP, 2016; SHAO, 2016).

O controle da poluição do ar nos EUA iniciou-se com a EPA, explícita anteriormente, em 1970, com a finalidade de definir os padrões nacionais de qualidade do ar, a gestão da qualidade do ar, a elaboração de estudos, as definições de diretrizes e das regras que induzem para um padrão adequado que o ar deve ter para garantir à proteção do meio ambiente em geral (vegetação, água, fauna) e da saúde pública. Posteriormente, o Congresso americano aprovou a Política Nacional de Ar Limpo (*Clean Air Act* - CAA), em 1971, para estabelecer os valores permissíveis de concentrações de poluentes atmosféricos (SANTANA et al., 2012).

Para a CAA os padrões de qualidade do ar devem ser atualizados conforme a análise dos conhecimentos científicos recentes referentes aos riscos que o aumento dos poluentes podem causar à saúde e ao ambiente. Por isso, a cada cinco anos, a EPA realiza um processo de revisão para conceder, se necessário, novas normas de regulamentação para diferentes eixos do sistema norte-americano (SANTANA et al., 2012). Ressalta-se que, nos EUA os estados estabelecem soluções específicas de controle das emissões de poluentes de acordo com a situação do ar que é averiguada. Logo, cada estado americano tem o poder de realizar seu próprio plano de controle da poluição do ar, desde que seja mais eficiente que os padrões nacionais (DALLMANN e MENON, 2016).

As normas de emissões para motores de ciclo Diesel de máquinas agrícolas foram promulgadas pela EPA em 1994 (KIM et al., 2017). Essas normalizações são definidas pelas diferentes classes de potência do motor e incluem poluentes regulamentados como o NO_x, o PM, o HC e o CO. Segundo os autores Dallmann e Menon (2016), não existe normas promulgadas de eficiência de combustíveis ou de CO₂ para motores de máquinas agrícolas. O Quadro 6 demonstra os limites de emissões para as diferentes classes de motores de máquinas agrícolas dos EUA, para a faixa de tempo entre 2015-2020.

Quadro 6 - Limites de emissões de poluentes das máquinas agrícolas dos EUA para o período de 2015-2020

Potência (kW)	Concentrações de Poluentes (g/kWh)				Implementação (Início)	Prazo (Término)
	CO, HC, NO _x , PM/	CO, (HC+NO _x),	PM	PM		
P < 8	8,0	7,5	0,4		2008	2020
8 ≤ P < 19	6,6	7,5	0,4		2008	
19 ≤ P < 37	5,5	4,7	0,03		2013	
37 ≤ P < 56	5,0	4,7	0,03		2013	
56 ≤ P < 75	5,0	0,19	0,4	0,02	2014	
75 ≤ P < 130					2014	
130 ≤ P < 225	3,5	0,19	0,4	0,02	2014	
225 ≤ P < 450					2014	
450 ≤ P < 560					2014	
P ≥ 560	3,5	0,19	3,5	0,04	2015	

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Dallmann e Menon (2016).

As concentrações de poluentes dos motores de máquinas agrícolas que constam no Quadro 6 referem-se aos níveis da norma *Tier 4f*. Essa regulamentação caracteriza as novas reduções que os fabricantes de máquinas agrícolas nos EUA devem obedecer. A *Tier 4f* foi implementada em 2008 para motores com potência abaixo de 19 kW e deve ser cumprida até 2020 para máquinas agrícolas com potência acima de 560 kW.

No Brasil, a maior parte das máquinas agrícolas comercializadas pelos fabricantes situa-se entre a faixa de potência de 37 à 73 kW (ANFAVEA, 2017a). Desse modo, para constatar as medidas assumidas pelos EUA para motores com essas potências, construiu-se o Quadro 7, que demonstra a evolução das regulamentações para máquinas agrícolas nos EUA com potência entre 56 e 75 kW.

Quadro 7 - Evolução dos limites de emissões de poluentes das máquinas agrícolas com potência entre 56 e 75 kW nos EUA

Norma	Concentrações de Poluentes (g/kWh)				Início	Término
	CO, HC, NO _x , PM/	CO, (HC+NO _x),	PM	PM		
<i>Tier 1</i>	-	-	9,2	-	1998	2003
<i>Tier 2</i>	5,0	7,5	0,4		2004	2007
<i>Tier 3</i>	5,0	4,7	0,4		2008	2011
<i>Tier 4 i</i>	5,0	0,19	2,3	0,02	2012	2013
<i>Tier 4 f</i>	5,0	0,19	0,4	0,02	2014	2020

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Dallmann e Menon (2016).

Os autores Dallmann e Menon (2016), afirmam que os programas para as máquinas agrícolas nos EUA não são satisfatórios se comparado as regulamentações dos motores de ciclo Diesel utilizados em estradas como, por exemplo, às dos caminhões e de ônibus. Outro fator, relaciona-se há falta de triagem de melhores práticas tecnológicas para o controle de emissões de PM e de NO_x dos motores agrícolas, visto que programas de diferentes categorias de veículos são mais eficazes nessas concepções (SHAO, 2016).

2.3.2 União Europeia

Com a intenção de conter as diversidades dos motores dos EUA que encontravam-se para venda, em 1997, teve início as regulamentações para o controle dos motores de máquinas agrícolas na U.E. Porém, foram promulgadas somente em 1999 para motores com potência entre 37 e 560 kW (KIM et al., 2017). Enfatiza-se que a gestão da qualidade do ar na U.E. conta com o suporte de uma comissão que procura compatibilizar as diferenças presentes nas realidades econômicas, sociais, políticas e culturais de cada Estado-membro da aliança. Seu objetivo é desenvolver o maior número de semelhanças entre os países para que seja possível realizar o cumprimento de normas e regulamentações comunitárias (SANTANA et al., 2012; DALLMANN e MENON, 2016).

O monitoramento da qualidade do ar é instituído pelos Estados-membros, com métodos e critérios desenvolvidos de acordo com a normatização definida pelo comitê. Casualmente, as concentrações de poluentes no ar excedam em determinadas regiões, os Estados-membros devem planejar precauções na qualidade do ar para essas aglomerações, a fim de respeitar os limites que foram determinados na regulamentação (SANTANA et al., 2012). Destaca-se que na U.E. as normas de programas regulamentários de qualidade do ar ou de outras questões ambientais devem englobar contextos de outras áreas (mudanças climáticas, agricultura e transporte). Além disso, tais diretrizes devem relacionar-se com ações que envolvam a prevenção de efeitos negativos sobre outros Estados-membros.

Os autores Dallmann e Menon (2016), explicam que na U.E. os limites de emissões para motores de máquinas agrícolas são determinados de forma similar aos EUA. Classificam-se às classes dos motores conforme suas potências e as substâncias nocivas controladas são iguais às dos EUA (NO_x, PM, HC e CO). Na U.E. as normas *Stage IIIA*, *Stage IIB* e *Stage IV* encontram-se em situação de término para determinadas classes de potências, de modo que a partir do ano de 2018 os motores de todas as classes devem respeitar as exigências de concentrações da regulamentação *Stage V* (DALLMANN e MENON, 2016; SHAO, 2016). No Quadro 8 estão

os limites de emissões para as diferentes classes de motores de máquinas agrícolas da U.E. para o período de tempo entre 2015-2020.

Quadro 8 - Limites de emissões de poluentes das máquinas agrícolas da U.E. para o período de 2015-2020

Potência (kW)	Concentrações de Poluentes (g/kWh)				Norma	Implementação (Início)	Prazo Término
	CO, HC, NO _x , PM/	CO, (HC+NO _x),	PM	PM			
P < 8	8,0	7,5	0,4		Stage V	2018	2020
8 ≤ P < 19	6,6	7,5	0,4		Stage V	2018	2020
19 ≤ P < 37	5,5	7,5	0,6		Stage IIIA	2015	2017
	5,0	4,7	0,015		Stage V	2018	2020
37 ≤ P < 56	5,0	4,7	0,025		Stage III B	2015	2017
	5,0	4,7	0,015		Stage V	2018	2020
56 ≤ P < 75	5,0	0,19	0,4	0,025	Stage IV	2015	2018
75 ≤ P < 130	5,0	0,19	0,4	0,015	Stage V	2019	2020
130 ≤ P < 225	3,5	0,19	0,4	0,025	Stage IV	2015	2017
	3,5	0,19	0,4	0,015	Stage V	2018	2020
225 ≤ P < 450	3,5	0,19	0,4	0,025	Stage IV	2015	2017
	3,5	0,19	0,4	0,015	Stage V	2018	2020
450 ≤ P 560	3,5	0,19	0,4	0,025	Stage IV	2015	2017
	3,5	0,19	0,4	0,015	Stage V	2018	2020
P ≥ 560	3,5	0,19	3,5	0,045	Stage V	2018	2020

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Dallmann e Menon (2016).

Para comparar as evoluções das regulamentações das máquinas agrícolas com potência entre 56 e 75 kW dos países membros da U.E. com os padrões norte-americano e com a faixa de potência preponderante no Brasil, construiu-se o Quadro 9. Nota-se que, a norma europeia *Stage V* é mais rígida que a americana *Tier 4 f* para concentrações de PM.

Quadro 9 - Evolução dos limites de emissões de poluentes das máquinas agrícolas com potência entre 56 e 75 kW na U.E.

Norma	Concentrações de Poluentes (g/kWh)				Início	Término
	CO, HC, NO _x , PM/	CO, (HC+NO _x),	PM	PM		
Stage I	6,5	1,3	9,2	0,85	1999	2003
Stage II	5,0	1,3	7,0	0,4	2004	2007
Stage III A	5,0	4,7		0,4	2008	2011
Stage III B	5,0	0,19	3,3	0,025	2012	2014
Stage IV	5,0	0,19	0,4	0,025	2015	2018
Stage V	5,0	0,19	0,4	0,015	2018	2020

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Dallmann e Menon (2016).

Com as implementações de normas realizadas pela U.E. e pelos EUA, muitos países começaram a adotar estratégias semelhantes para controlar as emissões de poluentes dos motores de máquinas agrícolas e para manterem-se competitivos no mercado. Destaca-se o Canadá, o Japão e a Coreia do Sul que regulamentaram diretrizes equivalentes às concentrações de poluentes da *Tier 4 f* (DALLMANN e MENON, 2016). A China, que caracteriza-se como um dos países com altos índices de substâncias nocivas na qualidade do ar (NO_x e PM), adotou normas semelhantes ao *Stage III A*, *Stage III B* e *Stage V* (WANG et al., 2016). Porém, as datas para o término das regulamentações ainda não foram definidas. Na Índia, as legislações consistem aos mesmos parâmetros do *Tier 3* (DALLMANN e MENON, 2016; SHAO, 2016).

2.3.3 Brasil

No Brasil, o controle de emissões de poluentes para máquinas agrícolas e rodoviárias teve início em Janeiro de 2017 com o PROCONVE MAR-I. A partir das diretrizes exigidas pela fase MAR-I, promulgadas em 2011, as montadoras foram obrigadas a buscar soluções em projetos que certifiquem uma redução no potencial poluidor dos motores de ciclo Diesel das máquinas agrícolas novas (IBAMA, 2011). Essa regulamentação é similar aos padrões dos EUA (*Tier III*) e da U.E. (*Stage IIIA*). Desse modo, nota-se que a adoção da regulamentação no Brasil segue os contextos históricos de países que apresentam avanços contínuos no controle de poluentes (IBAMA, 2011; SHAO, 2016).

A fase MAR-I ocorreu de forma escalonada, com parâmetros de emissões determinados inicialmente para as máquinas de construção rodoviárias no período de tempo entre 2015-2017. Posteriormente, são regulamentadas as máquinas agrícolas durante o período compreendido entre 2017-2019 (SHAO, 2016; ANFAVEA, 2017b). A legislação define limites de emissões para poluentes como CO, HC, NO_x e PM. Comparando-a com motores não certificados, a redução deve chegar em, aproximadamente, a 85% de PM e 75% para NO_x (ANFAVEA, 2017b). Ressalta-se que o PROCONVE não apresenta o desenvolvimento de propostas para a fase MAR-II (IBAMA, 2011; DALLMANN e MENON, 2016).

No Quadro 10, constam as concentrações dos diferentes poluentes para as classes de potências dos motores das máquinas agrícolas brasileiras. Nota-se que para a potência entre 37 e 75 kW os limites de emissões da fase MAR-I são superiores se comparados com as exigências da *Tier 4 f* e do *Stage V*. Outra adversidade entre as normas é as concentrações de poluentes para o HC e NO_x, visto que a fase MAR-I acopla as substâncias como um único agente poluidor (IBAMA, 2011; SHAO, 2016).

Quadro 10 - Limites de emissões de poluentes das máquinas agrícolas do Brasil

Potência (kW*)	Concentrações de Poluentes (g/kWh)			Implementação (Início)	Prazo (Término)
	CO, HC, NO _x , PM/	CO, (HC+NO _x),	PM		
19 ≤ P ≤ 37	5,5	7,5	0,6	2011	2019
37 ≤ P ≤ 75	5,0	4,7	0,4	2011	2019
75 ≤ P ≤ 130	5,0	4,0	0,3	2011	2017
130 ≤ P ≤ 560	3,5	4,0	0,2	2011	2017

* Potência máxima de acordo com a Norma ISO 14396:2002, que a critério do IBAMA poderá adotar norma ABNT equivalente.

Fonte: (IBAMA, 2011).

Para alcançar os níveis desejados de concentrações de poluentes determinados pelas normas é necessário utilizar sistemas de controle de emissões de pós-tratamento. Tratam-se de estratégias tecnológicas desenvolvidas pelos fabricantes de máquinas agrícolas para tratar os poluentes resultantes da queima de combustíveis fósseis pelo motor Diesel (RESITOGLU, ALTINISIK e KESKIN, 2015).

2.4 ESTRATÉGIAS E TECNOLOGIAS PARA O CONTROLE DE EMISSÕES

Os programas de regulamentações resultam em limites rigorosos de emissões de poluentes em suas ampliações de fases. Suas diretrizes instigam no aprimoramento das concepções dos motores de máquinas agrícolas e de suas tecnologias de pós-tratamento, resultando em melhorias para o controle das emissões atmosféricas provenientes dos gases de escape (RESITOGLU, ALTINISIK e KESKIN, 2015; DALLMANN e SHAO, 2016). Como as distintas classes de potência de motores são responsáveis por diferentes níveis permissíveis de emissões de poluentes, os projetos de sistemas de pós-tratamento para os motores podem ser alterados significativamente, entre cada uma das classes de potências (DALLMANN e MENON, 2016).

Segundo Hickey et al. (2014), as estratégias utilizadas para reduzir os poluentes dos motores podem ser divididas em duas categorias: métodos primários e métodos secundários. As medidas primárias de prevenção incluem a utilização de combustíveis alternativos no lugar dos combustíveis fósseis. Nas medidas secundárias constam o emprego de tecnologias desenvolvidas para controlar os poluentes dos motores de ciclo Diesel. As alternativas adotadas para o controle são subdivididas em duas categorias: estratégias que envolvem o cilindro dos motores e dispositivos de pós-tratamento de gases de escape (DALLMANN e MENON, 2016).

Os mecanismos que envolvem o cilindro possuem alterações no projeto do motor que objetivam limitar os poluentes durante o processo da queima de combustível. O controle das emissões é realizado mediante o desenvolvimento de modificações nos sistemas de injeções e do tratamento do ar, ou também, por mudanças geométricas no motor que induzem uma mistura homogênea de ar e combustível (MÁRQUEZ, 2012; POSADA et al., 2016). Conforme os autores Dallmann e Menon (2016), as estratégias em cilindros de motores não são suficientes para controlar as emissões de NO_x e PM.

Para mudar a exiguidade presente nos cilindros, utilizam-se tecnologias de pós-tratamento com o propósito de obter potenciais significativos para o controle de emissões (DALLMANN e SHAO, 2016). Os principais artifícios aplicados nas máquinas agrícolas em países com altos padrões de emissões incluem a Redução Catalítica Seletiva (*Selective Catalytic Reduction* - SCR) para o controle de NO_x , a Recirculação de Gases de Exaustão (*Exhaust Gas Recirculation* - EGR) para possibilitar o arrefecimento da formação de NO_x e os Filtros de Partículas Diesel (*Diesel Particulate Filter* - DPF) no controle do PM (MÁRQUEZ, 2012). Além disso, o Sistema de Injeção Eletrônico de Combustível também permite uma redução significativa na emissão de gases poluentes (KROGERUS, HYVONEN e HUHTALA, 2016). Ressalta-se que a qualidade do combustível é um parâmetro relevante, pois o teor de enxofre pode afetar a durabilidade dos sistemas de pós-tratamento (POSADA et al., 2016).

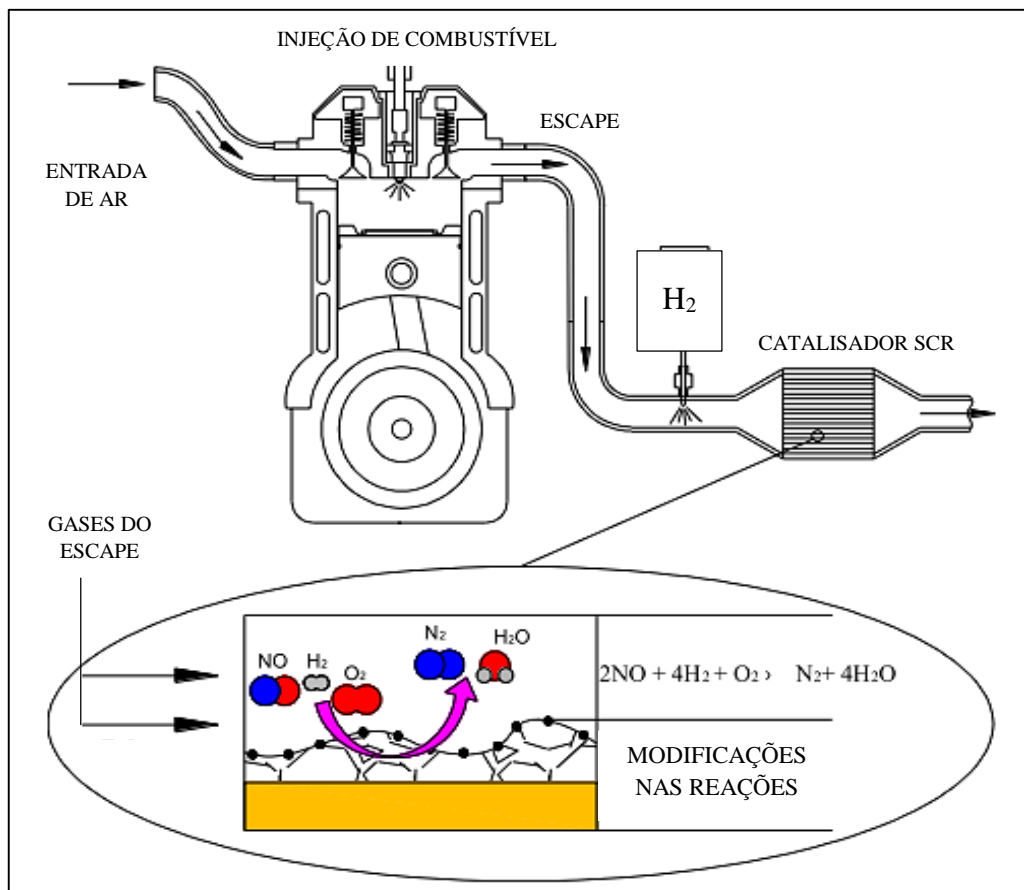
2.4.1 Redução Catalítica Seletiva

As principais fontes de emissões de NO_x no mundo tratam-se dos motores ciclo Diesel. Nesse sentido, o sistema SCR é atualmente a melhor opção para eliminar a emissão de gases NO_x . (RESITOGU e KESKIN, 2017). O sistema caracteriza-se por transformar as emissões de NO_x em N_2 e vapor H_2O . As modificações nas reações químicas do processo ocorrem pelo uso do catalisador que proporciona um aumento na eficiência da combustão. Esse acréscimo na combustão sucede por meio da mistura do Arla 32 (Agente Redutor Líquido) com os gases de escape. A mistura do Arla 32 com os gases de escape no catalisador ativam as reações químicas dos poluentes e reduzem as emissões de NO_x . O Arla 32 configura-se como uma mistura composta por 32% de ureia e o restante de água desmineralizada (RESITOGU, ALTINISIK e KESKIN, 2015).

O sistema de SCR apresenta como aspectos negativos a necessidade de equipar a máquina agrícola com um tanque e também, um módulo de controle de injeção do Agente Redutor Líquido no duto de escape (SQUAIELLA, 2010; MÁRQUEZ, 2012). Além do Arla

32, o hidrogênio (H_2) é empregado como um agente redutor de NO_x . Apresenta melhorias na eficiência de conversão associadas às baixas temperaturas de exaustão. Destaca-se que o agente (Arla ou H_2) deve ser armazenado em um tanque próprio e não deve ser misturado com o combustível (SQUAIELLA, 2010; RESITOGU e KESKIN, 2017). No sistema de SCR, pode haver um mecanismo de avaliação conhecido como *On-Board Diagnose* (OBD), que identifica se há presença do agente redutor e também registra as falhas causadas pelo não uso. A Figura 9 representa o funcionamento do sistema de SCR com a utilização do H_2 .

Figura 9 - Representação do funcionamento do sistema de SCR com H_2



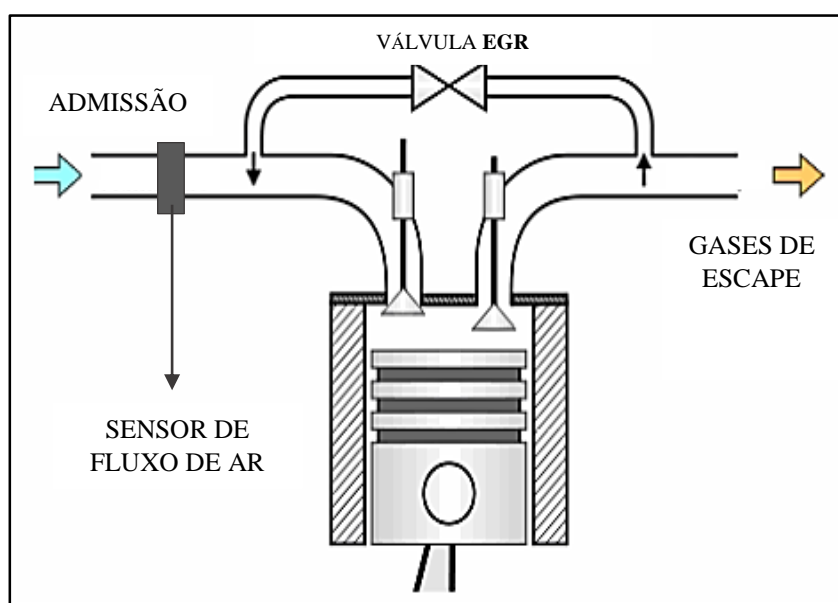
Fonte: Adaptado de Resitoglu e Keskin (2017).

Nota-se, na Figura 9, que o processo de SCR consiste na injeção do H_2 nos gases de exaustão no escapamento do motor, os quais se misturam e entram em um módulo reator contendo um catalisador que difunde a mistura formando o N_2 e H_2O . Destaca-se que o custo com o SCR é elevado, em razão dos seus requerimentos para *hardwares* e sensores eletrônicos (RESITOGU, ALTINISIK e KESKIN, 2015; RESITOGU e KESKIN, 2017).

2.4.2 Recirculação de Gases de Exaustão

O método da EGR também é uma estratégia utilizada para controlar principalmente as emissões de NO_x . Um benefício da EGR está relacionado ao aproveitamento do espaço do chassis, diferentemente da SCR. Sua performance caracteriza-se pela recirculação de parte dos gases de escapamento do motor através da válvula EGR, que se misturam com o ar de entrada (NAGARGOJE, KOLHE e RAGIT, 2016). A Figura 10 representa o esquema de funcionamento da EGR em motores de ciclo Diesel.

Figura 10 - Representação básica do processo de EGR em motores de ciclo Diesel



Fonte: Adaptado de Rao B. et al. (2016).

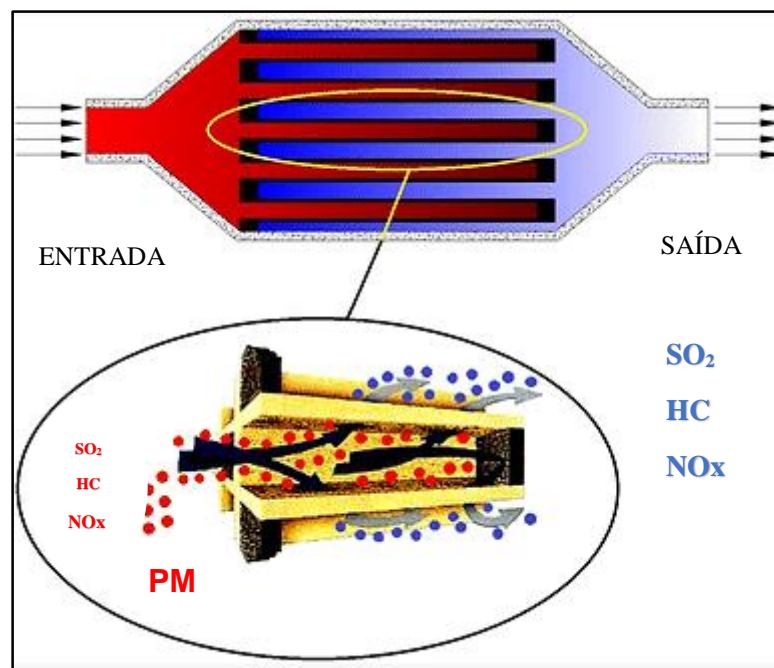
Os gases de escape são absorvidos no coletor de admissão pelos cilindros, de modo que o volume do cilindro ocupado pelos gases proporcione o arrefecimento no volume de oxigênio do NO_x (HICKEY et al., 2014). Com a quantidade de oxigênio atenuada, a combustão sucede com temperaturas mais baixas e, conseqüentemente, reduz as emissões de NO_x . A formação de poluentes são resultantes de grandes temperaturas e pressões no motor (THANGARAJA e KANNAN, 2016).

2.4.3 Filtro Particulado Diesel

O sistema de pós-tratamento DPF é utilizado para reduzir as emissões de PM dos gases de escape dos motores de ciclo Diesel. As paredes do filtro são compostas por material cerâmico poroso. O processo inicia-se pelo bloqueio dos canais alternados de PM, com o propósito de induzir o fluxo para as paredes do filtro, resultando na retenção do poluente (RESITOGU, ALTINISIK e KESKIN, 2015). O acúmulo de PM consecutivo viabiliza a ocorrência da contrapressão. Esse fenômeno interfere no desempenho do motor e, se não for controlado, causa funcionalidade anormal. Se a situação da contrapressão for inoportuna, a mistura do ar com o combustível limpo injetado nos cilindros do motor durante a combustão será imprópria (HICKEY et al., 2014).

O filtro apresenta um grande número de canais paralelos que são geralmente quadrados. A amplitude do canal é especificada pela sua densidade. As paredes do filtro devem possuir peculiaridades como a ótima porosidade. Perfaz suficientemente a responsabilidade de ser impermeável pelas MP e, ao mesmo tempo, pela passagem dos demais gases de escape (RESITOGU, ALTINISIK e KESKIN, 2015). A Figura 11 versa sobre o processo do DPF para reduzir as emissões de PM.

Figura 11 - Caracterização do sistema de pós-tratamento DPF



Fonte: Adaptado de Resitoglu, Altinisik e Keskin (2015).

Com o excesso de fuligem acumulado no filtro, diferentes efeitos negativos na função operacional do sistema de pós-tratamento podem ocorrer. Os principais relacionam-se com o aumento do consumo de combustível e às falhas do motor. Para prevenir esses aspectos negativos, o DFP deve ser regenerado pela queima de PM que encontram-se retidas em suas paredes. A queima de PM pode ser realizada por fontes externas, como um queimador à base de chama, que oxida o poluente no filtro até a sua carga de fuligem atingir um limite estabelecido (aproximadamente 45%) da pressão do DPF (RESITOGLU, ALTINISIK e KESKIN, 2015).

2.4.4 Sistema de Injeção Eletrônico de Combustível

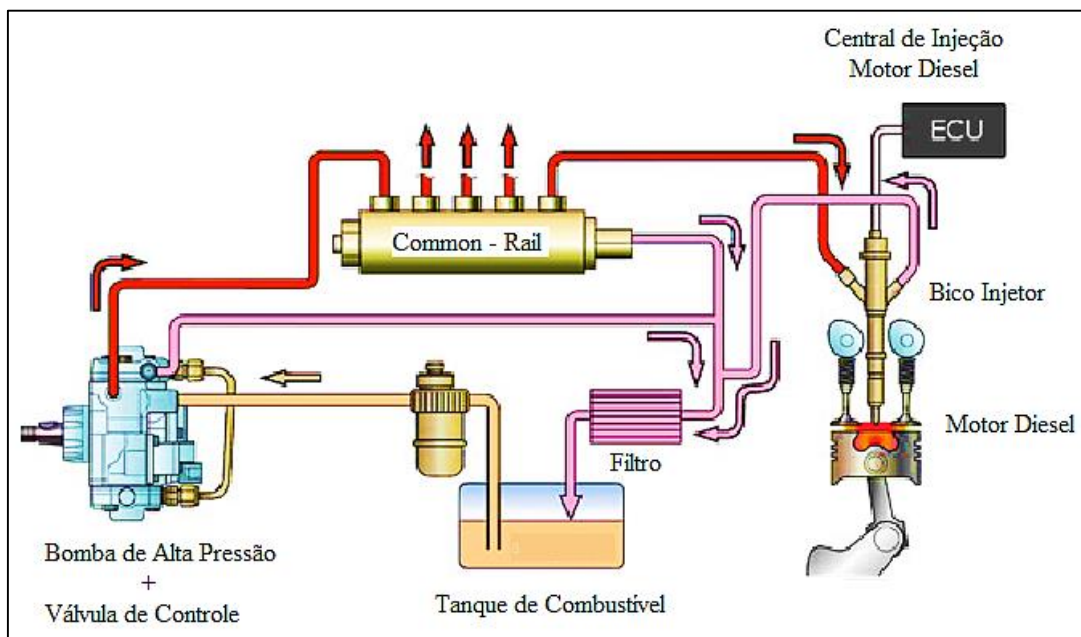
Conforme Podorodeczki (2016), os sistemas de injeção eram completamente mecânicos, os quais ajustavam o volume de combustível por meio de reguladores centrífugos. Atualmente, com o desenvolvimento de leis de emissões de poluentes que exigem o controle dos gases de emissões dos motores de ciclo Diesel, os sistemas de injeção se desenvolveram e são monitorados e ajustados eletronicamente (IBAMA, 2011; ONU, 2015; KROGERUS, HYVONEN e HUHTALA, 2016; WANG et al., 2016). O sistema de injeção eletrônico de combustível caracteriza-se por ser um dos elementos-chave nos motores de ciclo Diesel modernos em razão do importante papel que desempenham na formação do combustível durante a fase de combustão. Por esse motivo, o sistema precisa de atenção e de melhorias contínuas para satisfazer os padrões ambientais e as demandas dos consumidores (FERRARI et al., 2016; PODORODECZKI, 2016).

O sistema de injeção eletrônico de combustível é responsável pela distribuição e mistura de combustível dentro da câmara de combustão, ou seja, ele injeta o combustível diretamente na câmara de combustão com alta pressão, de forma precisa e na quantidade certa (PODORODECZKI, 2016). A partir da sua utilização, é possível evitar a perda de eficiência de combustão e o aumento das emissões de poluentes e de ruídos (KROGERUS, HYVONEN e HUHTALA, 2016). Além disso, o sistema permite um consumo de combustível econômico, aceleração sem atraso e melhora da partida a frio (HURTADO e SOUZA, 2013).

O controle de injeção é totalmente eletrônico, sendo o sistema de injeção conhecido como *Common Rail* (CR), estado da arte dos sistemas de gerenciamento (PODORODECZKI, 2016). É utilizado para garantir maior controle da pressão de injeção no cilindro (MÁRQUEZ, 2012). O diferencial do sistema de injeção eletrônica CR está no controle da alta pressão por meio de uma bomba com válvula de controle, pilotada eletronicamente pela central de injeção

do motor, que conforme a carga de trabalho a que o motor está sendo submetido, envia a pressão controlada para o tubo acumulador e distribuidor de combustível (MÁRQUEZ, 2012). Como o controle de injeção de combustível é feito a partir da variação do volume e da pressão que oscila entre 400 a 2300 bar, consegue-se diminuir significativamente as emissões de gases nocivos nos motores Diesel devido à atomização do combustível com a massa de ar admitida (COSTA, 2017). A Figura 12 representa o sistema de injeção eletrônica CR com todos os seus componentes.

Figura 12 - Sistema de injeção CR



Fonte: Adaptado de Sonirodban (2017).

Conforme Dallmann e Menon (2016), outras estratégias estão se desenvolvendo para o controle de emissões de máquinas agrícolas, com o intuito de suprir os próximos níveis permissíveis de poluentes para cada categoria de potência de motor. São alternativas que complementam fatores como sistema de pós-tratamento, sistema de injeção de combustível no cilindro do motor e sistema tecnológico para o controle do ar nos cilindros do motor. Trata-se de possibilidades que se desenvolvem para atender os padrões que as novas normas regulamentárias vão exigir (*Tier 4 f* e *Stage V*). No Quadro 11 constam algumas estratégias inovadoras de projetos que propendem para o controle de emissões dos motores novos das máquinas agrícolas para os próximos anos. Destaca-se o PM e o NO_x que estão presentes na grande maioria dos diferentes sistemas.

Quadro 11 - Estratégias inovadoras para o controle de emissões de poluentes dos motores de máquinas agrícolas

Estratégia de Projeto	Poluentes Controlados	Descrição
Sistema de injeção de combustível no cilindro		
Pressão na injeção de Combustível.	PM, NO _x , HC, CO.	Aumento da pressão de injeção promove otimização da queima do combustível e melhora a mistura de combustível e ar, resultando na melhoria da eficiência de combustão.
Taxa de injeção de combustível, injeções múltiplas.	NO _x .	Ajuste fino da injeção de combustível durante o evento de combustão única variando a taxa de injeção ou usando múltiplas injeções. As estratégias de injeção múltipla requerem injetores de unidade de alta pressão controlados eletronicamente ou sistemas de injeção de trilho comum.
Tempo de injeção de combustível.	Avançado: PM, CO, HC. Atrasado: NO _x .	Injeção de combustível avançada ou retardada para sintonizar o processo de combustão. A temporização avançada aumenta as pressões e as temperaturas da combustão, resultando em maior eficiência de combustível, em emissões de PM reduzidas e no aumento da formação de NO _x . O tempo de injeção de combustível atrasado reduz as emissões de NO _x em detrimento da economia de combustível e das penalidades de emissão de PM.
Sistemas tecnológicos de controle do ar no cilindro		
Turbocompressor.	PM, CO, HC.	Compressor empregado para aumentar a pressão de ar de admissão. Turbocompressores com geometria variável e de vários estágios desenvolvidos para melhorar o desempenho do turbocompressor em uma ampla gama de condições de operação do motor.
Resfriamento do ar no volume (<i>intercooler</i>).	NO _x .	Permutador de calor utilizado para reduzir a temperatura dos gases que entram na câmara de combustão para reduzir as temperaturas de combustão máximas. Os sistemas de ar para ar podem atingir temperaturas mais baixas e, portanto, um melhor controle de NO _x do que os sistemas de ar para água.
Sistemas de Pós-tratamento		
Catalisador de Oxidação a Diesel (DOC).	PM, HC, CO.	Conversor catalítico de fluxo contínuo composto de um substrato de favo de mel de monólito revestido com um catalisador de metal de grupo de platina. Para o PM o sistema DOC trata apenas dos gases de escape.
O catalisador de Deslizamento de Amônia (ASC).	NH ₃ .	Catalisador de oxidação utilizado para o controle da amônia através do sistema SCR.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para atingir os objetivos propostos na pesquisa foi necessário utilizar os procedimentos metodológicos que constam no capítulo 3. Assim, para facilitar o entendimento da adoção de diferentes metodologias de pesquisa dividiu-se sua estruturação em duas etapas. A primeira etapa (seção 3.1), trata de descrever todos os passos realizados no levantamento e análise de patentes. A segunda etapa (seção 3.2), caracteriza-se por apresentar à explanação das estratégias selecionadas, da coleta e análise de dados da pesquisa, da Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) e da construção do instrumento de pesquisa utilizado com as empresas.

3.1 PATENTOMETRIA

A patentometria pode ser considerada como um dos métodos que compõe o grupo analítico que pertence à bibliometria, pois para analisar as informações dos documentos de patentes são utilizados adaptações de indicadores aplicados à produção de outros tipos documentais (FAGUNDES et al., 2014). Conforme Motta e Quintella (2012), os indicadores patentométricos procuram estabelecer a dinâmica de relação mútua entre ciência e tecnologia, considerando uma análise com longos períodos de tempo. Desse modo, é importante frisar que a ciência é vista como um processo direcionado ao entendimento dos fenômenos ao passo que a tecnologia pode ser identificada como uma atividade que objetiva criar artefatos (MOURA, 2009; MOTTA e QUINTELLA, 2012). Para este estudo, interessa especificamente a propriedade industrial, que contempla a patente.

Para a consulta de patentes, foi considerado os dados métricos de informações concedidas pela patentometria resultantes da busca na Plataforma Questel Orbit. Assim, foi possível verificar as novas tecnologias de sistemas de tratamento de poluentes utilizados nos motores de máquinas agrícolas. Além disso, para realizar a análise de patentes foi necessário selecionar o sistema utilizado na base Espacenet de Classificação Cooperativa de Patentes (CPC) que é proposto pelo Escritório Europeu de Patentes (*European Patent Office* - EPO) e o Escritório de Patentes e Marcas dos Estados Unidos (*United States Patent and Trademark Office* - USPTO). O CPC inclui as mesmas seções que o sistema de Classificação Internacional de Patentes (IPC), além de uma seção Y para marcar tecnologias emergentes ou tecnologias que abrangem várias seções do CPC (EPO, 2018).

A classificação de patentes trata-se de um sistema de triagem de invenções e seus documentos técnicos abrangem todas as áreas da tecnologia. Desse modo, todo o documento

de patente recebe um símbolo de classificação que indica sua alocação para uma área (seção) específica de tecnologia. Isso é importante, pois o sistema de classificação facilita o arquivamento e a procura de patentes (EPO, 2018). Para realizar a pesquisa optou-se pela procura por símbolos de classificação que oferece vantagens sobre a busca por palavras-chave. Os resultados da pesquisa com palavras-chave são menos precisos visto que certos documentos não podem ser encontrados com uma pesquisa por palavra-chave, porque há documentos que não possuem título ou resumo (EPO, 2018). No entanto, se esses documentos tiverem um símbolo de classificação, eles podem ser encontrados usando esse símbolo.

As diferentes simbologias utilizadas pelo CPC para classificar as patentes nas diferentes seções tecnológicas são: i) seção A - necessidades humanas; ii) seção B - operações de processamento e transporte; iii) seção C - química e metalúrgica; iv) seção D - têxteis e papel; v) seção E - construções fixas; vi) seção F - engenharia mecânica, iluminação, aquecimento, armas, explosão; vii) seção G - física; viii) seção H - eletricidade; e ix) seção Y - novos desenvolvimentos tecnológicos (EPO, 2018). Para a pesquisa foi determinado a seção Y que divide-se em três classes: i) Y02 - abrange tecnologias visando mitigação ou adaptação contra as mudanças climáticas; ii) Y04 - tecnologias de telecomunicações ou de sistemas de informação com impacto/influência em outras áreas tecnológicas; e iii) Y10 - assuntos técnicos cobertos pela classificação anterior de patentes norte-americana (INPI, 2017). No Quadro 12 está a estrutura sistemática hierárquica selecionada por meio da CPC para realizar a pesquisa de patentes na Plataforma Questel Orbit.

Quadro 12 - Estrutura selecionada na busca de patentes da Plataforma Questel Orbit

(Continua)

Nível	Símbolo	Descrição	Classificação de Ordem
Seção	Y	Novos desenvolvimentos tecnológicos	-
Classe	Y02	Tecnologias ou aplicações para mitigação ou adaptação contra as mudanças climáticas	-
Subclasse	Y02T	Tecnologias de mitigação de mudança climática relacionadas com o transporte	-
Grupo	Y02T010/00	Transporte rodoviário de mercadorias ou passageiros	-
Subgrupo	Y02T010/10	Veículos baseados em motores de combustão interna	•
	Y02T010/12	Tecnologias para a melhoria da eficiência indicada de um motor de combustão interna convencional	••
	Y02T010/121	Adicionando substâncias não combustíveis para combustível, ar ou combustível/mistura de ar	•••
	Y02T010/123	Injeção de combustível	•••

Quadro 12 - Estrutura selecionada na busca de patentes da Plataforma Questel Orbit
(Continua)

Subgrupo	Y02T010/125	Câmaras de combustão e mistura de carga que aumentam dentro da câmara de combustão	•••
	Y02T010/126	Tratando a mistura de combustível, ar ou ar/combustível	•••
	Y02T010/128	Métodos de operação, por exemplo: ignição por compressão de carga homogênea e ignição por compressão de carga pré-misturada	•••
	Y02T010/14	Tecnologias para a melhoria de eficiência mecânica de um motor de combustão interna convencional	••
	Y02T010/142	Método de operação, por exemplo, ciclo <i>Atkinson, Ericsson</i>	•••
	Y02T010/144	Motores não aspirados naturalmente, por exemplo: turbo alimentação e sobre-alimentação	•••
	Y02T010/146	Energia de aumento de carga e energia cinética ou ondulada de carga fora da câmara de combustão, ou seja, motor de combustão interna para produzir energia adicional	••
	Y02T010/148	Downsizing ou <i>downspeeding</i>	•••
	Y02T010/16	Recuperação de energia a partir de fonte de calor de baixa temperatura do motor de combustão interna para produzir energia adicional	••
	Y02T010/163	Motores <i>Turbocompound</i>	•••
	Y02T010/166	Ciclo de recuperação de calor residual ou sistemas termoelétricos	•••
	Y02T010/17	Motores de pistão não alternativos, por exemplo: motores rotativos	••
	Y02T010/18	Variando as características de operação da válvula de admissão ou de escape	••
	Y02T010/20	Pós-tratamento de escape	••
	Y02T010/22	Tecnologia de catalisador de três vias, ou seja, oxidação ou redução na proporção de equivalência estequiométrica	•••
	Y02T010/24	Reatores catalíticos seletivos para reduzir a emissão de poluentes para a atmosfera	•••
	Y02T010/26	Condicionamento térmico do pós-tratamento de escape	•••
	Y02T010/30	Uso de combustíveis alternativos	••
	Y02T010/32	Combustíveis gasosos	•••
	Y02T010/34	Combustíveis não gasosos	•••
	Y02T010/36	Combustíveis múltiplos, por exemplo: motores multi-combustível	•••
	Y02T010/38	Combustíveis não fósseis	•••
	Y02T010/40	Sistemas de gerenciamento de motores	••
	Y02T010/42	Controle do fornecimento do ar	•••
	Y02T010/44	Controlando o abastecimento de combustível	•••
	Y02T010/46	Controlando a ignição	•••
Y02T010/47	<i>Feedback</i> de escape	•••	

Quadro 12 - Estrutura selecionada na busca de patentes da Plataforma Questel Orbit

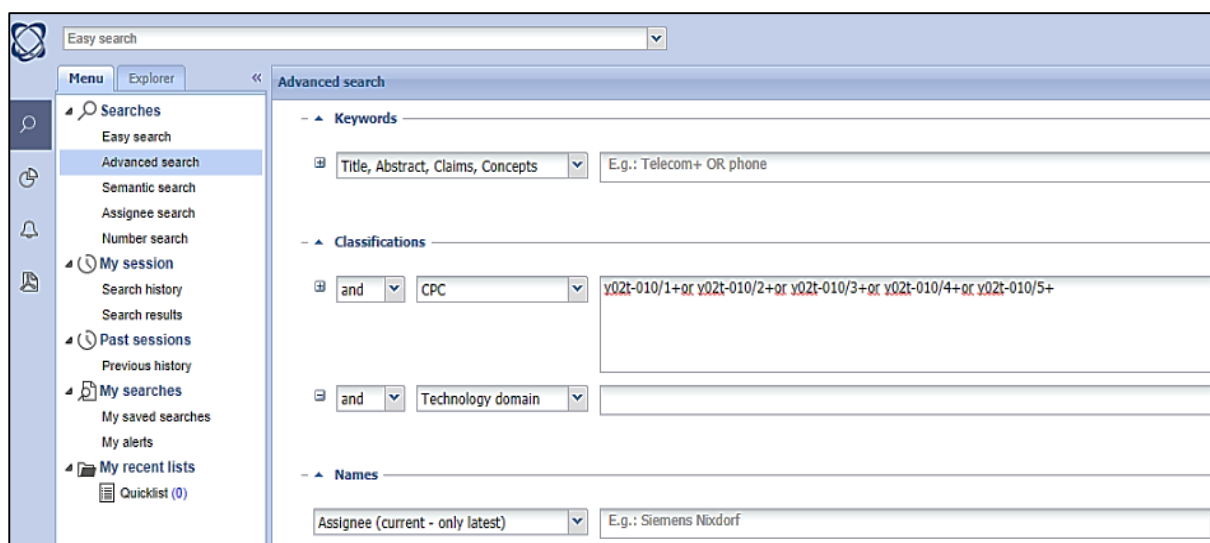
(Conclusão)

Subgrupo	Y02T010/48	Desligar o motor de combustão interna, por exemplo: parar e ir	●●●
	Y02T010/50	Sistemas de controle inteligentes	●●
	Y02T010/52	Relativo ao consumo de combustível do motor de combustão interna	●●●
	Y02T010/54	Relativo às emissões do motor de combustão interna	●●●
	Y02T010/56	Otimizando o ponto de operação do <i>drivetrain</i>	●●●

Fonte: Elaborado pelo autor com base no Escritório Europeu de Patentes (2018).

Não foram consideradas as demais subclasses (Y02A, Y02B, Y02C, Y02D, Y02E, Y02P e Y02W) e subgrupos da seção Y02T porque não relacionavam-se com o escopo da pesquisa. Contemplavam questões como o tratamento de águas residuais ou gestão de resíduos, do transporte marítimo ou fluvial, da aeronáutica ou transporte aéreo, de edifícios e de tecnologias de informação, entre outros (EPO, 2018). Assim, foi necessário desconsiderar as subclasses e subgrupos a fim de aumentar a precisão (capacidade de evitar documentos desnecessários para a pesquisa) dos dados. Desse modo, a estratégia de busca de patentes referentes ao tema da pesquisa foi a seguinte: **“Y02T-010/1+OR Y02T-10/2+OR Y02T-10/3+OR Y02T-10/4+OR Y02T-10/5+”**. A Figura 13 representa a estratégia de busca utilizada na Plataforma Questel Orbit para realizar a patentometria.

Figura 13 - Estratégia de busca utilizada na Plataforma Questel Orbit



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Foi necessário realizar um recorte temporal a fim de se identificar as tecnologias emergentes e as tendências de novos produtos para o setor de máquinas agrícolas que buscam reduzir as emissões de poluentes. Por isso, o intervalo de tempo utilizado nas buscas de patentes foi de 2006 até 2017. Os dados foram extraídos em 14 de Novembro de 2017, com a finalidade de obter a maior quantidade de patentes já publicadas até o presente momento. Pois, a publicação de patentes segue uma dinâmica própria, com procedimentos específicos de publicação de acordo com os diferentes países, em especial, com relação a fase do sigilo (18 meses da data de depósito) dos documentos, que faz com que qualquer base de dados ou ferramenta de busca recupere apenas documentos que já tenham sido publicados definitivamente (MOTTA e QUINTELLA, 2012; BIAGGI, 2017).

É importante mencionar o conceito de família de patente na pesquisa para posteriormente facilitar o entendimento dos resultados. De um modo geral, uma família de patentes é um grupo de invenções que, tal como uma família, estão todas relacionadas entre si, neste caso por meio da prioridade, ou prioridades, de um documento de patente específico (EPO, 2018). Para a análise das famílias de patentes foi considerado as diretrizes que constam no EPO. Isso é relevante, pois diferentes bancos de dados usam diferentes definições de famílias de patentes, o que significa que os membros da família para uma invenção particular podem ser diferentes de um banco de dados para outro (EPO, 2018).

Quanto a opção da Plataforma Questel Orbit, justifica-se em razão de ser um sistema de busca e análise de informações contidas em patentes e desenhos industriais disponível para ser utilizado em pesquisas acadêmicas na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). O sistema apresenta ferramentas para análises estatísticas, que permitem gerar uma visualização de gráficos de grandes conjuntos de patentes (GARCIA e MOTTA, 2014). A cobertura da base Questel Orbit é de 96 países e de 100 escritórios de patentes com dados de 8,6 milhões de empresas (BIAGGI, 2017). Além disso, o Questel Orbit é um dos principais provedores de informações de propriedade intelectual utilizado para realizar pesquisas acadêmicas (FAGUNDES et al., 2014; SOUZA et al., 2017).

3.2 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Para alcançar os demais objetivos da pesquisa foram desenvolvidos outros passos metodológicos. Todos eles estão relacionados com a estruturação geral da pesquisa e seguem uma ordem cronológica que possibilita avançar na definição do foco do trabalho.

3.2.1 Estratégias Seleccionadas para a Pesquisa

O escopo das pesquisas científicas condizem, de forma simples, em procurar respostas para indagações propostas. De modo geral, a finalidade da pesquisa foi investigar e encontrar soluções para um determinado problema, que têm por base artifícios racionais e sistemáticos, mediante a utilização de procedimentos científicos (LAKATOS e MARCONI, 2010). Existem várias formas de classificar as pesquisas. Nesse contexto, é apresentado no Quadro 13 as classificações e tipologias seleccionadas para a pesquisa e o método científico.

Quadro 13 - Classificação e tipologia da pesquisa

Classificação	Tipologia da Pesquisa
Natureza	Básica
Abordagem	Qualitativa
	Quantitativa
Objetivos	Exploratória
	Descritiva
Procedimento	<i>Survey</i>
	Bibliográfico
Método Científico	
Análise Dedutiva	

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Conforme apresentado, do ponto de vista da sua natureza, a pesquisa caracteriza-se por ser básica. Segundo Gil (2012), tratam-se de pesquisas que são voltadas para à aquisição de conhecimentos novos e úteis para o avanço da ciência. Envolve informações de amplas áreas com vistas às soluções de reconhecidos problemas práticos como na engenharia e ciências agrárias. Logo, o cenário internacional de limites de emissões se enquadra nesses aspectos, visto que no Brasil o tema para normalizar motores de máquinas agrícolas é atual e engloba conhecimentos de diferentes âmbitos, como: sustentabilidade, mercado de máquinas agrícolas, gases poluentes de motores de combustão interna e seus limites de emissões.

A pesquisa, quanto à sua abordagem, classifica-se como qualitativa e quantitativa (LAKATOS e MARCONI, 2010). Ela é qualitativa, pois preocupa-se com o aprofundamento da compreensão acerca dos impactos de emissões da mecanização agrícola brasileira, que são conducentes para o aumento dos GEE na atmosfera, tendo em vista compreender, descrever e explicar esse contexto. Ela é quantitativa, pois emprega dados secundários para representar a situação do Brasil no contexto mundial de consumo de combustíveis fósseis, nas classes de potências e nas participações dos fabricantes de máquinas agrícolas.

Com relação aos seus objetivos, a pesquisa pode ser classificada como exploratória e descritiva. Conforme Gil (2012), a pesquisa exploratória proporciona maior familiaridade com o problema, possibilitando assim, novas vistas para torná-lo explícito. A pesquisa enquadra-se como descritiva em razão das características da fundamentação teórica que descrevem o fenômeno em estudo, perfazendo o uso do formulário para a coleta de dados.

Do ponto de vista dos procedimentos adotados, a pesquisa condiz com o *survey* (levantamento de campo) e a RBS. O *survey* foi utilizado para obter informações e conhecimentos acerca da problemática da pesquisa, para a qual se procura uma resposta para os novos fenômenos e relações (LAKATOS e MARCONI, 2010; GIL, 2012). O tipo de pesquisa de campo selecionado para o estudo trata-se do exploratório-descritivo, que têm o objetivo de descrever quais foram os impactos sofridos pelos fabricantes de máquinas agrícolas com à regulamentação do PROCONVE MAR-I. A RBS teve início com o levantamento de referências teóricas já analisadas e publicadas (CONFORTO, AMARAL e SILVA, 2011). Destaca-se que na fundamentação teórica as fontes de informações destinadas para a pesquisa fundamentaram-se em dados atuais que representassem a relevância da temática do estudo.

A pesquisa emprega o método científico dedutivo para proporcionar às bases lógicas da pesquisa (GIL, 2012). Sua finalidade consiste em representar, de modo geral, o cenário internacional dos limites de emissões de poluentes das máquinas agrícolas e posteriormente particularizar com a legislação brasileira PROCONVE MAR-I.

3.2.2 Coleta e Análise dos Dados

3.2.2.1 Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS)

O desenvolvimento da parte inicial da pesquisa englobou diferentes fatores como às atividades de pesquisa e os procedimentos determinados para a coleta de dados, que foram

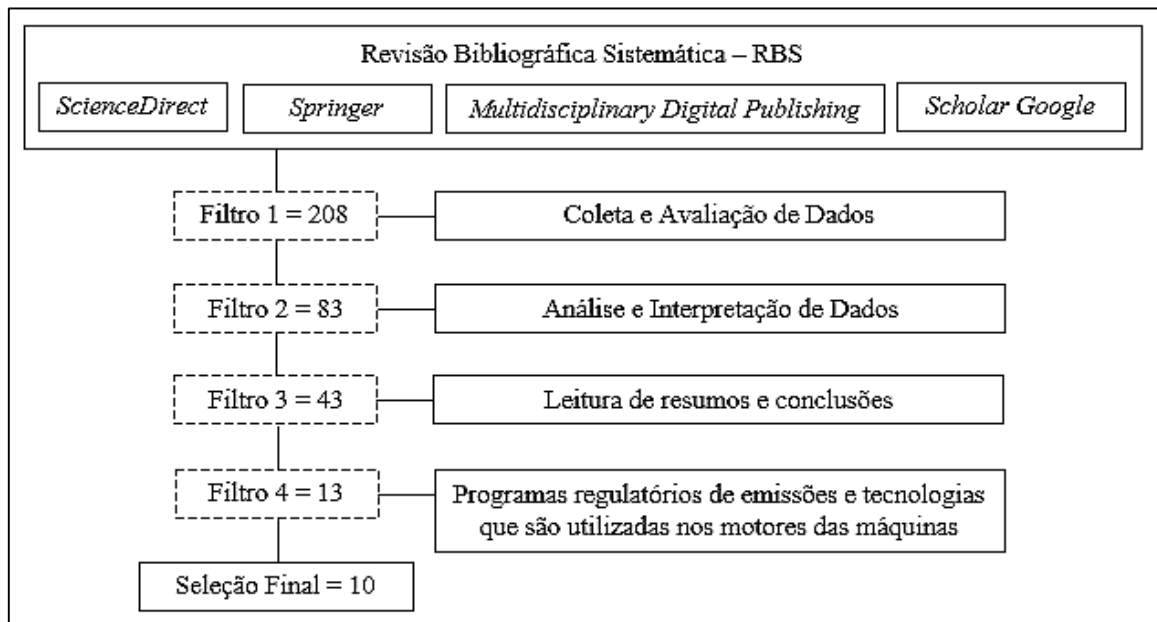
possíveis, mediante a RBS. Desse modo, pode-se explorar e contextualizar a importância da temática da pesquisa, possibilitando o desenvolvimento da fundamentação teórica (CONFORTO, AMARAL e SILVA, 2011). As fontes utilizadas envolvem estudos científicos relevantes, programas legislativos, livros e demais referências que em suas amplitudes caracterizam-se por serem atuais.

Todos os artigos foram selecionados devido à sua abrangência e relevância. Para realizar as buscas avançadas nas bases de dados, foi necessário fazer uso de operadores lógicos. Posteriormente, foi preciso estabelecer as palavras-chave (sem aspas e sem refinamento por área de conhecimento) a serem utilizadas no levantamento teórico nos bancos de dados. Foram selecionados somente trabalhos escritos em inglês ou português e documentos do tipo “*article*” e “*review*”. Para os arquivos disponíveis na íntegra, foi necessário realizar uma leitura completa e suas referências foram observadas (*snowballing*) para garantir que outros trabalhos relevantes não tenham sido detectados na pesquisa original.

Foram utilizadas as seguintes bases: *ScienceDirect*, *Springer*, *Multidisciplinary Digital Publishing Institute* e o *Scholar Google*. A metodologia utilizada foi do tipo “booleana”, correlacionando as seguintes palavras-chave: *emiss* control**, *agriculture* machinery** e *innovat* technology**. Dessa forma, a pesquisa contemplou publicações compreendidas entre os anos de 2010 a 2017 que apresentassem os termos requeridos em seus *abstracts*. Dentre os aspectos que justificam a seleção das publicações que fazem parte do Quadro 1, está a relevância do estudo e a temática.

Após a aplicação da filtragem que teve como base os critérios explícitos anteriormente, foram identificados 208 artigos. Foram excluídos 125 artigos que não apresentavam relação com a temática da pesquisa. Sucessivamente, avaliou-se os resumos que contemplavam os termos estabelecidos inicialmente e excluiu-se outros 40 trabalhos, os quais davam ênfase às emissões de poluentes resultantes dos veículos rodoviários como carros e caminhões. Por fim, outra filtragem foi realizada com destaque para a introdução e a conclusão, sendo excluídos respectivamente mais 30 trabalhos. Assim, teve-se como material para pesquisa 13 trabalhos, dentre os quais, 10 foram selecionados por conter maior número de detalhes sobre os programas regulatórios de emissões e as tecnologias que são utilizadas nos motores das máquinas agrícolas para reduzir as emissões de poluentes. O fluxo metodológico determinado na RBS da pesquisa está exposto na Figura 14.

Figura 14 - Apresentação do fluxo metodológico da RBS



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

A pesquisa procurou selecionar diferentes abordagens com a finalidade de descrever o histórico da implementação das primeiras regulamentações de controle de emissões para máquinas agrícolas e demonstrar os sistemas de pós-tratamentos que estão presentes na literatura científica, com a finalidade de analisar a evolução e o progresso das legislações e de tecnologias que são utilizadas para atender os objetivos da COP21. A partir da RBS foi possível identificar que o contexto da pesquisa é pouco difundido no meio acadêmico.

3.2.2.2 Levantamento Tipo Survey

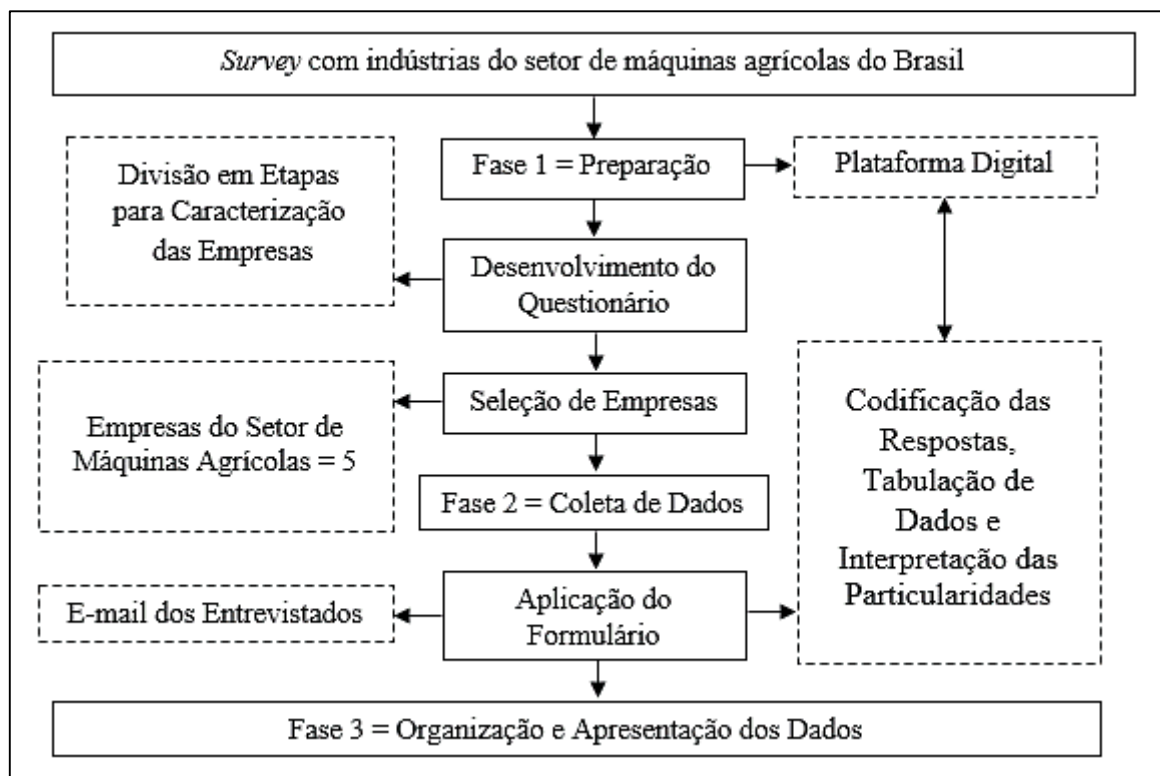
Para dar prosseguimento na condução da pesquisa, foi necessário elaborar um instrumento de coleta de dados. Desse modo, determinou-se a utilização do formulário, em virtude de suas características situarem-se entre o questionário e a entrevista (LAKATOS e MARCONI, 2010). O formato das respostas do formulário divide-se em abertas e dicotômicas. O questionamento aberto faz com que os respondentes fiquem livres para contraporem com suas próprias palavras, sem se limitarem a escolha entre um rol de alternativas. As questões dicotômicas, apresentam apenas duas opções (sim/não) e, por vezes, uma terceira alternativa é

oferecida (outros), indicando desconhecimento ou falta de opinião sobre o assunto (BORREGO et al., 2014). Ressalta-se que a avaliação das informações do formulário é fundamental, pois procura verificar se todas as perguntas foram respondidas adequadamente e se as respostas não denotam problemas de entendimento (GIL, 2012). Destaca-se que o estudo foi realizado com indústrias do setor de máquinas agrícolas do Brasil e seus respectivos especialistas.

A elaboração do instrumento de pesquisa foi dividida em três planilhas eletrônicas estruturadas, utilizando o programa *Google Docs*. Na primeira planilha (APÊNDICE A), constava a elaboração de uma carta convite, que apresentava um texto padrão a ser enviado por *e-mail* aos especialistas das empresas selecionadas para participar da pesquisa. A segunda planilha (APÊNDICE B), detalhava o termo de “confidencialidade e sigilo” proposto para a realização da pesquisa. Na terceira planilha (APÊNDICE C), havia o formulário elaborado para verificar: a) os sistemas de pós-tratamento para motores de máquinas agrícolas utilizados pelos fabricantes brasileiros; b) o planejamento estratégico das empresas para as máquinas agrícolas não-regulamentadas; c) como será realizado o controle das emissões das máquinas agrícolas após o lançamento dos novos modelos no mercado; d) que repreensões as empresas devem receber com o não cumprimento das diretrizes do PROCONVE MAR-I e; e) outras questões que se enquadravam com a temática do estudo.

Para o envio do instrumento de pesquisa (APÊNDICE A, B e C), os endereços eletrônicos dos especialistas foram retirados de artigos publicados pelas empresas e de seus respectivos *sites*. Porém, não são mencionados por questões de confidencialidade e sigilo. Tratam-se de funcionários que são responsáveis pelo setor de desenvolvimento de produtos e que possuem atuação na área de pesquisa de motores de máquinas agrícolas. O primeiro lote de *e-mails* foi enviado após a aprovação do trabalho na qualificação, sendo que logo após o primeiro envio dos formulários, teve um novo contato, a partir de lembretes via *e-mail*, sobre a importância da participação do membro do setor industrial para o sucesso do trabalho. Além disso, houve um segundo lembrete após 25 dias do envio do primeiro *e-mail* do instrumento de pesquisa. A Figura 15 demonstra sistematicamente as etapas realizadas no levantamento do tipo *survey* da pesquisa.

Figura 15 - Etapas realizadas no levantamento tipo *survey* da pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

As empresas nacionais do setor de máquinas agrícolas foram selecionadas com base em seu destaque e relevância social e econômica que possuem com o tema da pesquisa e por meio da utilização dos dados fornecidos pela Anfavea. Com a finalidade de manter o sigilo das empresas, utilizou-se letras para caracterizá-las (A, B, C, D e E). Para analisar as informações, as respostas foram codificadas e os dados foram tabulados com o objetivo de interpretar as particularidades de cada empresa. O formulário foi aplicado por meio do uso da plataforma digital *Google Docs*, que facilitou o armazenamento de arquivos e a formulação do questionário utilizando a internet como meio para aplicá-los nas empresas. Os procedimentos adotados para análise das informações foram: codificação das respostas, tabulação de dados e interpretação das particularidades. Os dados resultantes das empresas, conforme a Figura 15, foram utilizados como embasamento na avaliação da regulamentação do PROCONVE MAR-I.

É importante frisar que foram evitados os erros de cobertura, amostragem, não resposta e mensuração que costumam estar presentes em *surveys* (CARNEIRO e DIB, 2011). Destaca-se o erro de amostragem, que deriva da coleta de dados de somente um subgrupo da população

de interesse, ao invés de todos os membros desta população (todas as empresas fabricantes de motores de máquinas agrícolas do Brasil). A questão então passa a ser o grau em que a amostra poderia ser considerada ou não representativa da população (CARNEIRO e DIB, 2011).

Para a pesquisa, não houve a realização de uma amostra da população, pois no Brasil não existe uma lista completa de empresas que fabricam motores de combustão interna de ciclo Diesel para máquinas agrícolas. Desse modo, selecionou-se cinco empresas que estão relacionadas com o desenvolvimento de motores agrícolas para configurar uma análise da realidade do incremento do PROCONVE MAR-I. Logo, as empresas que não participaram da pesquisa podem conferir o levantamento de informações da pesquisa para verificar quais são as novas direções do desenvolvimento e às tendências para a formação dos novos motores de máquinas agrícolas.

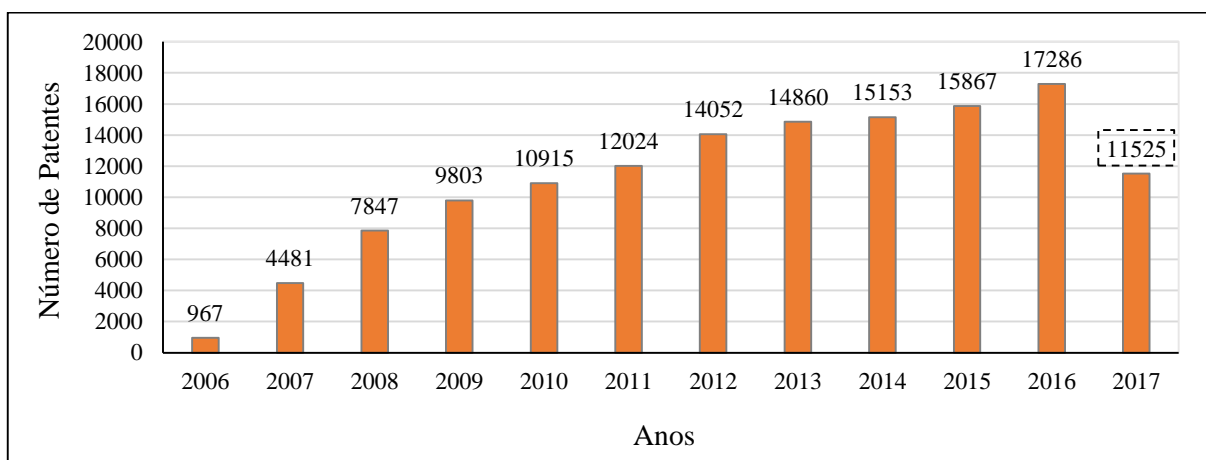
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo contempla os resultados obtidos e as análises e discussões referentes aos dados levantados, contextualizando e considerando as informações que foram expostas no referencial teórico. A primeira etapa (seção 4.1) trata de analisar as patentes em nível internacional no setor de transporte, dando ênfase para as máquinas agrícolas. Na segunda etapa (seção 4.2) são apresentados os dados de patentes no Brasil. Na terceira etapa (seção 4.3) estão subsídios que buscam esclarecer que impactos o PROCONVE MAR-I está causando nas empresas fabricantes de motores de máquinas agrícolas no Brasil.

4.1 PANORAMA INTERNACIONAL DE PATENTES PUBLICADAS

Os programas regulamentários desenvolvidos para as máquinas agrícolas são alternativas utilizadas para mitigar o impacto das emissões de poluentes para a atmosfera (DALLMANN et al., 2016). Além disso, são responsáveis pelo desenvolvimento de tecnologias que buscam controlar as emissões resultantes dos motores de ciclo Diesel das máquinas agrícolas (CAVALLO et al., 2014b). Na Figura 16, pode-se verificar que à medida que os programas de controle de emissões para motores não-rodoviário são desenvolvidos em um número crescente de países ao redor do mundo, como demonstrado na Figura 8, houve um aumento expressivo no número de patentes publicadas entre 2006 e 2017.

Figura 16 - Número de patentes publicadas entre 2006 e 2017

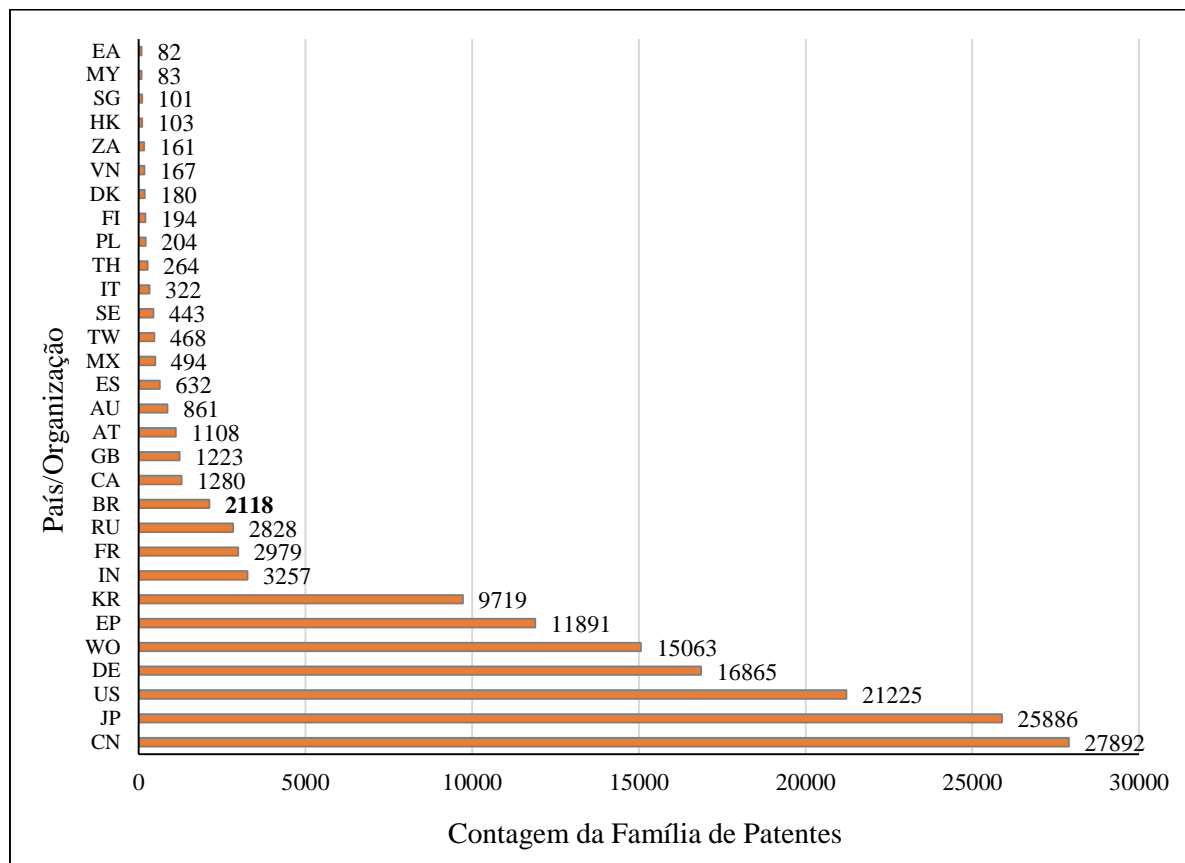


Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados obtidos na Plataforma Questel Orbit (2018).

A partir do incremento das normas ambientais, houve uma pressão de demanda para a inovação ambiental nos motores de máquinas agrícolas. Nota-se na Figura 16, que o ano de 2016 apresentou o maior número de publicação de patentes (17.286). O ano com menor número de patentes (967) publicadas foi 2006. Outro questionamento refere-se ao ano de 2017 (patentes publicadas até 14 de Novembro de 2017) e de 2016. Percebe-se que há uma redução significativa de aproximadamente 35% no número de patentes publicadas.

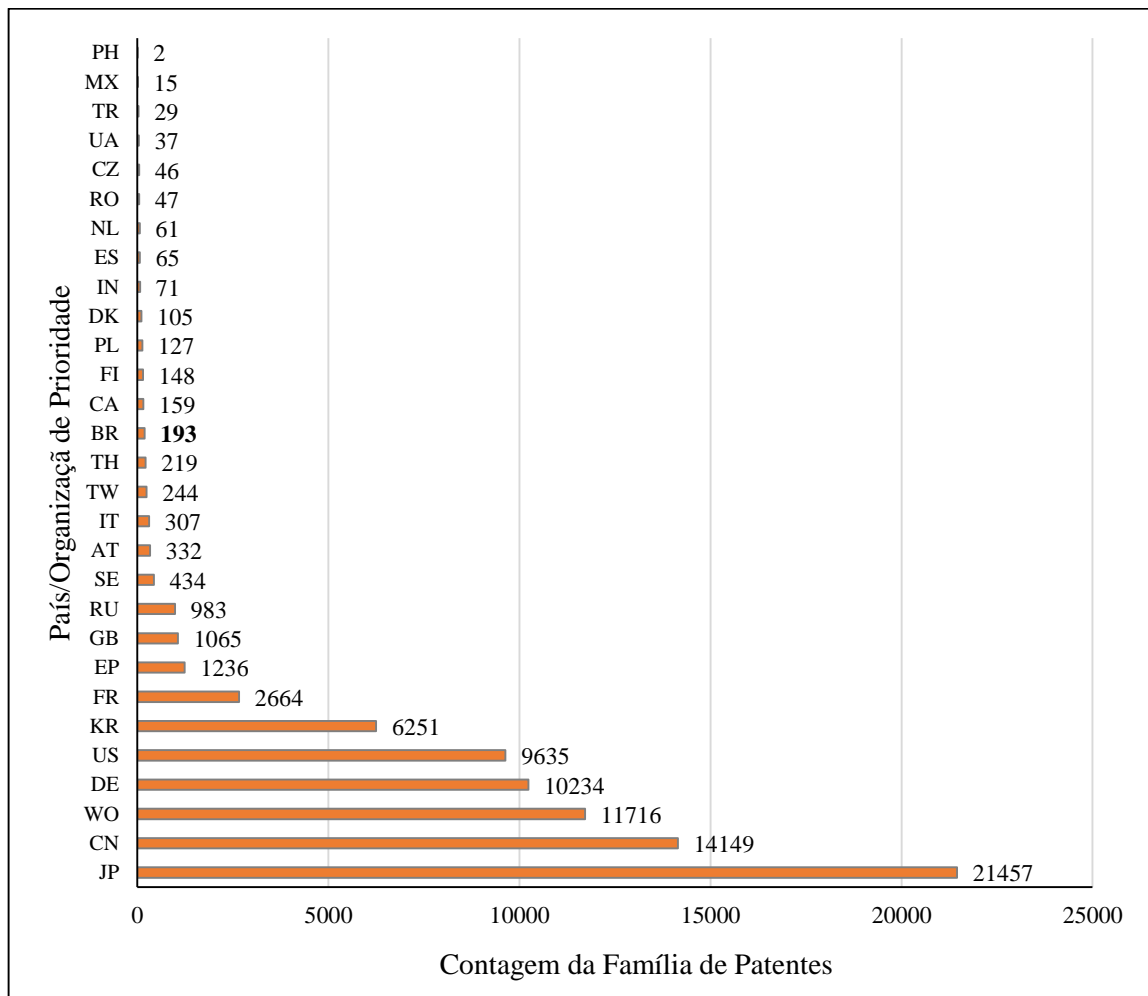
Na Figura 17 estão os principais países responsáveis pelas publicações de patentes no intervalo de tempo de 2006 à 2017. Após aplicar as estratégias de busca na Plataforma Questel Orbit, foi necessário delimitar 30 de 100 países que mais publicaram patentes. Como resultado, a China (CN) ficou em primeiro lugar, com 27.892 patentes publicadas, seguido do Japão (JP), que teve 25.886 publicações de patentes. O Brasil (BR), encontra-se no 11º lugar do ranking de países com maior número de publicações de patentes na seção Y que caracteriza-se por tratar dos novos desenvolvimentos tecnológicos. É interessante mencionar que a diferença do número de patentes publicadas entre a CN e o BR é de 92,4%.

Figura 17 - Países que publicaram patentes entre 2006 e 2017



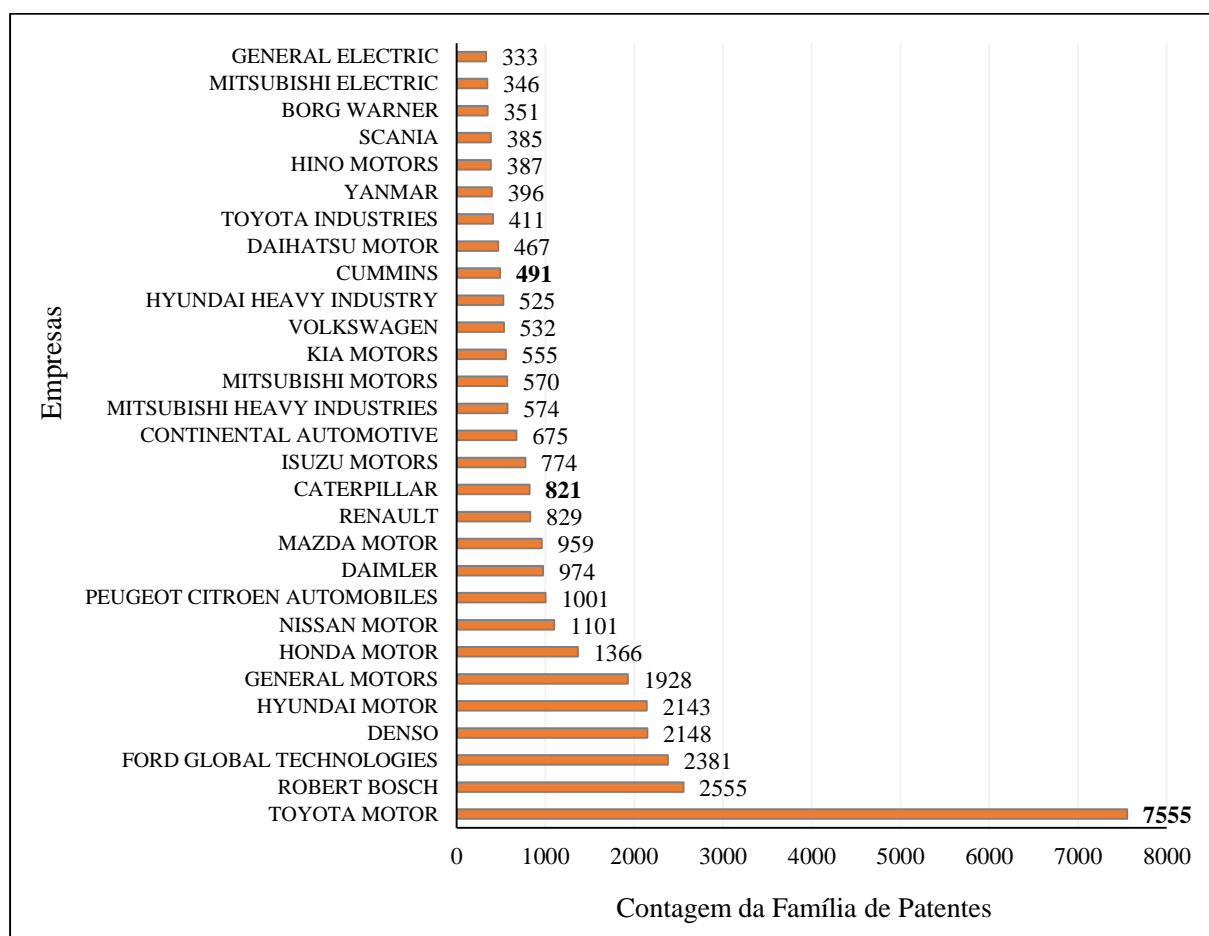
Na Figura 18 estão os países em que a patente é publicada pela primeira vez, ou seja, antes de (possivelmente) ser estendida a outros países. Percebe-se que o BR foi selecionado como país de prioridade em apenas 193 publicações de patentes. O país com a maior prioridade mundial é o JP (21.457), seguido pela CN que contempla 14.149 publicações. Para Rassenfosse et al. (2013), na seleção de prioridade do país é possível identificar quem são as economias que estão em desenvolvimento. Conforme o mesmo autor, problemas relacionados ao pedido de patente podem influenciar na escolha final da prioridade. Questões que abrangem a burocracia, o quadro insuficiente do pessoal para dar continuidade com os pedidos de patentes, o longo processo de análise e manutenção de equipes especializadas são problemas que interferem na seleção do país de prioridade.

Figura 18 - Países de prioridade para publicação de patentes entre 2006 e 2017



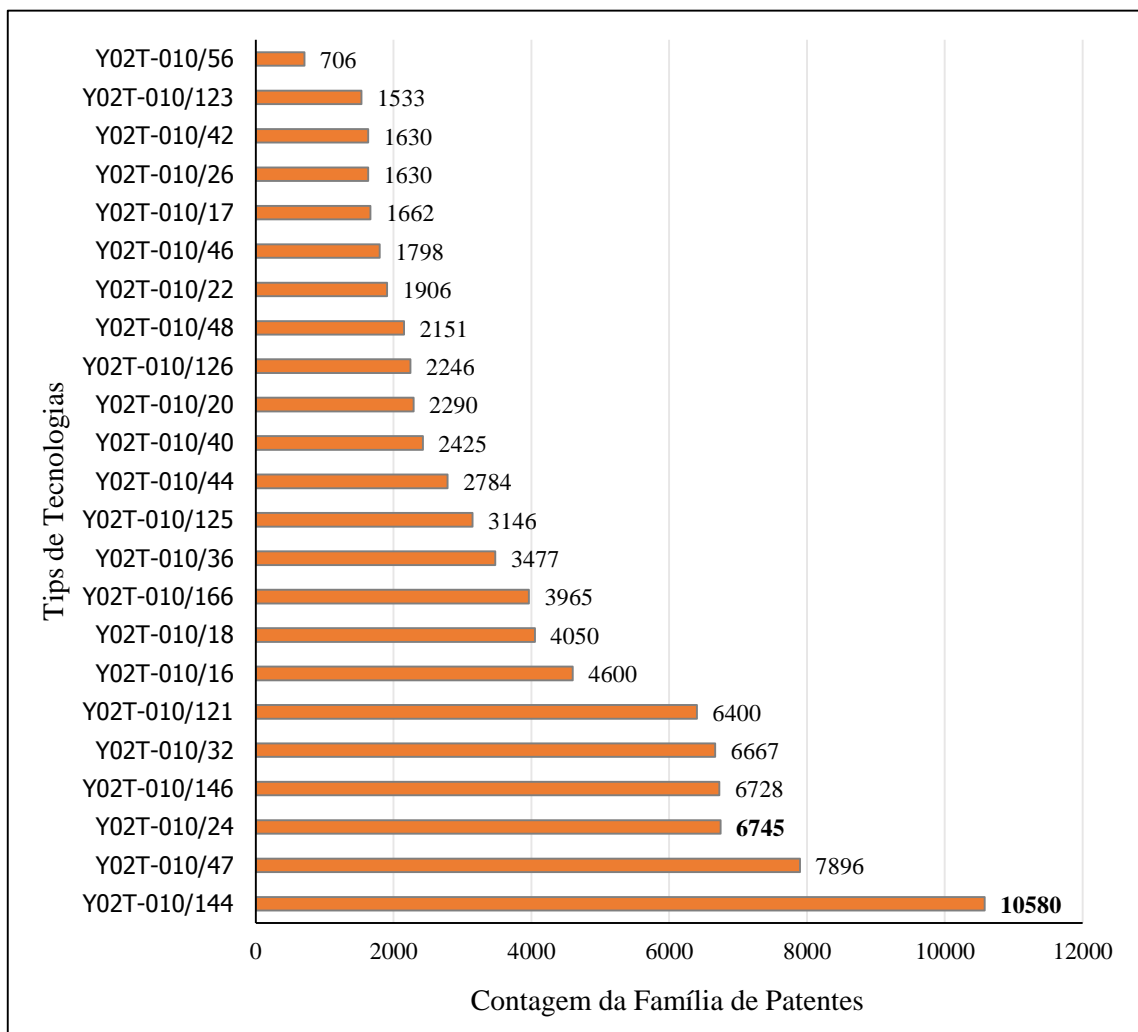
Na Figura 19 estão as principais empresas responsáveis pelas publicações de patentes. A empresa Toyota Motor foi a que mais teve publicações de patentes em nível mundial, cerca de 66,2% a mais que a segunda colocada Robert Bosch. Conforme Dallmann e Menon (2016), após os países entenderem a progressão das normas de emissões que foram desenvolvidas para os automóveis, foi dada uma importância para os veículos *off-road*. Segundo os autores, houve uma adequação das tecnologias de controle de emissões de motores automobilísticos para máquinas agrícolas por parte das empresas. Desse modo, entende-se que a Toyota Motor, que caracteriza-se pela atuação no setor automotivo, passou a desenvolver tecnologias para outras classes de transporte como máquinas agrícolas. Frisa-se as empresas Caterpillar e a Cummins, que atuam no Brasil, especificamente no âmbito da legislação do PROCONVE MAR-I, e que apareceram entre as 30 empresas mundiais que mais realizaram publicação de patentes.

Figura 19 - Empresas que realizaram publicações de patentes no contexto mundial



A Figura 20 apresenta as tecnologias relacionadas ao transporte que foram desenvolvidas para mitigar as mudanças climáticas. A tecnologia do símbolo Y02T-010/144 contempla o maior número de publicações de famílias de patentes (10.580). Tratam-se de patentes que foram desenvolvidas para o avanço de motores não aspirados naturalmente, por exemplo: turbo alimentação. Em máquinas agrícolas que possuem o sistema turbo alimento, há um incremento na potência e no torque, sem diminuir a vida útil do motor (DALLMANN e MENON, 2016; PHOUNGTHONG et al., 2017). É importante mencionar a tecnologia Y02T-10/24 (SCR), que é utilizada em países com altos padrões de controle de emissões e na pesquisa foi responsável por 6.745 publicações de patentes.

Figura 20 - Publicações de patentes em nível mundial das tecnologias utilizadas para mitigar as mudanças climáticas relacionadas com o transporte



À medida que os programas de controle de emissões para motores de máquinas agrícolas são desenvolvidos em um número crescente de países ao redor do mundo, é instrutivo verificar os dados da patentometria dos países pioneiros nas implementações das normas, como os EUA e a U.E. Conforme a Figura 17, os EUA (US) foram responsáveis por 21.225 publicações de patentes entre os anos de 2006 e 2017, aproximadamente 54,2% a mais que a U.E. (EP). A partir da Figura 18, nota-se que com relação a prioridade do país para realizar a publicação das patentes, a U.E. apresentam 12,8% a menos que os EUA. Para Shao (2016), as significativas participações dos EUA e da U.E no mercado de propriedade intelectual (patentes) justificam-se pelas reduções contínuas dos padrões de emissões. Além do que, os EUA e alguns países membros da U.E começaram a gerenciar equipamentos Diesel não-rodoviários em uso, buscando informações sobre os seus desempenhos ao mesmo tempo que fomentam à inovação no desenvolvimento de novos produtos e tecnologias para reduzir ainda mais as emissões de poluentes para a atmosfera.

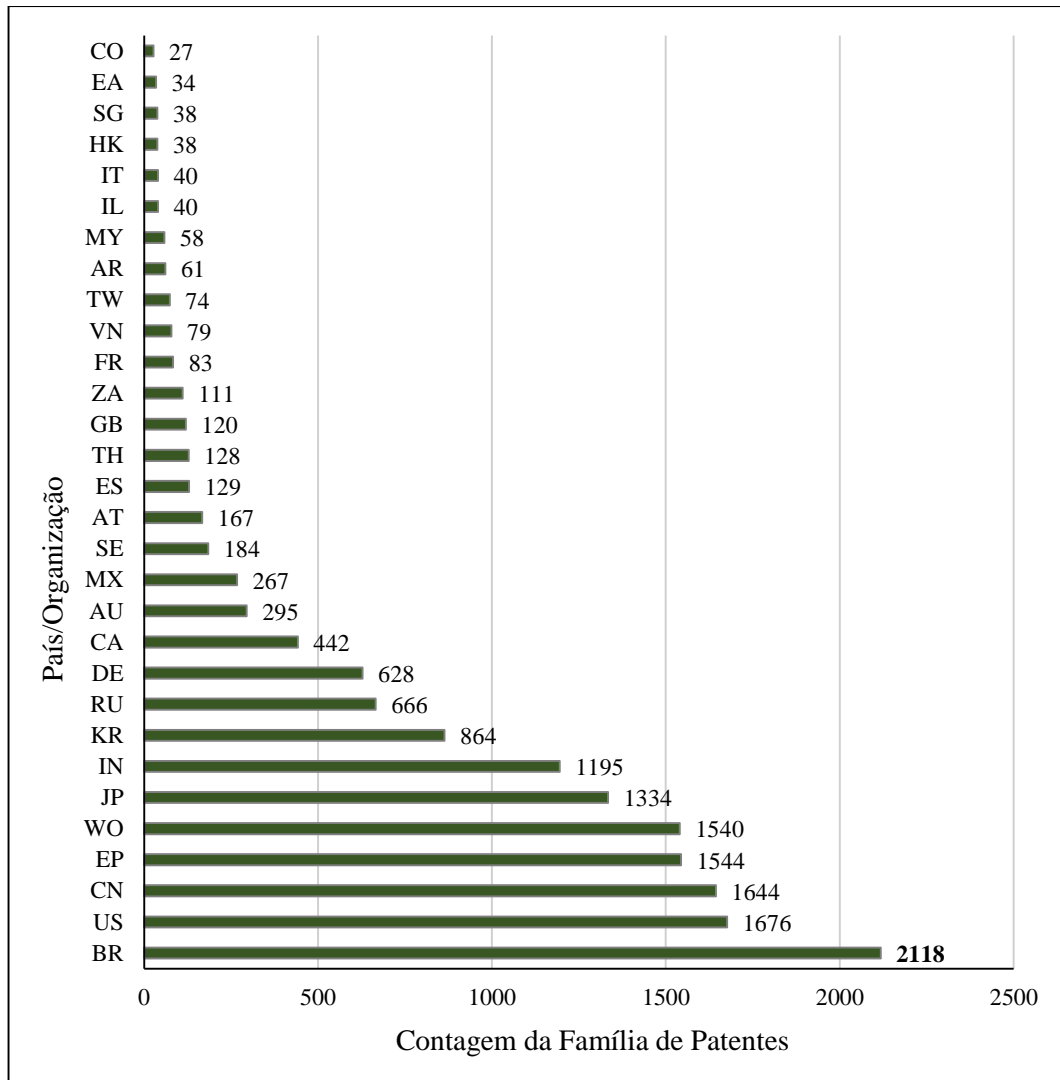
4.2 PANORAMA BRASILEIRO DE PATENTES PUBLICADAS

O documento de patente, embora caracterize-se por ser um acervo que estritamente contém informações técnico-produtivas, permite inferir uma prospecção tecnológica para o setor de máquinas agrícolas. Analisando as mais recentes invenções no ramo de atividades das empresas, é possível identificar os caminhos de pesquisas dos concorrentes e os seus respectivos estágios de avanço. Com isso, torna-se possível avaliar rotas de pesquisas, com o objetivo de desprezar aquela cujo potencial de fracasso ou de risco é elevado, a fim de evitar desperdícios de recursos (MACEDO e BARBOSA, 2000). Além disso, as informações de patentes permitem definir o estado da tecnologia em determinada área do mercado, inclusive conhecendo seus últimos avanços e aperfeiçoamentos.

Nesse contexto, é fundamental identificar quem são os países que publicam patentes no Brasil. Uma publicação de patente em determinado país pode ser considerada a existência de um mercado potencialmente relevante, mesmo que esse país possa, eventualmente, não apresentar capacidade industrial de produção do produto que é protegido pela patente (MACEDO e BARBOSA, 2000; GARCEZ JÚNIOR e MOREIRA, 2017). Na Figura 21 estão os principais países que publicaram patentes no Brasil entre os anos de 2006 e 2017. Nota-se que os EUA é o país que teve o maior número de publicações de patentes no Brasil, cerca de 20,8% a menos que o próprio Brasil. Pode-se justificar esse fato por meio da implementação de um acordo de exame compartilhado prioritário, denominado *Patent Prosecution Highway*

(PPH), que foi adotado pelo Brasil juntamente com os EUA para facilitar os processos de publicações de patentes entre os países.

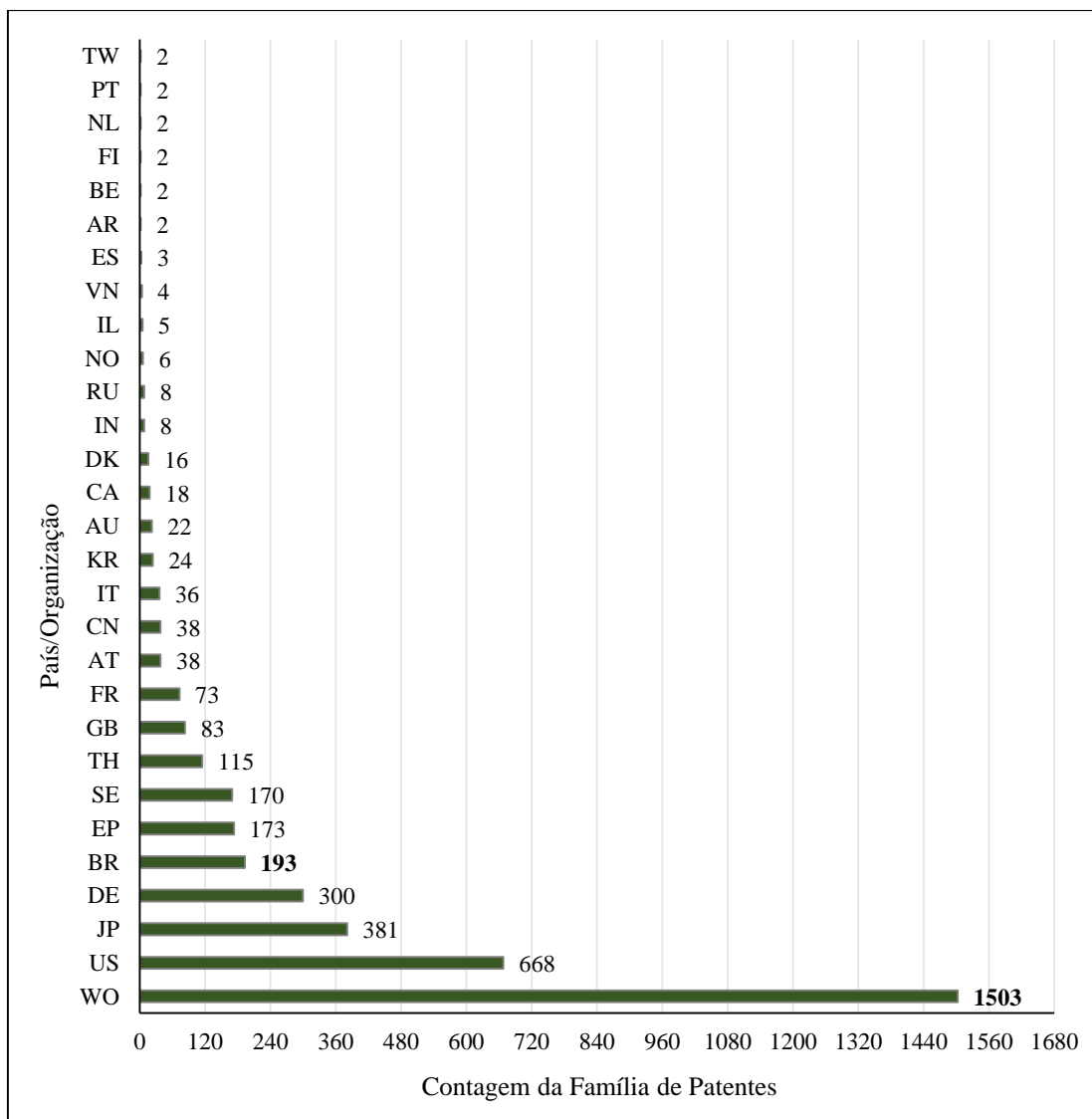
Figura 21 - Países que publicaram patentes entre 2006 e 2017



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados obtidos na Plataforma Questel Orbit (2018).

Conforme a Figura 22, o Brasil enquadra-se como país prioritário em apenas 193 publicações das patentes, ou seja, - 35,6% que a Alemanha (DE), - 49,3% que o Japão (JP) e - 71,1% que os EUA (US). Entre as organizações, destaca-se a Organização Mundial da Propriedade Intelectual (WO) que liderou o ranking com relação ao tópico de países de prioridade. Teve cerca de 88,5% a mais nas publicações de patentes que Organização Europeia de Patentes (EP).

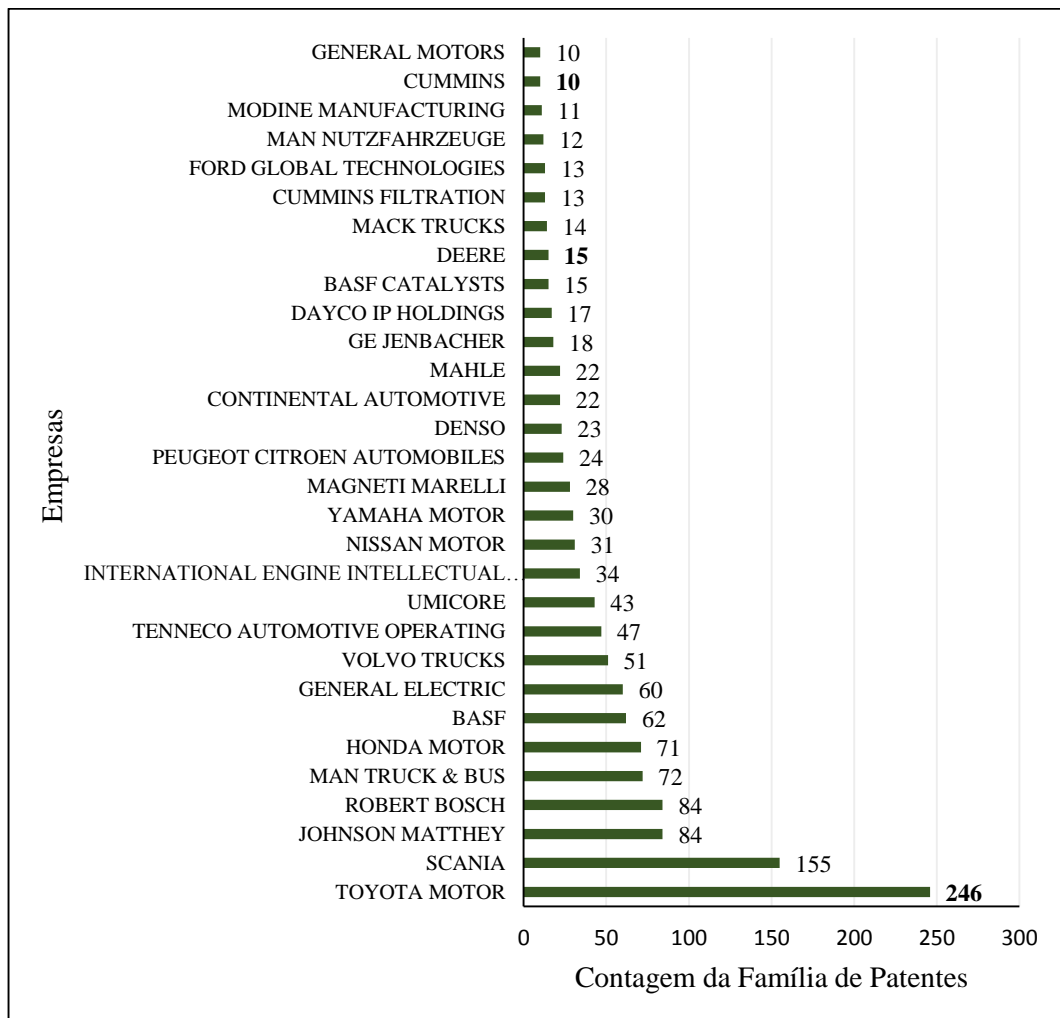
Figura 22 - Países de prioridade para publicação de patentes entre 2006 e 2017



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados obtidos na Plataforma Questel Orbit (2018).

No Brasil, a Toyota Motor destacou-se por ser a empresa que mais realizou publicação de patentes. Conforme a Figura 23, a Toyota Motor teve um total de 246 publicações de patentes. A segunda colocada foi a Scania, que concretizou 155 publicações de patentes. Porém, é fundamental reforçar e identificar a participação de empresas que são voltadas especificamente para o setor de máquinas agrícolas. A coleta de dados na pesquisa demonstrou que a empresa John Deere teve 15 publicações de patentes, enquanto que a Cummins foi agente determinante por outras 10 publicações. Em conjunto, as empresas John Deere e Cummins representam aproximadamente 10,2% do número de publicações realizadas pela Toyota Motor.

Figura 23 - Empresas que realizaram publicações de patentes no Brasil

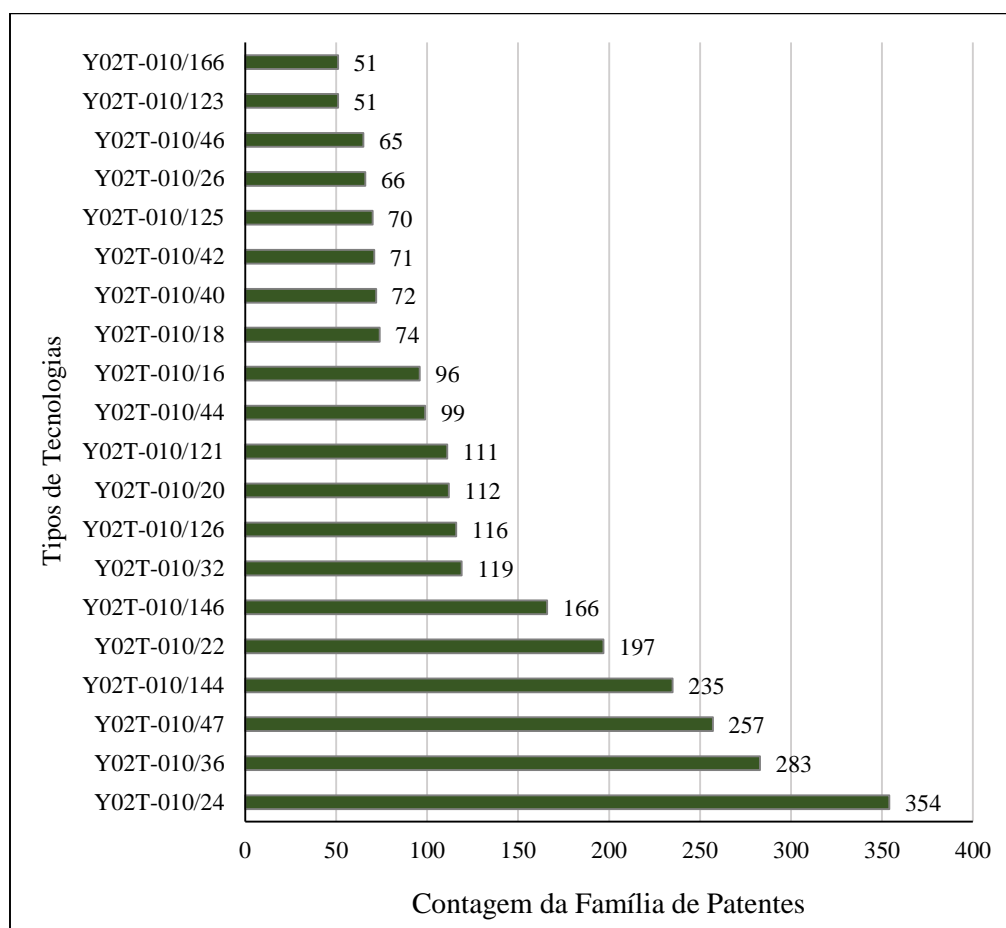


Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados obtidos na Plataforma Questel Orbit (2018).

Com relação às tecnologias desenvolvidas no Brasil que buscam atender a legislação do PROCONVE MAR-I, assim como outros programas regulamentários de outros países, destacam-se algumas tecnologia, tais como: i) Y02T-10/24 com 354 publicações de patentes - contempla o contexto tecnológico da SCR utilizadas para reduzir a emissão de poluentes para a atmosfera; ii) Y02T-10/144 com 235 publicações de patentes - envolve o desenvolvimento de patentes que buscam melhorar o desempenho dos motores que apresentam turbo alimentação; e iii) Y02T-10/20 com 112 publicações de patentes - que trata dos sistemas de pós-tratamento de escape. Percebe-se que a tecnologia do símbolo Y02T-10/144 esteve presente nas publicações de patentes em nível internacional e no Brasil. A Figura 24 apresenta as publicações

de patentes das demais estratégias tecnológicas desenvolvidas para mitigar as mudanças climáticas relacionadas com o transporte no Brasil.

Figura 24 - Publicações de patentes no Brasil das tecnologias de mitigação de mudança climática relacionadas com o transporte



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados obtidos na Plataforma Questel Orbit (2018).

Conforme pesquisas realizadas por Lee et al. (2010), a indústria automotiva dos EUA tornou-se altamente competitiva após a adoção de regulamentos que limitam as emissões de poluentes. Segundo os autores, as empresas que foram afetadas por medidas regulamentares inovaram (realizaram pedidos de patentes de suas invenções e obtiveram as patentes quando emitidas) cada vez que novas normas de emissões foram determinadas. Nesse contexto, verifica-se que as empresas de motores de máquinas agrícolas no Brasil devem seguir os mesmos passos. Pois, a regulamentação do PROCONVE MAR-I deverá ter outras fases e assim,

exigirá das empresas o incremento de inovações nos novos produtos para atender os padrões de emissões que forem propostos.

Para Castro (2004), as empresas do setor de máquinas agrícolas não podem se privar de acompanhar as inovações porque ciência e tecnologia crescem independentemente de suas condições e também, porque são importantes aspectos que devem ser avaliados para que sejam competitivas em seus nichos de mercado. O autor ainda afirma que grande parte das inovações que ocorrem no setor agrícola, especificamente com relação às máquinas agrícolas, são externas às empresas. Desse modo, falhas na introdução de novos produtos, podem resultar no aumento participativo da concorrência no mercado (ROMANO, 2013).

Porém, no Brasil os investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) no setor de máquinas agrícolas não são equivalentes quanto a sua influência para o equilíbrio comercial da economia (ANFAVEA, 2017a). Como há uma complexidade presente nas máquinas agrícolas, tem-se a incorporação de componentes de maior tecnologia, geralmente, fabricados por empresas especializadas, o que implica em crescentes inovações e na descentralização do processo de manufatura (ROMANO, 2013). Isso proporciona um envolvimento das empresas de máquinas agrícolas com outros setores industriais, e exige novos modelos de desenvolvimento de produtos que permitem estabelecer formas de relacionamento entre os diversos setores envolvidos na cadeia produtiva (CARVALHO, 2008; AVILA e BORSATO, 2014). Assim, as empresas de máquinas agrícolas não ficam dependentes de programas governamentais que fornecem capital para incentivar a P&D e podem dar continuidade ao avanço no desenvolvimento de novos produtos.

4.3 AVALIAÇÃO DA LEGISLAÇÃO DO PROCONVE MAR-I NAS EMPRESAS DE MOTORES DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS

Considerando que o PROCONVE MAR-I está em seu estágio inicial no Brasil e por existir poucas empresas difundidas e colaboradores diligentes com esse contexto, foi realizado um levantamento de dados e informações com cinco fabricantes de motores para o segmento de máquinas agrícolas. Destaca-se que todas as empresas selecionadas para compor a pesquisa configuram-se como de grande porte, ou seja, possuem mais de 500 funcionários (PASSOS e CALANDRO, 1999). Com relação ao perfil dos entrevistados é interessante analisar que todos fazem parte da área de produto e assim, numa visão macro, participam do planejamento do projeto (conceito e planejamento), projeto do produto (desenvolvimento e validação) e da

realização do produto (lançamento) (ROMANO, 2013). O Quadro 14 apresenta sistematicamente a caracterização das empresas analisadas na pesquisa.

Quadro 14 - Caracterização sistemática das empresas participantes da pesquisa

Empresa	Função do Respondente	Linha de Atuação
A	Gerente de Produto	Caminhão, ônibus, construção, agricultura, marítimos
B	Especialista em Marketing de Produto	Veicular, agricultura, construção, marítimos, geração de energia
C	Gerente de Produção	Agrícola, construção
D	Gerente da Engenharia de Produto	Agrícola
E	Analista de Engenharia de Produto	Veicular, industrial, agrícola, geração de energia, marítimos

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Conforme o Quadro 14, apenas a empresa D possui participação específica no mercado brasileiro de máquinas agrícolas. As demais empresas são responsáveis pelo desenvolvimento de motores em diferentes setores. Porém, todas as empresas da pesquisa apresentam relações globais competitivas. Para Kovtun e Ignatyuk (2014), a globalização proporciona para as empresas diferentes vantagens econômicas, como a possibilidade de desenvolvimento de grandes oligopólios transnacionais. Assim, pode-se justificar porque há poucos fabricantes de máquinas agrícolas no Brasil (ANFAVEA, 2017a).

Inicialmente, foi analisado se as empresas contemplavam algum regulamento ou lei nos seus projetos de desenvolvimentos de produtos. Desse modo, obteve-se como resposta há afirmação de todas as empresas, assim como houve a demonstração de que possuem conhecimento sobre as diretrizes da regulamentação do PROCONVE MAR-I. Além disso, as empresas A, B e E utilizam metodologias de gestão de projetos para que a corporação sistematize corretamente seus objetivos e estratégias e consiga concretizá-los. Segundo as mesmas empresas, a partir do gerenciamento de projetos é possível sistematizar o desenvolvimento de produtos e então se ter uma visão holística de todos os projetos da

organização, suas fronteiras e relacionamentos entre as diferentes partes envolvidas em suas execuções. Para os autores Antonello, Romano e Martins (2015), além de aumentar o controle sobre as variáveis do projeto, o processo de sistematização e o uso de metodologias no desenvolvimento de produtos contribuem para a comunicação entre a equipe de projeto e facilita seu planejamento e organização. As empresas C e D responderam que são empregadas estratégias em seus desenvolvimentos de produtos porém, não informaram de que maneira e quais procedimentos são adotados.

Na visão das empresas A, C e D os impactos que devem ser absorvidos pelos seus clientes em função da adoção de novas tecnologias e dispositivos para as máquinas agrícolas resultantes da aplicação do PROCONVE MAR-I vão envolver diretamente o aumento dos custos no produto final. Após incrementar as máquinas agrícolas com sistemas inovadores que reduzem as emissões de poluentes, haverá em contra partida, acréscimo no valor agregado ao produto pelas empresas. Para as empresas B e E o mercado de máquinas agrícolas deverá sofrer com as mudanças tecnológicas após o término dos estoques obsoletos (máquinas produzidas antes do PROCONVE MAR-I). Além disso, com o corte parcial ou total dos investimentos públicos em linhas de créditos rurais que visam a aquisições de máquinas agrícolas novas, o mercado poderá ser prejudicado nas vendas e produções nos próximos anos.

Como todas as empresas são participativas no mercado internacional de máquinas agrícolas, suas tecnologias são difundidas. Isso, facilitou a rápida aceitação das exigências do PROCONVE MAR-I em todas as empresas analisadas na pesquisa. Porém, para as demais empresas da cadeia produtiva, são necessárias mudanças e adaptações em suas estratégias tecnológicas para que possam acompanhar a evolução e o progresso dos concorrentes.

As tecnologias utilizadas para alcançar os níveis permissíveis de poluentes determinados pelo PROCONVE MAR-I apresentaram semelhanças nas diferentes empresas estudadas. Tratam-se de tecnologias que, em grande parte, já eram utilizadas por países que apresentavam padrões no controle de emissões para máquinas agrícolas. Como o Brasil possui limites de emissões superiores, se comparado com as exigências dos EUA e da U.E., percebe-se que houve uma transferência de tecnologia não tão inovadora. É importante explicitar que as tecnologias são fabricadas no Brasil porém, nem todas são adotadas para os fins do PROCONVE MAR-I. O Quadro 15 demonstra as tecnologias que são utilizadas nos diferentes projetos de motores de máquinas agrícolas das empresas que fazem parte da pesquisa.

Quadro 15 - Tecnologias utilizadas nos motores de máquinas agrícolas

Empresa	Tipos de Tecnologias Utilizadas no Controle de Emissões de Poluentes
A	EGR, DPF, SCR (<i>Air Assisted</i> e <i>Air Less</i>), Catalisadores de Oxidação Diesel (DOC), Turbo com Geometria Fixa, Turbos Valvulados – <i>Wastegate</i> (turbocompressores), Turbos de Geometria Variável, Sistema de Duplo Estágio.
B	Sistema de injeção <i>Common Rail</i> , Sistema de injeção <i>Unit Injector</i> , Sistema de Injeção <i>Multi Point Injectio</i> , SCR, HI-eSCR, EGR, DPF, Catalisadores de Oxidação Diesel (DOC), Turboalimentado com Pós-arrefecedor, Turbocompressor de Geometria Variável, Turbocompressor Duplo Estágio.
C	Sistema de injeção <i>Common Rail</i> , EGR, Turbos de Geometria Variável, Turboalimentado, DPF.
D	Turbo <i>aftercooler</i> , iEGR, SCR.
E	Sistema de injeção <i>Common Rail</i> , Sistema de injeção <i>Unit Injector</i> , Sistema de Injeção <i>Multi Point Injectio</i> , DPF, EGR, SCR, Turbocompressor de Geometria Variável.

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

A partir do Quadro 15, pode-se verificar que todas as empresas utilizam o sistema de SCR para controlar as emissões de poluentes dos motores de máquinas agrícolas. Conforme Resitoglu e Keskin (2017), o SCR é utilizado em maior escala, pois é a melhor alternativa para reduzir NO_x. Além disso, sistemas tecnológicos de controle do ar no cilindro do motor (turbocompressor) que reduzem especificamente o PM, CO e HC, também são empregados em grande parte das empresas analisadas (DALLMANN e MENON, 2016).

Com relação às máquinas agrícolas que apresentam alto grau de obsolescência, é importante identificar o que as empresas estão desenvolvendo para os motores que foram produzidos antes da regulamentação do PROCONVE MAR-I. Nesse contexto, destaca-se que todas as empresas afirmaram que possuem pesquisas que visam desenvolver uma tecnologia capaz de ser acoplada nas máquinas agrícolas antigas para reduzir as emissões de poluentes dos seus motores. Porém, o custo do equipamento deverá ser elevado ao passo que o PROCONVE MAR-I não contempla a homologação dos motores desenvolvidos antes da sua implementação. Desse modo, para haver uma rápida resposta estratégia por parte das empresas seria necessário ampliar as diretrizes do PROCONVE MAR-I.

Todas as empresas analisadas afirmaram que análises de custos foram feitas para verificar se os componentes projetados para atender a legislação do PROCONVE MAR-I teriam maiores investimentos que os motores não homologados. Como resultados, as empresas identificaram que o valor agregado ao produto final que segue as determinações do PROCONVE MAR-I ficou acima dos motores que não possuem padrões de controle. Frisa-se que informações referentes ao percentual do aumento não foram repassadas pelas empresas. De modo geral, a Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos (ABIMAQ) calcula um aumento de 1,5 até 3% no custo de produção (ABIMAQ, 2016).

Além disso, as empresas acreditam que o mercado de trabalho no setor agrícola não deverá contrair. Como os novos motores necessitam de funcionários especializados em todo o ciclo de vida do projeto, haverá oportunidade de trabalho para pessoas que estejam preparadas e que busquem atualizações contínuas. Pois, segundo as empresas, para acompanhar o progresso das tecnologias que visam mitigar as mudanças climáticas relacionadas com o setor de máquinas agrícolas em nível internacional são necessários colaboradores com diferenciais.

Referente ao questionamento da existência de laboratórios que podem prestar serviços na área do PROCONVE MAR-I, as empresas mencionaram que possuem seus próprios ambientes para teste de motores. No entanto, a empresa B descreveu que o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) poderia ser utilizado para avaliação de desempenho e de emissões de combustíveis em motores de combustão interna. A empresa C enfatizou que são desnecessários laboratórios de institutos ou de universidades que buscam realizar pesquisas para as organizações que já possuem uma tecnologia consolidada no controle de emissões. Como são empresas globais, para a tecnologia alcançar o patamar de confiabilidade e durabilidade, muitos testes de campos e em laboratórios já foram realizados.

Com base nas informações das empresas A, B e D o não cumprimento das diretrizes do PROCONVE MAR-I pode resultar em altas multas e na perda da autorização de fabricação de motores para máquinas agrícolas. As empresas C e E justificaram a resposta em comparação com todos os motores e veículos motores. Se o IBAMA identificar que os novos motores não estão atendendo aos limites de emissões de poluentes, haverá uma verificação extraordinária de conformidade na empresa no setor de produção, cujos resultados obtidos vão determinar a adoção de medidas decorrentes da ocasião. Além disso, todos os custos da ação extraordinária será por conta do fabricante. Por fim, os resultados da pesquisa podem servir de base para a formulação de políticas públicas de fomento e incentivo à inovação tecnológica no setor de máquinas agrícolas e nos segmentos de sua cadeia produtiva.

5. CONCLUSÕES

Este capítulo apresenta as considerações finais (seção 5.1) da pesquisa obtidas a partir dos resultados encontrados. Em complemento, acrescentam-se as contribuições do estudo para o setor de máquinas agrícolas (seção 5.2) e para a academia (seção 5.3). Posteriormente, são apresentadas as limitações (seção 5.4) e propostas de estudos futuros (seção 5.5) que possam colaborar com o desenvolvimento da temática sobre a redução de emissões de poluentes no processo de combustão interna dos motores de ciclo Diesel das máquinas agrícolas.

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi apresentada uma visão geral dos regulamentos em diferentes países que forçaram o desenvolvimento tecnológico e a inovação sobre o controle de emissões de máquinas agrícolas. Posteriormente, analisaram-se as principais tecnologias que são utilizadas no controle de emissões de poluentes provenientes dos motores de ciclo Diesel das máquinas agrícolas na literatura. Além disso, a pesquisa apresentou um panorama da implementação do PROCONVE MAR-I pelos fabricantes de máquinas agrícolas, com a finalidade de facilitar a compreensão da legislação, permitindo que as indústrias de máquinas agrícolas aprofundem e disseminem o conhecimento, de forma a auxiliar na agilização de futuras implementações de normas que devem ser mais rígidas, como deve ser o *upgrade* da regulamentação brasileira para o PROCONVE MAR-II.

Com a finalidade de captar quem são os responsáveis pelo desenvolvimento de tecnologias que buscam controlar as emissões resultantes dos motores de ciclo Diesel das máquinas agrícolas, o estudo em patentes centrou-se no período de 2006 a 2017. Foi utilizado uma pesquisa baseada em classes para gerar um conjunto de patentes relevantes. Informações sobre o Brasil e o contexto internacional de países e tipos de tecnologias foram extraídas para construir um banco de dados de patentes publicadas. Após a filtragem na Plataforma Questel Orbit, foram encontradas 193 publicações de patentes como país de prioridade no Brasil. Com relação as empresas, destacam-se a John Deere e a Cummins que possuem participação ativa no mercado de máquinas agrícola e que ficaram no ranking das 30 empresas que mais publicaram patentes no Brasil. Referente as tecnologias, podem-se mencionar a Y02T-10/24 que contempla o sistema SCR utilizado para reduzir NO_x. Outra tecnologia que foi encontrada, foi a Y02T-10/144 que busca melhorar o desempenho dos motores por meio do sistema turbo de alimentação e assim aumentar sua vida útil.

Desse modo, nota-se que o PROCONVE MAR – I é importante para estimular o desenvolvimento de invenções. Os padrões de limites de emissões da regulamentação forçam o incremento de tecnologias por parte das empresas, ou seja, a norma ambiental é promotora da inovação e da elevação da competitividade no mercado. Na visão das empresas que participaram da pesquisa, o mercado de máquinas agrícolas deverá sofrer com as mudanças tecnológicas após o término dos estoques obsoletos, ou seja, após a venda de maquinários não homologados. Além disso, sem os créditos rurais que facilitavam a aquisições de máquinas agrícolas novas, o mercado poderá ser prejudicado nas vendas e produções nos próximos anos.

5.2 CONTRIBUIÇÕES PARA O SETOR DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS

A sistemática de revisão sobre as legislações ambientais para motores de máquinas agrícolas permitiu identificar que por meio da adoção de diferentes padrões de emissões pelos países, independentemente da sua definição e orientação adotada, estão se desenvolvendo novas estratégias em projetos para o controle de emissões de máquinas agrícolas. Assim, busca-se suprir os novos níveis permissíveis de poluentes para cada categoria de potência de motor. Com relação à análise de patentes, recomenda-se que as organizações determinem novos tipos de orientações específicas para o mercado competitivo, com base no banco de dados da pesquisa sobre os tipos de tecnologias que foram publicadas, visto que há tecnologias de mitigação de mudança climática relacionadas com o setor de máquinas agrícolas pouco difundidas.

5.3 CONTRIBUIÇÕES PARA A ACADEMIA

Este estudo proporcionou algumas contribuições acadêmicas relevantes e permitiu o avanço do conhecimento sobre o setor de máquinas agrícolas. Além disso, a pesquisa realizada representa uma inovação e ampliação da temática de emissões de poluentes por motores não-rodoviários e análise de patentes, um campo de investigação considerado em evolução contínua por diferentes autores e pesquisadores. Destaca-se ainda que a apresentação geral da pesquisa proporciona à academia um amplo conjunto de informações detalhadas e necessárias sobre o histórico da implementação das primeiras regulamentações de controle de emissões para máquinas agrícolas, um ramo de atividade que, conforme verificado neste trabalho, apesar da importância no contexto internacional, tem sido pouco abordado em pesquisas no Brasil.

5.4 LIMITAÇÕES ENCONTRADAS

A principal limitação da pesquisa está relacionada com o tipo de levantamento *survey*. Para obter um banco de dados com maior precisão nas informações seria interessante realizar um estudo de caso nas empresas fabricantes de motores para máquinas agrícolas no Brasil. Com a realização de visitas nas empresas pelo pesquisador, seria possível evitar interpretações incorretas por parte dos entrevistados. Além disso, com o acesso às empresas e tempo ilimitado por parte dos funcionários, poderia ser aplicado um roteiro semi-estruturado em pessoas com diferentes cargos e visões que em conjunto possibilitariam uma análise profunda sobre os impactos da legislação do PROCONVE MAR-I nas organizações.

5.5 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Por fim, sugere-se realizar trabalhos futuros no contexto do setor de máquinas agrícolas, tais como: i) verificar as novas perspectivas de combustíveis para motores de combustão interna de ciclo Diesel, com o objetivo de revelar as características do processo de combustão que são conhecidas e a influência esperada no desempenho do motor; ii) avaliar diferentes motores de tratores agrícolas, utilizando a dinamometria, para verificar qual dos sistemas de pós-tratamento é mais eficaz (EGR, SCR e DPF); iii) desenvolver um produto (sistema de redução de emissões de poluentes) que possa ser acoplado em motores de máquinas agrícolas desenvolvidos antes do PROCONVE MAR-I; e iv) identificar como é realizado o fomento à inovação e o desenvolvimento tecnológico do setor de máquinas agrícolas no Brasil para, posteriormente, compará-lo com outras áreas.

REFERÊNCIAS

- ABIMAQ. Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos. **Clipping e Tendências**. São Paulo, 2016. Disponível em: < <http://abimaq.org.br/site.aspx/Imprensa-Clipping-Tendencias-detalle?DetalleClipping=1677>>. Acesso em: 17 jan. 2018.
- ALPTEKIN, E. et al. Using waste animal fat based biodiesels–bioethanol–diesel fuel blends in a DI diesel engine. **Fuel**, v. 157, p. 245-254, 2015. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016236115004810>>. Acesso em: 13, fev. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fuel.2015.04.067>.
- ANFAVEA. Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. **Anuário da indústria automobilística brasileira 2017**. São Paulo, 2017a. Disponível em: < <http://www.virapagina.com.br/anfavea2017/#126/z>>. Acesso em: 16 jan. 2017.
- _____. Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. **Cartilha MAR-1**. São Paulo, 2017b. Disponível em: < <http://www.anfavea.com.br/cartilha.html>>. Acesso em: 25 fev. 2017.
- ANP. Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis**. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: < http://www.anp.gov.br/wwwanp/images/publicacoes/Anuario_Estatistico_ANP_2016.pdf >. Acesso em: 16 fev. 2017.
- ANTONELLO, M. G.; ROMANO, L. N.; MARTINS, M. E. S. A importância do processo de sistematização de conhecimentos para o desenvolvimento de produtos. **Revista ESPACIOS**, v. 36, n. 5, 2015. Disponível em: < https://www.researchgate.net/profile/Leonardo_Romano/publication/282727037_The_importance_of_the_process_of_systematization_of_knowledge_for_product_development/links/5755608508aec74acf57cd2d/The-importance-of-the-process-of-systematization-of-knowledge-for-product-development.pdf >. Acesso em: 14 jan. 2018.
- AVILA, R. M.; BORSATO, M. Modularity Adoption in Product Development: A Case Study in the Brazilian Agricultural Machinery Industry. **SAE International Journal of Materials and Manufacturing**, v. 7, p. 122-128, 2014.
- AVINASH, A.; SUBRAMANIAM, D.; MURUGESAN, A. Bio-diesel - A global scenario. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 29, p. 517-527, 2014. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032113006667>>. Acesso em: 14, fev. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2013.09.007>.
- BAE, C.; KIM, J. Alternative fuels for internal combustion engines. **Proceedings of the Combustion Institute**, v. 36, n. 3, p. 3389-3413, 2017. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1540748916304850>>. Acesso em: 14, fev. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.proci.2016.09.009>.
- BARICELO, L. G.; BACHA, C. J. C. Oferta e demanda de máquinas agrícolas no Brasil. **Revista de Política Agrícola**, v. 22, n. 4, p. 68-82, 2013. Disponível em: < <https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/857>>. Acesso em: 20, fev. 2017.

BARICELO, L. G. **A evolução diferenciada da indústria de máquinas agrícolas: um estudo sobre os casos norte-americano e brasileiro**. 2015. 142 p. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, Brasil, 2015.

BIAGGI, D. E. **Inovações e tendências tecnológicas na produção de etanol de segunda geração a partir da cana-de-açúcar pela rota hidrolítica enzimática: um estudo de prospecção tecnológica**. 2017. 116 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos). Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, Brasil, 2017.

BILSKI, B. Exposure to audible and infrasonic noise by modern agricultural tractors operators. **Applied Ergonomics**, v. 44, n. 2, p. 210-214, 2013. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003687012001093>>. Acesso em: 19, fev. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apergo.2012.07.002>.

BORREGO, L. M. et al. Desenvolvimento do questionário CARATkids. **Rer. Port. Imunoalergologia**, v. 22, n. 3, p. 183 – 193, 2014. Disponível em:<<http://www.scielo.mec.pt/pdf/imu/v22n3/v22n3a02.pdf>>. Acesso em: 20, dez. 2017.

BRIJESH, P.; SREEDHARA, S. Exhaust emissions and its control methods in compression ignition engines: A review. **International Journal of Automotive Technology**, v. 14, n. 2, p. 195-206, 2013. Disponível em:< <http://link.springer.com/article/10.1007/s12239-013-0022-2>>. Acesso em: 14, jan. 2017. DOI: 10.1007/s12239-013-0022-2.

CARNEIRO, J. M. T.; DIB, L. A. R. O uso da internet em surveys: oportunidades e desafios. **Administração: Ensino e Pesquisa**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 4, p. 641-670, 2011. Disponível em:< <https://raep.emnuvens.com.br/raep/article/view/146/116>>. Acesso em: 22, dez. 2017.

CARVALHO, A. B. A. **Gestão de Projetos Cooperados no Desenvolvimento de Máquinas e Implementos Agrícolas no Brasil: uma abordagem entre empresa, clientes e fornecedores**. 2008, 105 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

CASTRO, B. H. R. **Estratégias de Inovação: Um Estudo na Indústria de Máquinas e Implementos Agrícolas no Brasil**. Rio de Janeiro, 2004. 125 f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Instituto COPPEAD de Administração, 2004. Disponível em:<http://www.coppead.ufrj.br/upload/publicacoes/Bernardo_Castro.pdf>. Acesso em: 11, jan. 2018.

CAVALLO, E. et al. Attitudes and behaviour of adopters of technological innovations in agricultural tractors: A case study in Italian agricultural system. **Agricultural Systems**, v. 130, p. 44-54, 2014a. Disponível em:<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X14000687>>. Acesso em: 17, jan. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agsy.2014.05.012>.

_____. Strategic management implications for the adoption of technological innovations in agricultural tractor: the role of scale factors and environmental attitude.

Journal Technology Analysis & Strategic Management, v. 26, n. 7, p. 765-779, 2014b. Disponível em: < <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84904043775&origin=inward&txGid=7CCD4922EF5D45CA77524B66E7934CB3.wsnAw8kcdt7IPYLO0V48gA%3a1>>. Acesso em: 18, jan. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/09537325.2014.890706>.

CAVALLO, E.; FERRARI, E.; COCCIA, M. Likely technological trajectories in agricultural tractors by analysing innovative attitudes of farmers. **International Journal of Technology, Policy and Management**, v. 15, n. 2, p. 158-177, 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/275950316_Likely_technological_trajectories_in_agricultural_tractors_by_analysing_innovative_attitudes_of_farmers>. Acesso em: 20, jan. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1504/IJTPM.2015.069203>.

CHEN, Z. et al. Experimental investigation of the performance and emissions of diesel engines by a novel emulsified diesel fuel. **Energy Conversion and Management**, v. 95, p. 334-341, 2015. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890415001296> >. Acesso em: 17, jan. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2015.02.016>.

CMMAD. Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1988.

CONFORTO, E. C.; AMARAL, D. C.; SILVA, S. L. Roteiro para Revisão Bibliográfica Sistemática: Aplicação no Desenvolvimento de Produtos e Gerenciamento de Projetos. 2011. **In: 8º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto – CBGDP**, Porto Alegre, RS, Brasil. Instituto de Gestão de Desenvolvimento do Produto – IGDP. Anais... Porto Alegre: IGDP. 2011.

COSTA, J. O. **Análise dos gases da exaustão em um motor diesel com injeção common rail alimentado com diesel, biodiesel e suas misturas**. 2017. 105 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia de Materiais). Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil, 2017.

DACE, E.; MUIZNIECE, I.; BLUMBERGA, A.; KACZALA, F. Searching for solutions to mitigate greenhouse gas emissions by agricultural policy decisions — Application of system dynamics modeling for the case of Latvia. **Science of The Total Environment**, v. 527, p. 80-90, 2015. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969715300243>>. Acesso em: 19, jan. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.04.088>.

DALLMANN, T.; MENON, A. Technology pathways for diesel engines used in non-road vehicles and equipment. **The International Council on Clean Transportation (ICCT)**, 2016. Disponível em: <<http://www.theicct.org/technology-pathways-for-non-road-diesel-engines>>. Acesso em: 05 jan. 2017.

DALLMANN, T.; SHAO, Z. Evaluation of emission-control scenarios for agricultural tractors and construction equipment in India. **The International Council on Clean Transportation (ICCT)**, 2016. Disponível em: < http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/India-NRV-emission-control%20scenarios_Working-Paper_ICCT_22122016.pdf>. Acesso em: 08 jan. 2017.

DALLMANN, T. et al. Non-Road Engine Technology Pathways and Emissions Projections for the Indian Agricultural and Construction Sectors. **SAE Technical Paper**, v. 26, 2016. Disponível em: < <http://papers.sae.org/2017-26-0230/>>. Acesso em: 26 jan. 2017. DOI: 10.4271/2017-26-0230.

DAL SOGLIO, F.; KUBO, R. R. **Desenvolvimento, agricultura e sustentabilidade**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2016. 206 p. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad105.pdf>>. Acesso em: 28 jan. 2017.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2015**: Ano base 2014. Rio de Janeiro, 2015. 292 p. Disponível em: < [http://www.mme.gov.br/documents/10584/1143895/2.1+-+BEN+2015+-+Documento+Completo+em+Portugu%C3%AAs+-+Ingl%C3%AAs+\(PDF\)/22602d8c-a366-4d16-a15f-f29933e816ff?version=1.0](http://www.mme.gov.br/documents/10584/1143895/2.1+-+BEN+2015+-+Documento+Completo+em+Portugu%C3%AAs+-+Ingl%C3%AAs+(PDF)/22602d8c-a366-4d16-a15f-f29933e816ff?version=1.0)>. Acesso em: 14 fev. 2017.

EPO. European Patent Office. **Cooperative Patent Classification**. Alemanha, 2018. Disponível em: <https://www.epo.org/index.html>>. Acesso em: 05 jan. 2018.

ESTRADA, J. S. **Desempenho e emissões de um motor de trator agrícola operando com mistura de óleo diesel e etanol**. 2015. 112 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil, 2015.

ESTRADA, J. S. et al. Performance of an agricultural engine using blends of diesel and ethanol. **Ciência Rural**, v. 46, n. 7, p. 1200-1205, 2016. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/cr/v46n7/1678-4596-cr-46-07-01200.pdf>>. Acesso em: 16 fev. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20150469>.

FAGUNDES, M. C. et al. Perfil tecnológico da CSN: um estudo patentométrico. **RAI – Revista de Administração e Inovação**, v. 11, n. 1, p. 276-294, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5773/rai.v11i1.1307>

FARIAS, M. S. **Avaliação de motores de tratores agrícolas utilizando dinamômetro móvel**. 2014. 162 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil, 2014.

FARIAS, M. S. et al. Performance of an agricultural engine using mineral diesel and ethanol fuels. **Ciência Rural**, v. 47, n. 3, 2017. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/cr/v47n3/1678-4596-cr-47-02-e20151387.pdf>>. Acesso em: 16 fev. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20151387>.

FERRARI, A. et al. Hydraulic Characterization of Solenoid-actuated Injectors for Diesel Engine Common Rail Systems. **Energy Procedia**, v. 101, p. 878-885, 2016. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610216313200>>. Acesso em: 10 dez. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.11.111>

FERREIRA JÚNIOR, L. G. et al. Recomendação para colheita mecânica do café baseado no comportamento de vibração das hastas derriçadoras. **Ciência Rural**, v. 46, n. 2, 2016. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-

84782016000200273&lng=pt&nrm=iso&tlng=en>. Acesso em: 19 jan. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20141679>.

GARCEZ JÚNIOR, S. S.; MOREIRA, J. J. S. O backlog de patentes no Brasil: o direito à razoável duração do procedimento administrativo. **REVISTA DIREITO GV**, v. 13, n. 1, p. 171-203, 2017. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rdgv/v13n1/1808-2432-rdgv-13-01-0171.pdf>>. Acesso em: 08 jan. 2018.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**, 5 ed. São Paulo: Atlas, 2012.

GENG, P. et al. Effects of alternative fuels on the combustion characteristics and emission products from diesel engines: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 71, p. 523-534, 2017. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032116311327>>. Acesso em: 15 fev. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.12.080>.

HICKEY, N. et al. **Air Pollution from Mobile Sources: Formation and Effects and Abatement Strategies**. In: Cao G., Orrù R. (eds) *Current Environmental Issues and Challenges*. Springer, Dordrecht, p. 15-43, 2014. Disponível em: < https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-017-8777-2_2>. Acesso em: 10 fev. 2017. DOI: [10.1007/978-94-017-8777-2_2](https://doi.org/10.1007/978-94-017-8777-2_2).

HEIDARI, N.; PEARCE, J. M. A review of greenhouse gas emission liabilities as the value of renewable energy for mitigating lawsuits for climate change related damages. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 55, p. 899-908, 2016. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032115012770>>. Acesso em: 10 fev. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.11.025>.

HURTADO, D. K.; SOUZA, A. A. A evolução do sistema de injeção de combustível em motores ciclo otto: uma análise crítica desde suas implicações no meio ambiente à regulamentação legal no sistema normativo pátrio. **Revista Eletrônica do Curso de Direito da UFSM**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 799-812, 2013.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Programa de controle da poluição do ar por veículos automotores – Proconve/Promot**. 3. ed. Brasília: Ibama, 2011. 584 p. Disponível em: < http://www.ibama.gov.br/phocadownload/veiculosautomotores/manual%20proconve%20promot_portugues.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2016.

IEMA. Instituto de Energia e Meio Ambiente. **1º Diagnóstico da rede de monitoramento da qualidade do ar**. 1. ed. Brasília: IEMA, 2014. 277 p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80060/Diagnostico_Ne_rede_de_Monitoramento_da_Qualidade_do_Ar.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2017.

INPI. Instituto Nacional da Propriedade Intelectual. **Introdução à classificação cooperativa de patentes (CPC)**. Brasil, 2017. Disponível em: <<http://www.inpi.gov.br/menu-servicos/patente/classificacao-de-patentes>>. Acesso em: 05 jan. 2018.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Texto para discussão/A sustentabilidade ambiental agropecuária brasileira: impactos, políticas públicas e desafios**. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1050/1/TD_1782.pdf>. Acesso em: 24 jan. 2017.

ISS. Instituto Saúde e Sustentabilidade. **Monitoramento da qualidade do ar no Brasil**. 1. ed. São Paulo: ISS, 2014. 100 p. Disponível em: <<http://www.saudeesustentabilidade.org.br/site/wp-content/uploads/2014/07/Monitoramento-da-Qualidade-do-Ar-no-Brasil-2014.pdf>>. Acesso em: 19 fev. 2017.

JANULEVICIUS, A.; JUOSTAS, A.; CIPLIEN, A. Estimation of carbon-oxide emissions of tractors during operation and correlation with the not-to-exceed zone. **Biosystems Engineering**, v. 147, p. 117-129, 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1537511015303159>>. Acesso em: 18 dez. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2016.04.009>.

KALGHATGI, G. T. The outlook for fuels for internal combustion engines. **International Journal of Engine Research**, v. 15, n. 4, p. 383-398, 2014. Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/1468087414526189>>. Acesso em: 24 jan. 2017. DOI: [10.1177/1468087414526189](https://doi.org/10.1177/1468087414526189).

KIM, Y. S.; HAN, E. J.; SOHN, S. T. Demand Forecasting for Heavy-Duty Diesel Engines Considering Emission Regulations. **Sustainability**, v. 9, n. 2, p. 1-16, 2017. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2071-1050/9/2/166/htm>>. Acesso em: 20 fev. 2017. DOI: [10.3390/su9020166](https://doi.org/10.3390/su9020166).

KOVTUN, N.; IGNATYUK, A. Multidimensional Assessment of Globalization at the Level of a Company (Sectors). **Procedia Economics and Finance**, v. 16, p. 690-702, 2014. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212567114008570>>. Acesso em: 12 jan. 2018.

KROGERUS, T. R.; HYVONEN, M. P.; HUHTALA, K. J. A Survey of Analysis, Modeling, and Diagnostics of Diesel Fuel Injection Systems. **Journal of Engineering for Gas Turbines and Power**, v. 138, n. 8, 2016. Disponível em: <<http://gasturbinespower.asmedigitalcollection.asme.org/article.aspx?articleid=2480563#DieselFuelInjectionSystemsandCommonFaults>>. Acesso em: 20 dez. 2017. DOI: [10.1115/1.4032417](https://doi.org/10.1115/1.4032417).

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**, 7 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

LAWAL, A. O. et al. Diesel exhaust particles and endothelial cells dysfunction: An update. **Toxicology in Vitro**, v. 32, p. 92-104, 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0887233315300394>>. Acesso em: 10 fev. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tiv.2015.12.015>.

LEE, J. et al. Forcing technological change: a case of automobile emissions control technology development in the US. **Technovation**, v. 30, p. 249-264, 2010. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166497209001746>>. Acesso em: 23 dez. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2009.12.003>.

- LIAO, Z. Environmental policy instruments, environmental innovation and the reputation of enterprises. **Journal of Cleaner Production**, v. 171, p. 1111-1117, 2018. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617324265>>. Acesso em: 05 jan. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.126>.
- LINDEN, V. V.; HERMAN L. A fuel consumption model for off-road use of mobile achinery in agriculture. **Neurotoxicology and Teratology**, v. 49, p. 31-40, 2015. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0892036215000343>>. Acesso em: 10 fev. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ntt.2015.03.001>.
- LEVY, R. J. Carbon monoxide pollution and neurodevelopment: A public health concern. **Energy**, v. 77, p. 880-889, 2014. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544214011414>>. Acesso em: 10 fev. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2014.09.074>.
- LOU, G. X.; XIA, H. Y.; ZHANG, J. Q.; FAN, T. J. Investment Strategy of Emission-Reduction Technology in a Supply Chain. **Sustainability**, v. 7, n. 8, p. 10684-10708, 2015. Disponível em: < <http://www.mdpi.com/sci-hub/cc/2071-1050/7/8/10684>>. Acesso em: 07 fev. 2017. DOI: 10.3390/su70810684.
- MACEDO, F. G. M.; BARBOSA, A. L. F. **Patentes, pesquisa & desenvolvimento: um manual de propriedade intelectual** [online]. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2000. 164 p. ISBN 85-85676-78-7. Disponível em: < <http://books.scielo.org/id/6tmww/pdf/macedo-9788575412725-05.pdf>>. Acesso em: 07 Jan. 2018.
- MAHMUDUL, H. M. et al. Production, characterization and performance of biodiesel as an alternative fuel in diesel engines – A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 72, p. 497-509, 2017. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032117300047>>. Acesso em: 13 fev. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.001>.
- MANZETTI, S.; ANDERSEN, O. Biochemical and physiological effects from exhaust emissions: a review of the relevant literature. **Pathophysiology**, v. 23, n. 4, p. 285-293, 2016. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092846801630075X>>. Acesso em: 13 fev. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pathophys.2016.10.002>.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários: 2013 ano-base 2012**. Brasília: MMA, 2014, p. 114. Disponível em: < http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80060/Inventario_de_Emissoes_por_Veiculos_Rodoviarios_2013.pdf>. Acesso em: 17 fev. 2017.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar - PRONAR**. Brasília: MMA, 2017. Disponível em: < http://www.mma.gov.br/estruturas/163/_arquivos/pronar_163.pdf>. Acesso em: 17 fev. 2017.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano Agrícola e Pecuário 2015/2016**. Brasília: MAPA/SPA, 2015. 50 p. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/plano-agricola-pecuario/cartilha_pap_2015_16_publicada.pdf/view>. Acesso em: 17 fev. 2017.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do Agronegócio: Brasil 2015/16 a 2025/26**. 7 ed. Brasília: SPA/MAPA, 2016. 138 p. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/proj_agronegocio2016.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2017.

MÁRQUEZ, L. **Tractores agrícolas: tecnología y utilización**. Espanha: B&H Grupo Editorial, 2012. 844p

MARTINS, S. S. S. et al. Produção de petróleo e impactos ambientais: algumas considerações. **Holos**, v. 6, p. 54-76, 2015. Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/2201/1212>>. Acesso em: 13 fev. 2017. DOI: 10.15628/holos.2015.2201.

MCTIC. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. 3 ed. Brasília: MCTIC, 2016. 85 p. Disponível em: <http://sirene.mcti.gov.br/documents/1686653/1706227/LIVRO_MCTIC_EstimativaDeGases_Publica%C3%A7%C3%A3o_210x297mm_FINAL_WEB.pdf/61e78a4d-5ebe-49cd-bd16-4ebca30ad6cd>. Acesso em: 17 jan. 2017.

MOFIJUR, M.; RASUL, M. G.; HYDE, J. Recent Developments on Internal Combustion Engine Performance and Emissions Fuelled With Biodiesel-Diesel-Ethanol Blends. **Procedia Engineering**, v. 105, p. 658-664, 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705815008425>>. Acesso em: 14 fev. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2015.05.045>.

MOURA, A. M. M. **A interação entre artigos e patentes: um estudo cientométrico da comunicação científica e tecnológica em biotecnologia**. 2009. 269 p. Tese (Doutorado em Comunicação e Informação). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil, 2009.

MOTTA, G. S.; QUINTELLA, R. H. Assessment of Non-Financial Criteria in the Selection of Investment Projects for Seed Capital Funding: the Contribution of Scientometrics and Patentometrics. **Journal of technology management & innovation**, v. 7, n. 3, p. 172-197, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-27242012000300015>.

NABI, M. N. et al. Fuel characterisation, engine performance, combustion and exhaust emissions with a new renewable Licella biofuel. **Energy Conversion and Management**, v. 96, p. 588-598, 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890415002083>>. Acesso em: 27 jan. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2015.02.085>.

- NAGARGOJE, G. A.; KOLHE, K. P.; RAGIT, S. S. Effect of Exhaust Gas Recirculation (EGR) on C.I. engine performance and emission - A review. **Journal of Emerging Technologies and Innovative Research (JETIR)**, v. 3, n. 6, p. 14-18, 2016. Disponível em: < <http://www.jetir.org/papers/JETIR1606003.pdf>>. Acesso em: 25 fev. 2017.
- OECD. Organization For Economic Coopertaion and Development. **Air and GHG emissions (indicator)**, 2017. Disponível em: < <https://data.oecd.org/air/air-and-ghg-emissions.htm>>. Acesso em: 25 jan. 2017. DOI: 10.1787/93d10cf7-en.
- OECD; FAO. Organization For Economic Coopertaion and Development; Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Agriculture Outlook 2015-2024**. Paris, 2015. Disponível em: < http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2015-en>. Acesso em: 16 jan. 2017.
- ONU. Organização das Nações Unidas. **Adoção do Acordo de Paris**. Paris, 2015. Disponível em: < <https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2016/04/Acordo-de-Paris.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2017.
- PAO, H. -T.; CHEN, H.; LI, Y. -Y. Competitive dynamics of energy, environment, and economy in the U.S. **Energy**, v. 89, p. 449-460, 2015. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544215007355>>. Acesso em: 18 jan. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2015.05.113>.
- PASSOS, M. C.; CALANDRO, M. L. **Impactos Sociais e Territoriais da Reestruturação Econômica no Rio Grande do Sul**: transformações nas estratégias de Produção da Indústria de Máquinas e Implementos Agrícolas do Rio Grande do Sul. Secretaria da Coordenação e Planejamento. Fundação de Economia e Estatística Siegfried Emanuel Heuser. Documentos FEE, 14, Porto Alegre, 1999.
- PHOUNGTHONG, K. et al. Comparison of particulate matter and polycyclic aromatic hydrocarbons in emissions from IDI-turbo diesel engine fueled by palm oil–diesel blends during long-term usage. **Atmospheric Pollution Research**, v. 8, n. 2, p. 344-350, 2017. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1309104216302513>>. Acesso em: 10 jan. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apr.2016.10.006>.
- PINTO, G. L.; BELMONTE, Í.; PADUA, C. A. **Exportações brasileiras de máquinas e equipamentos agrícolas para a África**: análise da situação atual e do ambiente de negócios. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 41, p. 38, 2015. Disponível em: < https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/4302/1/BS41_Exporta%C3%A7%C3%B5es%20brasileiras%20de%20m%C3%A1quinas%20e%20equipamentos%20agr%C3%ADcolas%20para%20a%20C3%81frica%20_P.pdf>. Acesso em: 14 fev. 2017.
- PODORODECZKI, P. **Análise de desempenho de motor diesel com injeção eletrônica Common Rail alimentado com misturas diesel – biodiesel em dinamômetro de chassis**. 2016. 87 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia de Materiais). Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil, 2016.
- POSADA, F. et al. Costs of emission reduction technologies for heavy-duty diesel vehicles. **The International Council on Clean Transportation (ICCT)**, 2016. Disponível em: <

http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_costs-emission-reduction-tech-HDV_20160229.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2017.

RAMAN, S. V. V. et al. A review of climate change, mitigation and adaptation. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, n. 1, p. 878-897, 2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S136403211100459X>>. Acesso em: 14 jan. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2011.09.009>.

RAO, B. J. P. et al. Diminution of Emissions by using EGR Valve in IC Engine and study the Temperature of the Exhaust Gas on various Load Conditions. **International Research Journal of Engineering and Technology**, v. 3, n. 8, p. 871-880, 2016. Disponível em: <<https://www.irjet.net/archives/V3/i8/IRJET-V3I8160.pdf>>. Acesso em: 18 fev. 2017.

RAO, S. et al. Future air pollution in the Shared Socio-economic Pathways. **Global Environmental Change**, v. 42, p. 346-358, 2017. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378016300723>>. Acesso em: 23 fev. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.05.012>.

RASSENFOSSE, G. et al. The worldwide count of priority patents: A new indicator of inventive activity. **Research Policy**, v. 42, p. 720-737, 2013. Disponível em: <https://sci-hub.tw/https://doi.org/10.1016/j.respol.2012.11.002>>. Acesso em: 08 jan. 2018. DOI: 10.1016/j.respol.2012.11.002.

RESITOGLU, I. A.; ALTINISIK, K.; KESKIN, A. The pollutant emissions from diesel-engine vehicles and exhaust aftertreatment systems. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 7, n. 1, p. 15-27, 2015. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/s10098-014-0793-9>>. Acesso em: 08 jan. 2017. DOI: 10.1007/s10098-014-0793-9.

RESITOGLU, I. A.; KESKIN, A. Hydrogen applications in selective catalytic reduction of NO_x emissions from diesel engines. **International Journal of Hydrogen Energy**, p. 1-6, 2017. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319917304275>>. Acesso em: 24 fev. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijhydene.2017.02.011>.

ROMANO, L. N. **Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas: planejamento, projeto e produção**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2013. 310p.

RUFINO, R.; COSTA, S. H. Cem anos do Teste de Difusão ao Monóxido de Carbono nas Doenças Pulmonares. **Pulmões RJ**, p. 28-32, 2015. Disponível em: <http://sopterj.com.br/profissionais/_revista/2015/n_01/08.pdf>. Acesso em: 24 fev. 2017.

SANTANA, E. et al. **Padrões de qualidade do ar: experiência comparada Brasil, EUA e União Europeia**. 1. ed. São Paulo: Instituto de Energia e Meio Ambiente, 2012. 41 p. Disponível em: <<http://www.energiaeambiente.org.br/wp-content/uploads/2015/09/padroes-final01.pdf>>. Acesso em: 18 fev. 2017.

SAUER, S.; LEITE, S. P. Expansão Agrícola, Preços e Apropriação de Terra Por Estrangeiros no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 50, n. 3, 2012. Disponível em: <

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-20032012000300007>.
Acesso em: 05 jan. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-20032012000300007>.

SEEG. Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa. **Emissões por setor**, 2016. Disponível em: < <http://plataforma.seeg.eco.br/sectors/energia>>. Acesso em: 12 fev. 2017.

SILVA, R. P.; VIAN, C. E. F. O mercado mundial de máquinas agrícolas: distribuição regional e padrões de comércio internacional. **Revista ESPACIOS**, v. 38, n. 1, 2017. Disponível em: < <http://www.revistaespacios.com/a17v38n01/17380128.html>>. Acesso em: 19 fev. 2017.

SILVA, R. O. et al. The role of agricultural intensification in Brazil's Nationally Determined Contribution on emissions mitigation. **Agricultural Systems**, v. 161, p. 102-112, 2018. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X17307655>>. Acesso em: 05 jan. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.01.003>.

SHAO, Z. An emissions inventory for agricultural tractors and construction equipment in India. **The International Council on Clean Transportation (ICCT)**, 2016. Disponível em: < http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/India%20Non-road%20Emissions%20Inventory%20Working%20Paper_vF.pdf>. Acesso em: 07 jan. 2017.

SHAMEER, P. M. et al. Effects of fuel injection parameters on emission characteristics of diesel engines operating on various biodiesel: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 67, p. 1267-1281, 2017. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032116306086>>. Acesso em: 19 fev. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.117>.

SONIRODBAN. **D4D Engine of Toyota**. Disponível em: < <http://www.sonirodban.com/d4d-engine.html> >. Acesso em: 20 nov. 2017.

SOUZA, T. F. et al. Mapeamento tecnológico da aplicação de proteases em detergentes e composições de limpeza. **Cad. Prospec.**, Salvador, v. 10, n. 2, p.226-236, abr./jun. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.9771/cp.v10i2.17777>.

SQUAIELLA, L. L. F. **Efeitos do sistema de recirculação dos gases de escape no controle de emissões de NOx em motores a Diesel**. 2010. 159 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Automobilística). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2010.

STEINER, S. et al. Diesel exhaust: current knowledge of adverse effects and underlying cellular mechanisms. **Archives of Toxicology**, v. 90, n. 7, p. 1541-1553, 2016. Disponível em: < <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00204-016-1736-5>>. Acesso em: 19 jan. 2017. DOI: [10.1007/s00204-016-1736-5](https://doi.org/10.1007/s00204-016-1736-5).

THANGARAJA, J.; KANNAN, C. Effect of exhaust gas recirculation on advanced diesel combustion and alternate fuels - A review. **Applied Energy**, v. 180, p. 169-184, 2016. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261916310479>>. Acesso em: 20 fev. 2017. DOI: [Http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.07.096](http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.07.096).

TSE, H. et al. Investigation on the combustion characteristics and particulate emissions from a diesel engine fueled with diesel-biodiesel-ethanol blends. **Energy**, v. 83, p. 343-350, 2015. Acesso em: 19 fev. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2015.02.030>.

VANDYCK, T. et al. A global stocktake of the Paris pledges: Implications for energy systems and economy. **Global Environmental Change**, v. 41, p. 46-63, 2016. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095937801630142X>>. Acesso em: 10 fev. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.08.006>.

VENKATARAMAN, S.; INIYAN, S.; GOIC, R. A review of climate change, mitigation and adaptation. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, n. 1, p. 878-897, 2012. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S136403211100459X>>. Acesso em: 01 fev. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2011.09.009>.

VETTERA, S. H. et al. Greenhouse gas emissions from agricultural food production to supply Indian diets: Implications for climate change mitigation. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 237, p. 234-241, 2017. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880916306065> >. Acesso em: 16 jan. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2016.12.024>.

VIAN, C. E. de F. et al. Origens, evolução e tendências da indústria de máquinas agrícolas. **Revista de Economia e Sociologia Rural (Impresso)**, v. 51, p. 719-744, 2013. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-20032013000400006&script=sci_arttext>. Acesso em: 24 jan. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-20032013000400006>.

WANG, F. et al. An overview of non-road equipment emissions in China. **Atmospheric Environment**, v. 132, p. 283-289, 2016. Acesso em: 21 jan. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.02.046>.

WEI, L.; GENG, P. A review on natural gas/diesel dual fuel combustion, emissions and performance. **Fuel Processing Technology**, v. 142, p. 264-278, 2016. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378382015301715>>. Acesso em: 21 jun. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fuproc.2015.09.018>.

WHO. World Health Organization. **Ambient air pollution: a global assessment of exposure and burden of disease**. Suíça, 2016. Disponível em: <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/250141/1/9789241511353-eng.pdf?ua=1>>. Acesso em: 09 jan. 2017.

WU, X. et al. Real-world emissions and fuel consumption of diesel buses and trucks in Macao: From on-road measurement to policy implications. **Atmospheric Environment**, v. 120, p. 393-403, 2015. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231015303575>>. Acesso em: 09 fev. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.09.015>.

ZHANG, J. -H.; CHEN, M. Assessing the impact of China's vehicle emission standards on diesel engine remanufacturing. **Journal of Cleaner Production**, v. 107, p. 177-184, 2015. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652615006514>>. Acesso em: 10 fev. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.03.103>.

APÊNDICE A – CARTA CONVITE

Prezado(a) especialista do setor industrial:

Temos a honra de convidá-lo(a) a participar da pesquisa intitulada “DIRETRIZES SOBRE OS LIMITES DE EMISSÕES DE POLUENTES DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS NO BRASIL” que consiste em apresentar uma análise da regulamentação PROCONVE MAR – I. Sua participação é muito importante e os resultados desta pesquisa permitirão uma melhor compreensão científica sobre o significado de certas experiências no desenvolvimento de modelos de máquinas agrícolas novas, especialmente daquelas relacionadas ao PROCONVE MAR - I.

Suas respostas receberão tratamento científico e estarão totalmente sob sigilo, como é de praxe em atividades de pesquisa e sua identidade será preservada. Informamos que a tabulação da pesquisa será "fechada", ou seja, sem identificação dos respondentes.

A metodologia do trabalho versa nas seguintes ações:

- I) Envio de arquivos, via plataforma de coleta de dados (*Google Docs*), contendo os formulários necessários para coleta dos dados, a fim de responder a um questionário contendo perguntas para investigar a temática da pesquisa, com duração máxima de 30 minutos.
- II) Agendamento de até 30 dias ou de acordo com sua disponibilidade, para coleta final dos dados.
- III) O link direto da pesquisa, no Google Formulário, é: https://docs.google.com/forms/d/1Tuf-DJJ6VdJ_h1YOnrJoqzOqcej11dgyQMceR571Urw/edit.

Caso houver dúvidas antes ou depois de sua participação, envie um e-mail para franco.da.silveira@hotmail.com.

Gostaríamos de contar com a participação desse(a) conceituado(a) pesquisador(a).

Agradecemos sua participação.

Santa Maria, abril de 2017.

Franco da Silveira
Pesquisador Responsável

APÊNDICE B – TERMO DE CONFIDENCIALIDADE E SIGILO

Eu Franco da Silveira, **discente regular de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), sob a orientação e acompanhamento da Prof^a. Dr^a. Janis Elisa Ruppenthal**, assumo o compromisso de manter confidencialidade e sigilo sobre todas as informações técnicas e outras relacionadas ao projeto de pesquisa intitulado “**DIRETRIZES SOBRE OS LIMITES DE EMISSÕES DE POLUENTES DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS NO BRASIL**”, a que tiver acesso nas dependências da referida instituição.

Por este termo de confidencialidade e sigilo comprometo-me:

1. A não utilizar as informações confidenciais a que tiver acesso, para gerar benefício próprio exclusivo e/ou unilateral, presente ou futuro, ou para o uso de terceiros;
2. A não efetuar nenhuma gravação ou cópia da documentação confidencial a que tiver acesso;
3. A não apropriar-me de material confidencial e/ou sigiloso da tecnologia que venha a ser disponível;
4. A não repassar o conhecimento das informações confidenciais, responsabilizando-me por todas as pessoas que vierem a ter acesso às informações, por meu intermédio, e obrigando-me, assim, a ressarcir a ocorrência de qualquer dano e / ou prejuízo oriundo de uma eventual quebra de sigilo das informações fornecidas.

Neste Termo, as seguintes expressões serão assim definidas:

- I) Informação Confidencial significará toda informação revelada através da apresentação da tecnologia, produto e serviço, a respeito de, ou, associada com a Avaliação, sob a forma escrita, verbal ou por quaisquer outros meios.
- II) Informação Confidencial inclui, mas não se limita, à informação relativa às operações, processos, planos ou intenções, informações sobre produção, instalações, equipamentos, segredos de negócio, segredo de fábrica, dados, habilidades especializadas, projetos, métodos e metodologia, fluxogramas, especializações, componentes, fórmulas, produtos, serviços, amostras, diagramas, desenhos de esquema industrial, patentes, oportunidades de mercado e questões relativas a negócios revelados da tecnologia supramencionada.
- III) Avaliação significará todas e quaisquer discussões, conversações ou negociações entre, ou com as partes, de alguma forma relacionada ou associada com a apresentação dos itens em estudo pela pesquisa na forma de questionário.

Pelo não cumprimento do presente Termo de Confidencialidade e Sigilo, fica o pesquisador responsável abaixo assinado e ciente de todas as sanções judiciais que poderão advir.

Santa Maria, abril de 2017.

Franco da Silveira
Pesquisador Responsável

APÊNDICE C – FORMULÁRIO

1) A empresa segue algum regulamento ou lei nos seus projetos de desenvolvimento de produtos relacionados às emissões de poluentes?

() Sim.

() Não.

2) A empresa conhece a nova regulamentação (PROCONVE MAR-I) que obriga os veículos fora de estrada (máquinas agrícolas) a adotar medidas que objetivam a redução dos limites de emissões?

() Sim.

() Não.

3) Quais são as estratégias no desenvolvimento de produtos que sua empresa está adotando para atender à norma do PROCONVE em vigor?

A rectangular text input field with a light gray background and a thin border. It contains no text. On the right side, there are three small square buttons stacked vertically, and on the bottom side, there are two larger square buttons, one on the left and one on the right, both containing a small arrow pointing to the right.

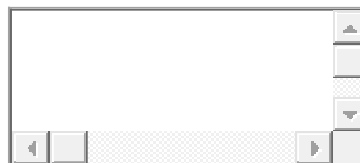
4) Na sua visão, quais são/serão os impactos (técnicos, econômicos etc) que serão absorvidos pelos seus clientes em função da incorporação de novas tecnologias e dispositivos para as novas máquinas?

A rectangular text input field with a light gray background and a thin border. It contains no text. On the right side, there are three small square buttons stacked vertically, and on the bottom side, there are two larger square buttons, one on the left and one on the right, both containing a small arrow pointing to the right.

5) Com a nova legislação do PROCONVE, você verifica que o Brasil está preparado tecnologicamente para atender o proposto em tal regulamentação? Justifique-se.

() Sim.

() Não.

A rectangular text input field with a light gray background and a thin border. It contains no text. On the right side, there are three small square buttons stacked vertically, and on the bottom side, there are two larger square buttons, one on the left and one on the right, both containing a small arrow pointing to the right.

6) Para que os motores ciclo Diesel alcancem tais níveis de eficiência utilizam-se sistemas de pós-tratamento que proporcionam redução de emissões. Dentre eles, podemos citar: sistemas de Recirculação dos Gases de Exaustão (EGR), sistema de Redução Catalítica Seletiva (SCR) e sistema do Filtro de Partículas Diesel (DPF). Você conhece tais sistemas que deverão ser adotados para reduzir as emissões?

() Sim.

() Não.

Outro:

 A rectangular text input field with a light gray border. On the right side, there are three vertically stacked buttons: a small square with an upward-pointing triangle, a square with a downward-pointing triangle, and a square with a rightward-pointing triangle. On the bottom left, there are two small square buttons with leftward-pointing triangles. On the bottom right, there is a square button with a rightward-pointing triangle.

7) Em muitos casos, os equipamentos agrícolas e rodoviários apresentam alto grau de obsolescência. Desse modo, você pensa que os motores dos equipamentos produzidos até o momento (antes do PROCONVE MAR - I) colaboram para o aumento da poluição atual e futura. Como esse problema pode ser corrigido?

 A rectangular text input field with a light gray border. On the right side, there are three vertically stacked buttons: a small square with an upward-pointing triangle, a square with a downward-pointing triangle, and a square with a rightward-pointing triangle. On the bottom left, there are two small square buttons with leftward-pointing triangles. On the bottom right, there is a square button with a rightward-pointing triangle.

8) O custo dos componentes a serem projetados utilizando a nova regulamentação do PROCONVE será maior que os fabricados antes do PROCONVE MAR - I? Existe algum estudo percentual financeiro em sua empresa sobre isso?

- () Sim.
 () Não.

Outro:

 A rectangular text input field with a light gray border. On the right side, there are three vertically stacked buttons: a small square with an upward-pointing triangle, a square with a downward-pointing triangle, and a square with a rightward-pointing triangle. On the bottom left, there are two small square buttons with leftward-pointing triangles. On the bottom right, there is a square button with a rightward-pointing triangle.

9) Da resposta da questão 8, você avalia que esse percentual financeiro pode interferir nas vendas dos novos equipamentos (diminuir) e também, no desemprego dos trabalhadores?

- () Sim.
 () Não.

Outro:

 A rectangular text input field with a light gray border. On the right side, there are three vertically stacked buttons: a small square with an upward-pointing triangle, a square with a downward-pointing triangle, and a square with a rightward-pointing triangle. On the bottom left, there are two small square buttons with leftward-pointing triangles. On the bottom right, there is a square button with a rightward-pointing triangle.

10) Você avalia como importante o cumprimento da nova legislação?

- () Sim.
 () Não.

Outro:

 A rectangular text input field with a light gray border. On the right side, there are three vertically stacked buttons: a small square with an upward-pointing triangle, a square with a downward-pointing triangle, and a square with a rightward-pointing triangle. On the bottom left, there are two small square buttons with leftward-pointing triangles. On the bottom right, there is a square button with a rightward-pointing triangle.

11) A empresa têm conhecimento da existência de laboratórios ou de universidades que podem prestar serviços na área do PROCONVE?

() Sim.

() Não.

Outro:

A rectangular text input field with a light gray border and a white background. It is currently empty. On the right side, there are three small square buttons stacked vertically, and on the bottom side, there are two small square buttons, one on the left and one on the right, all with a light gray background.

12) Quais são as repreensões (multas) que as empresas deverão receber com o não cumprimento das diretrizes do PROCONVE MAR-I?

A rectangular text input field with a light gray border and a white background. It is currently empty. On the right side, there are three small square buttons stacked vertically, and on the bottom side, there are two small square buttons, one on the left and one on the right, all with a light gray background.

APÊNDICE D – TERMO DE RESPONSABILIDADE

Eu, _____, RG nº _____ e CPF nº _____, declaro que recebi um login para uso e acesso ao Sistema Comercial Questel Orbit para realizar busca em bases de patentes no período de _____ a _____. Estou ciente de que devo excluir da plataforma todo e qualquer resultado da busca realizada. Declaro estar ciente de que a senha está sob minha responsabilidade e que não será divulgada a pessoas não autorizadas pela AGITTEC-UFSM.

Dados do solicitante:

Vínculo com a UFSM: () Docente; () Técnico Administrativo; () Aluno de graduação; () Aluno de especialização; () Aluno de mestrado; () Aluno de doutorado; () Aluno de pós-doutorado; () Empresa Incubada na Pulsar.

Matrícula: _____

SIAPE (para servidores da UFSM): _____

Centro: _____

Curso ou Programa de Pós-graduação: _____

Departamento (para servidores lotados em departamento): _____

E-mail: _____

Telefone: _____

Professor Orientador (se for o caso): _____

Santa Maria, _____ de _____ de 2017.

Assinatura do solicitante



Ministério da Educação
Universidade Federal de Santa Maria
AGÊNCIA DE INOVAÇÃO E TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA
COORDENADORIA DE PROPRIEDADE INTELECTUAL



APÊNDICE E – CÓDIGOS DE PAÍSES

Os Códigos de Países são grupos de duas letras indicando o país, ou organização, onde o pedido de patente (ou outra invenção) foi requerido ou concedido. Abaixo, consta uma lista de países cobertos pela base de dados internacional.

Código do País	Nome
AP	Organização Regional Africana da Propriedade Industrial (ARIPO)
AR	Argentina
AT	Áustria
AU	Austrália
BA	Bósnia e Herzegovina
BE	Bélgica
BG	Bulgária
BR	Brasil
CA	Canadá
CH	Suíça
CN	China
CS	Checoslováquia
CU	Cuba
CY	Chipre
CZ	República Checa
DE	Alemanha
DK	Dinamarca
DZ	Argélia
EA	Organização Euroasiática de Patentes
EE	Estónia
EG	Egito
EP	Organização Europeia de Patentes (OPE/EPO)
ES	Espanha
FI	Finlândia
FR	França
GB	Reino Unido
GR	Grécia
HK	Hong Kong
HR	Croácia
HU	Hungria
IE	Irlanda
IL	Israel
IN	Índia
IT	Itália

JP	Japão
KE	Quênia
KR	República da Coreia
LT	Lituânia
LU	Luxemburgo
LV	Letónia
MC	Mónaco
MD	República da Moldávia
MN	Mongólia
MT	Malta
MW	Malavi
MX	México
MY	Malásia
NC	Nova Caledónia
NL	Holanda
NO	Noruega
NZ	Nova Zelândia
AO	Organização Africana da Propriedade Intelectual (OAPI)
PH	Filipinas
PL	Polónia
PT	Portugal
RO	Roménia
RU	Federação Russa
SE	Suécia
SG	Singapura
SI	Eslovénia
SK	Eslováquia
SU	União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS)
TJ	Tadjiquistão
TR	Turquia
TT	Trindade e Tobago
TW	Taiwan
US	Estados Unidos da América
VN	Vietnã
WO	Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI/WIPO)
YU	Jugoslávia
ZA	África do Sul
ZM	Zâmbia
ZW	Zimbabwe